

DE GRUYTER

*Christian Posthoff,
Günter Reinemann*

**COMPUTERSCHACH –
SCHACHCOMPUTER**

WISSENSCHAFTLICHE
TASCHENBÜCHER

DE
—
G

Wissenschaftliche Taschenbücher

WTB

Mathematik · Physik

**Christian Posthoff
Günter Reinemann**

Computerschach- Schachcomputer



Akademie-Verlag Berlin



Wissenschaftliche Taschenbücher
MATHEMATIK / PHYSIK
TEXTE UND STUDIEN

Eine Auswahl lieferbarer Bände:

Jörg Donecker

**Experimentelle Technik
der Festkörperspektroskopie**

Christian Edelmann

Druckmessung und Druckerzeugung

Eberhard Jäger / Rolf Perthel

**Magnetische Eigenschaften
von Festkörpern**

Konrad Kreher

**Elektronen und Photonen
in Halbleitern und Isolatoren**

Karl Lanius

Physik der Elementarteilchen

Artur Lösche

Molekülphysik

Joseph Mecke / Dietrich Stoyan

Stochastische Geometrie

Dieter Michel

**Grundlagen und Methoden
der kernmagnetischen Resonanz**

Gernot Neugebauer

Relativistische Thermodynamik

Hans Neumann / Klaus Schüfer

**Elektrische
und elektronische Meßtechnik**

Hans Neumann / Kurt Stecker

Temperaturmessung

Peter Pausler

Phasendiagramme

Robert Rompe / Hans-Jürgen Treder

**Über die Einheit
der exakten Wissenschaften**

Ernst Schmutzer

**Symmetrien und Erhaltungssätze
der Physik**

Werner Schoenborn / Klaus Fritzsche /

Gerd Stanke

**Lernverfahren für technische
Systeme**

Hans-Georg Schöpf

Von Kirchhoff bis Planck

Hubertus Stolz

Supraleitung

Werner Stolz

Messung ionisierender Strahlung

Werner Stolz / Reinhold Bernhardt

Dosimetrie ionisierender Strahlung

George L. Trigg

**Experimente der modernen Physik
Schritte zur Quantenphysik**

Gerhard Wunsch

**Geschichte der Systemtheorie
Dynamische Systeme und Prozesse**

WTB

BAND 232

Christian Posthoff

Günter Reinemann

Computerschach — Schachcomputer

unter Mitarbeit von

Rainer Knaak

Michael Schlosser

Rainer Staudte

Rüdiger Worbs

Mit 65 Abbildungen und 9 Tabellen



AKADEMIE - VERLAG BERLIN

Reihe MATHEMATIK UND PHYSIK

Herausgeber:

Prof. Dr. phil. habil. W. Holz Müller, Leipzig
Prof. Dr. phil. habil. A. Lösche, Leipzig
Prof. Dr. phil. habil. H. Reichardt, Berlin
Prof. Dr. rer. nat. habil. H.-J. Treder, Caputh

Verfasser:

Prof. Dr. sc. techn. Christian Posthoff

Dr. rer. nat. Rainer Staudte

Dipl.-Math. Michael Schlosser

Technische Hochschule Karl-Marx-Stadt
Sektion Informatik

Dr.-Ing. Günter Reinemann

Technische Hochschule „Carl Schorlemmer“ Leuna – Merseburg

Dipl.-Math. Rainer Knaak

FKS Leipzig

Dipl.-Ing. Rüdiger Worbs

VEB Mikroelektronik „Karl Marx“ Erfurt

ISBN 3-05-500228-8

ISSN 0084-098 X

1987

Erschienen im Akademie-Verlag Berlin,
DDR-1086 Berlin, Leipziger Straße 3-4

© Akademie-Verlag Berlin 1987

Lizenznummer: 202 · 100/412/87

Printed in the German Democratic Republic

Gesamtherstellung: VEB Druckhaus „Maxim Gorki“, 7400 Altenburg

Lektor: Dipl.-Math. Gesine Reiher

LSV 1089, 1099

Bestellnummer: 763 664 7 (7232)

01600

Vorwort

Bereits seit geraumer Weile hatten wir verschiedene Pläne, den Bereich des Computerschachs, d. h. die zu lösenden Probleme, die verfolgten Ziele, die benutzten Methoden und den erreichten Stand in einer größeren Darstellung allgemeinverständlich und anschaulich zu schildern. Das vorliegende Buch ist eine Zusammenfassung dieser Bemühungen und stützt sich auf unsere langjährige Beschäftigung mit diesem Gegenstand, deren Beginn zum Teil bereits mehr als zwanzig Jahre zurückliegt, lange Zeit den Charakter eines Hobbys besaß und jetzt, durch die Entwicklung der Informatik, einen völlig anderen, wissenschaftlichen Charakter gewonnen hat.

Im Computerschach, das in der jüngsten Vergangenheit durch die Schachcomputer eine ständig breitere Popularität gewinnt, treffen zwei faszinierende Welten aufeinander. Das Schach ist wohl der markanteste und interessanteste Vertreter der strategischen Spiele, und seine Geschichte allein würde zahlreiche Bände füllen: Im alten Indien unter sagenhaften Bedingungen entstanden, erlangte es eminente Bedeutung im arabischen Kulturkreis und entwickelte sich im höfischen Mittelalter weiter; später wurde es dann Allgemeingut des fortschrittlichen Bürgertums und ein fester Bestandteil der Arbeitersportbewegung. Ein Volkssport ersten Ranges ist es in der Sowjetunion. Eine vollständige Schilderung dieser Entwicklung wäre äußerst interessant, nicht leicht zu bewerkstelligen und würde tief in die Kultur- und Geistesgeschichte aller Zeiten und Völker hineinreichen. Die Vielfältigkeit des Schachs findet dabei sowohl in wissenschaftlichen Entwicklungen als auch in seinen künstlerischen, sportlichen, erzieherischen und persönlichkeitsbildenden Faktoren ihren Ausdruck. Die Vielzahl der Bücher zu den unterschiedlichen Gebieten des Schachs übersteigt mit Sicherheit die Zahl der Bücher zu allen anderen Sportarten insgesamt.

Auf der anderen Seite steht die Informatik als jüngstes Kind

der wissenschaftlich-technischen Revolution, die Disziplin, welche sich in den letzten dreißig Jahren herausgebildet hat als die Wissenschaft vom Entwurf, der Herstellung, dem Betrieb und den Anwendungen von Computersystemen, die zusammen mit ihren wichtigsten Partnern, der Mikroelektronik und der Mathematik, dabei ist, die Produktivität der geistigen Arbeit des Menschen gewaltig zu steigern und in ihren praktischen Anwendungen tatsächlich eine Schlüsseltechnologie ist.

Das Buch setzt sich das Ziel, einen ersten, für breite Leserkreise verständlichen Einblick in die Ehe zwischen Schach und Computer zu geben, ausschnittsweise die historische Entwicklung zu zeigen und Verständnis für das Computerschach als Teilgebiet der Künstlichen Intelligenz, eines sich ständig weiter entwickelnden Zweiges der Informatik, zu wecken. Dabei steht das Computerschach stellvertretend für eine Vielzahl komplexer intelligenzintensiver Aufgaben in den unterschiedlichsten Bereichen. Leider müssen wir hier völlig darauf verzichten, die Künstliche Intelligenz theoretisch zu diskutieren und alle Für und Wider gründlich zu erörtern. Wir wollen hier einfach unterstellen, daß ein gutes Niveau im Schach sicherlich Intelligenz erfordert (was man auch immer darunter verstehen möge) und die maschinelle Realisierung eines entsprechenden menschlichen Niveaus das zu erreichende Ziel ist. Desgleichen setzen wir voraus, daß der Leser über Grundkenntnisse im Schach verfügt und die Schachnotation beherrscht. Den verwendeten Mitteln und Methoden der Informatik wollen wir uns ausführlicher zuwenden, obwohl auch hier einige Grundkenntnisse vorausgesetzt werden müssen, die aber das populärwissenschaftliche Niveau nicht überschreiten.

Wir hoffen, daß die Darstellung in diesem Buch den Nutzen der Schachprogrammierung hinreichend nachweist und wollen gleichzeitig die Brücke zwischen beiden Bereichen schlagen — quasi die Talente des einen Gebietes für das andere begeistern, zur Meisterung der Probleme und Aufgaben, die in Wissenschaft und Technik vor uns stehen. Das gesamte Autorenkollektiv fühlt sich dieser Symbiose zwischen Schach und Informatik in hohem Maße verpflichtet.

Auch der Schachliebhaber, der dem Computer bisher nicht direkt begegnet ist, soll auf seine Kosten kommen. Wir haben eine Reihe von Meisterpartien ausgewählt und sie mit Hilfe von Schachprogrammen analysiert. Diese Analysen, kommentiert vom Internationalen Großmeister RAINER KNAAK, werden sicher auf breites Interesse stoßen. Die verwendete Literatur wurde auf

das Nötigste beschränkt, da eine Vielzahl von Grundprinzipien und Vorgehensweisen bereits zum allgemeinen Wissensstand der Informatik gehören und eine umfassende Berücksichtigung den zur Verfügung stehenden Raum bei weitem sprengen würde. Wir haben uns bemüht, soweit wie möglich auf die Originalquellen zurückzugehen und Sekundärquellen zu vermeiden. Falls dies jedoch notwendig war, dann besitzt die Literatúrauswahl häufig zufälligen Charakter und richtete sich stets nur nach der Verfügbarkeit, niemals und in keinem Falle ist sie eine Einschätzung der Wichtigkeit. Unsere Bibliographie zum Computerschach umfaßt schon bald an die tausend Eintragungen und kann Interessenten auf Wunsch zur Verfügung gestellt werden.

Unser Dank gebührt vor allem sämtlichen beteiligten Mitautoren, deren Enthusiasmus maßgeblich zur Realisierung des Projektes beigetragen hat und deren Verhalten von Kameradschaftlichkeit und Kooperativität geprägt war. Ihnen sind viele gute Vorschläge und Ideen zuzuschreiben, alle Unzulänglichkeiten und Mängel sind jedoch allein den Herausgebern anzulasten. Viele Kollegen und Schachfreunde haben uns durch ihr Interesse sehr geholfen, diesen Beitrag zur Entwicklung und Popularisierung der Ideen der Künstlichen Intelligenz in Angriff zu nehmen. So danken wir besonders den Sportfreunden Dr. ERNST BÖNSCH, Verbandstrainer des DSV der DDR, Dr. sc. MARION KAUCHE, Vizepräsident des DSV der DDR, und KLAUS METSCHER, Mitglied der Journalisten-Kommission des DSV der DDR, für die aktive Unterstützung bei der Umsetzung unserer Ideen. Weiterhin danken wir Herrn DIETER SCHULTZE aus dem VEB Mikroelektronik „Karl Marx“ Erfurt für die gewährte Unterstützung bei der Bearbeitung von Kapitel 6. Ihnen und vielen weiteren Kollegen und Freunden sind wir sehr verpflichtet, gleichfalls auch unseren Familien, die die schweren Freizeitbürden Schach und Programmierung nun auch noch in Kombination ertragen mußten.

Großen Anteil am Abschluß dieses Manuskriptes und der weiteren Arbeit auf dem Gebiet des Computerschachs hat Herr Dr. HENDRIK JACOB VAN DEN HERIK von der Technischen Hochschule in Delft (Niederlande), der uns als Herausgeber der Zeitschrift „ICCA Journal“ mit einer Vielzahl von interessanten Materialien unterstützte. Seine Dissertationsschrift „Computerschaak, schaakwereld en kunstmatige intelligentie“ (Delft 1983) von genau 630 Seiten ist die bisher eindrucksvollste uns bekannte wissenschaftliche Leistung auf diesem Gebiet.

Dem Akademie-Verlag Berlin danken wir ganz herzlich für die

Möglichkeit zur Veröffentlichung dieses Manuskriptes. Die Zusammenarbeit mit den Kollegen GISELA LAGOWITZ, GESINE REIHER und Dr. REINHARD HÖPPNER war in jeder Weise hilfreich und förderlich.

Karl-Marx-Stadt und Halle-Neustadt
April 1986

CHRISTIAN POSTHOFF
GÜNTER REINEMANN

Inhalt

1.	Einleitung	9
2.	Zur Geschichte des Computerschachs	20
2.1.	Die Vorgeschichte der Informatik	20
2.2.	Die Entwicklung zum modernen Computer	32
2.3.	Die Vorgeschichte des Computerschachs	42
2.4.	Von den ersten Computerschachprogrammen zu den Weltmeisterschaften im Computerschach	56
3.	Grundlagen des Computerschachs	64
3.1.	Prinzipaufbau eines Schachprogramms	65
3.2.	Grundsätzliche Strategien von Schachprogrammen.	66
3.3.	Ergebnisse von TURING	69
3.4.	Methodische Mittel zur Realisierung eines Schachprogramms.	70
3.5.	BOTWINNIKs Ideen zur Schachprogrammierung	86
3.6.	Abschlußbetrachtung	93
4.	Die Praxis der Schachprogrammierung	94
4.1.	Die praktische Umsetzung einer Strategie in ein Schachprogramm	95
4.2.	Die Kommunikation mit dem Schachprogramm	97
4.3.	Der Zuggenerator	98
4.4.	Die Bewertungsfunktion	102
4.5.	Das Zusammenwirken der einzelnen Programmteile	105
4.6.	Der Zusammenhang von Suchtiefe und Verarbeitungsgeschwindigkeit der Computer	109
5.	Neue Wege im Computerschach	111
5.1.	Schachcomputer und Mikroelektronikeinfluß	111
5.2.	Computer analysieren Endspiele	119
5.3.	Problemschach und Computer	139
6.	Schachcomputer der DDR-Produktion	150
6.1.	Schachcomputer SC 1	150
6.2.	Schachcomputer SC 2	151
6.3.	Schachcomputer Chess-Master CM	153
6.4.	Schachcomputer Chess-Master (4 MHz Rechnersystem)	156

7. Testergebnisse von Schachprogrammen	156
Anhang 1. Weltmeisterschaften für Großrechner	177
Anhang 2. Weltmeisterschaften für Microschachcomputer	186
Anhang 3. Ausgewählte Partien der Computer-Weltmeisterschaften .	191
Anhang 4. Zuggenerator	194
Literatur	198
Namenverzeichnis	202
Sachverzeichnis	204

1. Einleitung

Das Schachspiel ist wohl eine der interessantesten und geistreichsten Erfindungen und Entwicklungen in der Geschichte der Menschheit. Mit einiger Sicherheit kann man annehmen, daß es seit dem 4. Jahrhundert u. Z. in Indien existierte. Der Name *Tschaturanga* (*tschatur* = vier, *anga* = Teile) symbolisiert in gewisser Weise den Aufbau des indischen Heeres: Türme, Elefanten, der König, das Fußvolk (die Bauern), die Reiterei lassen die Struktur noch ahnen. Der berühmte persische Dichter FIRDAUSI (ca. 940—1020) gibt in seinem „Königsbuch“ eine ausführliche Schilderung vom persischen *Schatrandsch*. An Stelle der heutigen Dame stand damals der Rat (Fersin oder Wesir) dem König (Schah) zur Seite. Die Bezeichnung „Dame“ entstand erst im mittelalterlichen Europa. Die Gangart der Figuren ähnelte der heutigen, nur waren die der Dame und dem Läufer entsprechenden Figuren in ihrer Beweglichkeit stark eingeschränkt. Auf Grund dieser Kurzsichtigkeit entwickelten sich die Vorgänge auf dem Schachbrett sehr langsam.

Von den Persern gelangte das Spiel zu den Arabern, die es über Nordafrika nach Spanien, Sizilien und Sardinien brachten. Um 1050 wurde das Schachspiel zum ersten Mal in dem höfischen Abenteuerroman „Ruodlieb“ in Deutschland erwähnt. Im 12. Jahrhundert wird es erstmals in England nachgewiesen. Ein erster europäischer Höhepunkt der Entwicklung wird im 13. Jahrhundert in Spanien und Italien erreicht und führt zum Erscheinen der ersten dem Schachspiel gewidmeten Bücher. Bis zum Beginn des 13. Jahrhunderts wurden mehrfach Verbote der Kirche verhängt, um das Spielen der Mönche um hohe Geldbeträge zu unterbinden.

Während das Spielfeld in der Größe von 8×8 Feldern unverändert gültig blieb, änderte sich die Gangart der Figuren immer wieder, das letzte Mal ganz wesentlich im 16. Jahrhundert in Frankreich: Dame, Läufer und Turm werden zu den langschritt-

gen Figuren, die wir heute kennen, die Bauern bewegen sich nach den heute gültigen Regeln; dadurch erhöht sich die Dynamik des Spiels ganz wesentlich. Doch dauerte es noch bis 1875, ehe eine endgültige Regelung über die Ausführung der Rochade, über das Schlagen eines Bauern im Vorübergehen („en passant“) und über die Verwandlung eines Bauern in eine andere Figur (beim Erreichen der gegnerischen Grundlinie) international zustande kam.

Seit dem 18. Jahrhundert beginnt die Entwicklung und Herausarbeitung wissenschaftlicher Komponenten des Schachspiels. Viele große Meister der Vergangenheit trugen hierzu bei; stellvertretend hierfür seien etwa im 18. Jahrhundert der Franzose PHILIDOR genannt, im 19. und 20. Jahrhundert ANDERSEN, MORPHY, STEINITZ, LASKER. Hervorragendes leistete vor allem der erste Schachweltmeister WILHELM STEINITZ, der die heutigen wissenschaftlichen Grundlagen schuf und durchsetzte und die Begründung einer auf positionellen Grundsätzen beruhenden exakten Spielweise lieferte.

Worin besteht nun das Wesen des Schachspiels? Zunächst einmal unterscheidet es sich wesentlich von allen Glücksspielen, die nur auf zufälligen Ereignissen beruhen (wie Lotto, Würfelspiele usw.) oder die gemischten Charakter tragen, weil beispielsweise die Ausgangssituation zufallsabhängig ist, dann aber Wissen und Können entscheidend mitbeteiligt sind (man denke an Kartenspiele wie Whist, Skat, Bridge o. ä.).

In der Ausgangssituation stehen die schwarzen und die weißen Figuren auf dem Schachbrett in einer fest definierten Anordnung (siehe Abb. 1). Damit sind zunächst der Kampfplatz (das Schach-

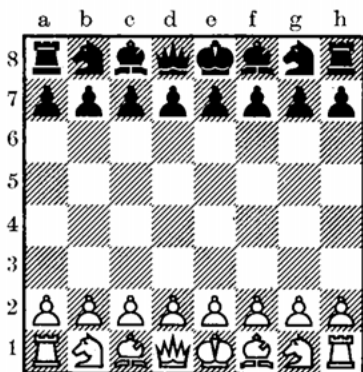
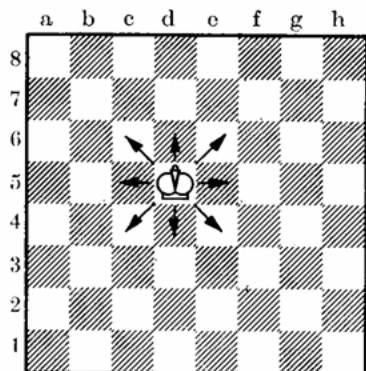
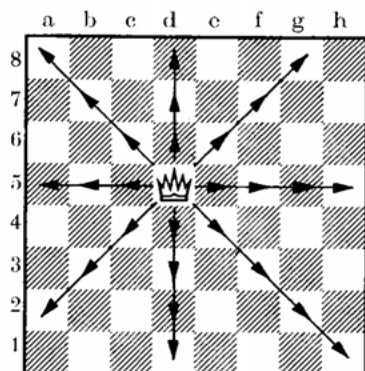


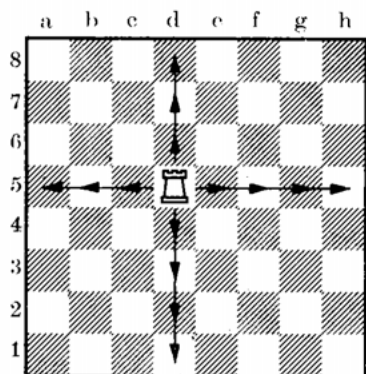
Abb. 1. Die Aufstellung der Schachfiguren



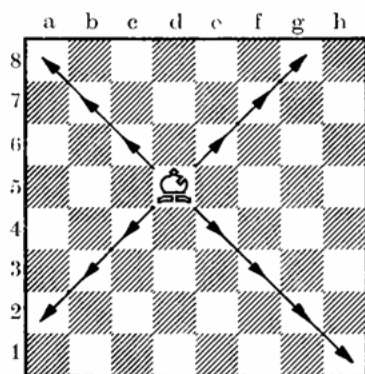
2 a)



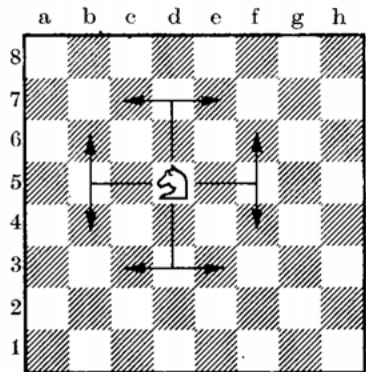
2 b)



2 c)



2 d)



2 e)

Abb. 2. Die Gangart der Figuren

brett mit 8×8 Feldern) und das zur Verfügung stehende *Material* definiert. Für jede Figur ist eine bestimmte Gangart vorgeschrieben (siehe Abb. 2):

- König — ein Feld in jeder Richtung (horizontal, vertikal oder diagonal);
 Dame — beliebig weit in jeder Richtung;
 Türme — beliebig weit horizontal und vertikal;
 Läufer — beliebig weit diagonal;
 Springer — zwei Felder horizontal oder vertikal und ein Feld zur Seite;
 Bauer — ein oder zwei Felder vorwärts in der Ausgangsstellung, dann nur noch ein Feld vorwärts, niemals rückwärts; beim Erreichen der gegnerischen Grundlinie verwandelt er sich zwangsläufig in eine Figur (Dame, Turm, Läufer oder Springer) — die Art der Figur kann beliebig gewählt werden (drei Läufer, zwei Damen, vier Türme ... sind also durchaus möglich, wenn auch selten).

Um die auf dem Schachbrett stattfindenden Ereignisse, d. h. die Schachpartien, aufzeichnen zu können, hat man eine Notation entwickelt, die zum Verständnis kurz erläutert werden soll:

Die Senkrechten werden von links nach rechts mit den Buchstaben a, b, c, d, e, f, g, h codiert und als *Linien* bezeichnet. Dabei muß der Weißspieler in der rechten unteren Ecke ein weißes Feld vorfinden. Die Waagerechten werden vom Weißspieler aus mit den Zahlen 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8 bezeichnet, man erhält eine 1., 2., ..., 7., 8. *Reihe*. Damit besitzt jedes Feld eindeutig eine Bezeichnung; die Felder a1 und h1 sind die Ausgangsfelder der weißen Türme, auf e1 und e8 stehen am Anfang die Könige usw. Die Namen der Figuren werden in naheliegender Weise abgekürzt:

K — König, D — Dame, L — Läufer,
 S — Springer, T — Turm, B — Bauer.

Durch Angabe von Figur, Ausgangs- und Zielfeld läßt sich nun jeder Zug angeben; Lf1—b5, Dd8—h4, Ke1—f1, Sg5—f3, Ta8—e8 seien als Beispiel angeführt. Bei Bauernzügen hat es sich eingebürgert, das B wegzulassen. Man schreibt also einfach e2—e4, c7—c5, c2—c3 usw.

Wird in einem Zug Schach geboten, so wird dies durch ein Pluszeichen dargestellt: Dd8—h4+ ist also ein Damezug von d8 nach h4 mit Schachgebot. Ein weiterer Querstrich (also ≠) be-

deutet, daß mit diesem Zug mattgesetzt wird; man kann auch einfach „matt“ schreiben: Dd8—h4♯ oder Dd8—h4 matt.

Um das Schlagen einer Figur zu veranschaulichen, setzt man zwischen Ausgangs- und Zielfeld einen Doppelpunkt (oder auch ein Kreuz): Dd8:h4 (oder Dd8×h4) kennzeichnet einen Zug mit Schlagen; welche Figur dabei geschlagen wird, ergibt sich aus dem Standfeld. Schließlich ist noch die Umwandlung des Bauern von Bedeutung. Zu ihrer Darstellung schreibt man die Abkürzung der Figur, in die der Bauer verwandelt werden soll, hinter dem Bauernzug: d7—d8D, c7—c8S, c7:d8T+ usw. Spezielle Bezeichnungen sind für die Rochade vorhanden, nämlich

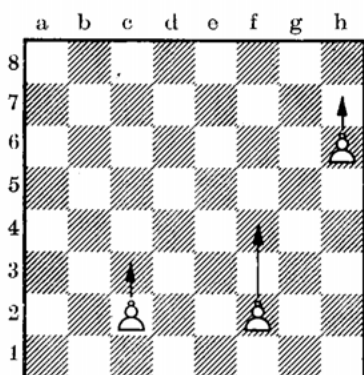
0-0 kurze Rochade,

0-0-0 lange Rochade.

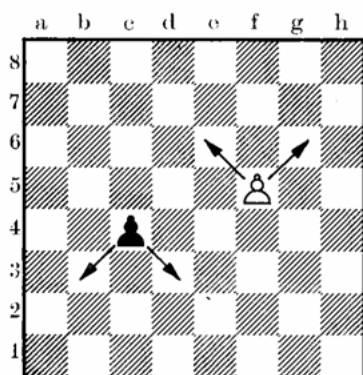
Diese Notation läßt sich noch vereinfachen, wenn man das Ausgangsfeld wegläßt; es ergibt sich ja im allgemeinen aus dem Zusammenhang; schreibt man etwa einen Zug Lc5 für Weiß auf, so muß man den schwarzfeldrigen weißen Läufer suchen (er könnte beispielsweise auf e3 oder f2 oder g1 stehen) und ihn nach c5 ziehen. Hier muß man aber gelegentlich zur Sicherung der Eindeutigkeit zusätzliche Angaben hinzufügen; also schreibt man etwa Tae1, wenn die weißen Türme auf a1 und f1 stehen und beide nach e1 ziehen können; S4d5 würde man verwenden, wenn sich die schwarzen Springer auf f4 und f6 befinden und der Springer von f4 nach d5 gesetzt wird.

Der Springer darf auf seinem Weg eigene und gegnerische Figuren überspringen, die anderen Figuren werden durch eigene Figuren aufgehalten; ihr Weg endet auf dem Feld davor. Eine *Wirkungskraft* erhalten die Schachfiguren dadurch, daß sie gegnerische Figuren, die sich auf ihrem jeweiligen Weg erreichen lassen, schlagen, diese werden vom Brett entfernt, die schlagende Figur nimmt deren Platz ein. Man kann also u. U. das Material des Gegners dezimieren. Die Bauern schlagen von ihrem jeweiligen Standpunkt aus ein Feld schräg nach vorn. Eine nicht immer bekannte Feinheit ist das Schlagen im Vorübergehen (en passant), wie in Abb. 3 dargestellt.

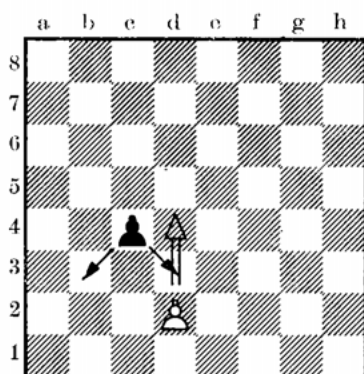
Der schwarze Bauer auf c4 „bedroht“ die Felder b3 und d3, der weiße Spieler zieht seinen Bauern von d2 nach d4. Potentiell hat der schwarze Bauer damit keine Möglichkeit, den gegnerischen d-Bauern zu schlagen. In einem solchen Fall kann der Schwarze im nächsten Zug (und nur dann) so tun, als ob Weiß nur d2—d3 gezogen hätte und c4×d3 spielen. Läßt er diese Möglichkeit aus,



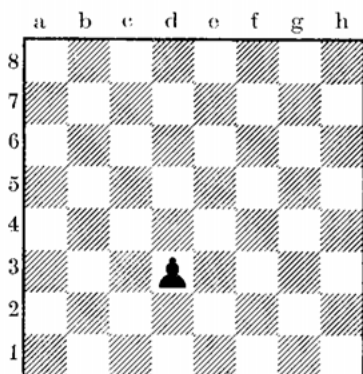
3 a)



3 b)



3 c)



3 d)

Abb. 3. Gangart und Schlagen der Bauern

so ist dieses Recht vergeben. Man kann also in einer gegebenen Stellung nicht erkennen, ob ein bestimmter Bauer im Vorübergehen schlagen (oder geschlagen werden) kann, wenn man die Vorgeschichte der Position nicht kennt.

Eine letzte Besonderheit der Gangart ist die *Rochade*. Diese wird ausgeführt, indem der König zwei Felder nach rechts bewegt und der Turm links neben ihn gestellt wird: Die Situation Ke1—Th1 wird zur Position Kg1—Tf1 , und dies gilt als ein Zug. Bedingungen dafür sind: Die Felder f1 und g1 müssen frei und nicht von

gegnerischen Figuren bedroht sein; König und Turm dürfen noch nicht gezogen haben, der König darf nicht im Schach stehen. Hierunter versteht man die Bedrohung des Königs durch eine gegnerische Figur — der König steht auf dem Schlagfeld einer gegnerischen Figur. Der angegebene Zug wird als kurze Rochade, die Umwandlung der Position Ke1—Ta1 in die Position Kc1—Td1 als lange Rochade bezeichnet.

Die letzte wesentliche Komponente des Schachs besteht in der Zeit: Weiß beginnt mit dem 1. Zug, dann macht Schwarz seinen Zug, und so ziehen beide Spieler stets abwechselnd. Jeder Spieler hat das Recht auf seinen Zug, gelegentlich kann dieses Recht aber auch zur (unangenehmen) Pflicht werden. Das einzige Ziel besteht nun darin, den gegnerischen König *mattzusetzen*.

Diese Aufgabe ist wie folgt zu beschreiben: Die Könige haben eine Ausnahmerolle derart, daß sie nicht geschlagen werden können; bedroht eine bestimmte Figur den gegnerischen König (steht dieser also in der Zug- bzw. Schlagrichtung dieser Figur), so heißt es, der König steht im Schach. Ein solches Schachgebot muß unbedingt berücksichtigt (d. h. beseitigt) werden (durch Wegzug des Königs, durch Schlagen der schachbietenden Figur, durch Verstellung des Weges). Kann dies auf keine Weise geschehen, so ist der König mattgesetzt — die Partie ist gewonnen. Ist die Erreichung dieses Zieles nicht mehr möglich (zum Beispiel beim Fehlen entsprechender Kräfte — etwa in der Situation König und Springer gegen König — oder wenn sich beide Spieler nicht mehr in der Lage sehen, dieses Ziel zu erreichen — eine subjektive Einschätzung der Lage und des Gegners), so endet die Partie unentschieden (Remis). Es ist (in Turnieren) üblich, eine gewonnene Partie mit einem Punkt, ein Unentschieden mit 0,5 Punkten, einen Partieverlust mit 0 Punkten zu honorieren.

Damit haben wir im Schachspiel ein kompliziertes Wechselspiel von Raum, Zeit und Material vor uns, wobei sowohl das Ziel des Spieles als auch die Beschreibung jeder konkreten Situation genau und leicht zu realisieren sind. Zu den Merkmalen einer Position gehören:

- die Belegung jedes Feldes (von a1 bis h8),
- die Vermerkung der vorhandenen (vier) Rochaderechte,
- die Vermerkung eventueller En-passant-Rechte,
- die Kennzeichnung, welche Seite am Zuge ist.

Die Aufgabe eines Schachspielers (oder eines Schachprogramms) ist nun „sehr einfach“: Er muß in einer gegebenen Position, in der er am Zuge ist, einen Zug finden, der ihm möglichst schnell und

sicher zur Realisierung seines Zieles verhilft. Er muß also ein sehr kompliziertes *Suchproblem* bewältigen: Ein bestimmter in Frage kommender Zug muß im Hinblick auf mögliche Antworten des Gegners eingeschätzt (bewertet) werden, weitere eigene Fortsetzungen als Antwort auf die Antwort des Gegners sind einzubeziehen — so entstehen mögliche Handlungsfolgen (Varianten), die in irgendeiner Weise in konkrete Aktionen umgesetzt werden müssen. Jeder Schachspieler besitzt einen ganzen Vorrat an Regeln, Entscheidungskriterien, Erfahrungen und Kenntnissen, den er sich im Laufe seines Lebens erworben hat und an dessen Vervollkommnung er ständig arbeitet. Die gesamte Erfahrung vergangener Generationen, das Studium von Schachbüchern und -zeitschriften, die Erprobung neuer Ideen und Überlegungen, ruhmreiche Siege und schmerzliche Niederlagen sind der Weg der Vervollkommnung der Erkenntnis.

Dieser sich ständig entwickelnde und verbessernde *heuristische Algorithmus* des Schachspiels hat nun einen ganz besonderen Reiz: Der direkte Weg zum Matt, der in der kombinatorischen, romantischen Spielweise stets im Vordergrund stand, mußte durch Verbesserung des Niveaus der Verteidigung ständig verfeinert und verbessert werden. Das Ziel „Matt des Königs“ wurde ersetzt durch ein heuristisches (unscharfes, nicht immer gültiges) Ziel „Materialgewinn“. Dieses Ziel wiederum kann erreicht werden, wenn andere, „schwächere“ Teilziele erreicht sind. Es gibt eine ganze Hierarchie von Zielen, wobei stets die Realisierung einer gewissen Menge von Zielen auf einer bestimmten Hierarchiestufe die Realisierung eines höheren, komplexeren Ziels gewährleistet. Dabei ist aber durchaus nicht immer klar, welche Ziele oder Teilziele in einer konkreten Position anzuvisieren sind, welche dem Charakter der Stellung und der Logik des Kampfes entsprechen. Man muß also einer bestimmten Position Merkmale abgewinnen, die zum Planen weitreichender *strategischer* Aktionen verwendet werden können, die wiederum *operativ* und *taktisch* umgesetzt werden. Diese Realisierung von komplexen Suchprozessen geschieht nun außerordentlich schöpferisch und ist von hohen geistigen Fähigkeiten geprägt. Eine intensive Beschäftigung mit dem Schach, seine erfolgreiche Beherrschung und Bewältigung, stellt gewisse Voraussetzungen und Anforderungen und schult ganz bestimmte menschliche Eigenschaften; folgerichtiges logisches Denken, Kreativität, Konzentrationsfähigkeit, die Fähigkeit zur Vorausberechnung bestimmter Handlungsstrukturen, die Entwicklung von Initiativen und Aktivitäten — all das sind

Eigenschaften, die sich zwangsläufig aus der ernsthaften Auseinandersetzung mit dem Schach ergeben.

Ganz besonders schwerwiegend erscheint der Zwang, nach einer möglichst sorgfältig ausgeführten, aber ökonomisch zu realisierenden Analyse einer Situation eine Handlung ausführen zu müssen. Ist ein Spieler in einer bestimmten Position am Zuge, so hat er in einer begrenzten Zeit mit beschränkten Mitteln eine Handlung zu realisieren, die optimal das zu erreichende Ziel verfolgt. Und damit hat man natürlich mit dem Schach ein Problemfeld, das stellvertretend für viele Gebiete der menschlichen Tätigkeit steht. Die Verwendung von beschränkten Ressourcen in einer endlichen Zeit, das Suchen nach strategisch fundierten Lösungen bei komplexen Aufgabenstellungen, die Aufstellung optimaler Pläne bei unscharf beschriebenen Teilzielen — die Lösung solcher Aufgaben auf hohem Niveau hat eine immense wissenschaftliche, technische, ökonomische, strategische, ... Bedeutung.

Dabei war das bisherige Schach, also das zwischen zwei menschlichen Partnern realisierte Spiel, dadurch gekennzeichnet, daß auch der Mensch und seine psychologischen, psychischen und charakterlichen Eigenschaften in diese Überlegungen einbezogen werden mußten. Die beiden genialen Schachdenker und Exweltmeister EMANUEL LASKER und MICHAEL BOTWINNIK zeigten, daß es auch auf dem Schachbrett Situationen gibt, die nicht absolut zu bewerten sind, sondern nur in Verbindung mit dem jeweiligen Gegner und seinen Eigenschaften. Eine Position, die objektiv eine langwierige Verteidigung erfordert und bei deren Realisierung durchaus gewinnversprechend ist, kann in den Händen eines „schlechten“ Verteidigers sehr schnell zur Katastrophe führen. Umgekehrt kann eine Angriffsstellung in den Händen eines Spielers mit defensivem Charakter eine ganz andere Bedeutung haben als in den Händen eines Angreifers. Gerade die Universalität in der Spielweise, die Enthüllung der starken und der schwachen Seiten eines Spielers, das Vermögen, den Gegner ständig mit unangenehmen Problemen zu konfrontieren, waren die entscheidenden Stärken der beiden Weltmeister.

Und damit hat natürlich die wissenschaftliche Bewältigung des Schachs in seiner ganzen Komplexität hervorragende Bedeutung für die Bewältigung analoger Aufgaben und stand von Anfang an im Mittelpunkt der Anstrengungen der *Künstlichen Intelligenz*, einer Wissenschaftsdisziplin, die sich als Teilgebiet der Informatik entwickelte und das Ziel verfolgt, Intelligenz erfordernde und bisher ausschließlich durch Menschen gelöste

Aufgaben mit Hilfe von Computern zu lösen, sei es ganz oder auch nur teilweise.

Die Grundhypothese für das Computerschach besteht dabei darin, daß ein Programm, das „gut“ Schach spielen würde, ein Beweis dafür wäre, daß es gelungen ist, Wesenszüge der menschlichen intelligenten Tätigkeit einzufangen, zu modellieren, zu simulieren, wie auch immer.

Bringt man nun bei der Bewältigung dieser Probleme den Computer ins Spiel, so ist man natürlich zunächst versucht, die Aufgabe einfach mit Arbeitsgeschwindigkeit und Speichervermögen des Computers anzugehen. Leistungsfähigkeiten von einigen Millionen Operationen pro Sekunde und das Vermögen, Hunderttausende von Positionen zu speichern, müßten eigentlich ausreichen, das Problem ausreichend zu beherrschen und alle möglichen Handlungsfolgen vollständig zu durchmustern. Obwohl dies tatsächlich (wenn auch erst seit wenigen Jahren) für einige Detailprobleme der Fall ist, zeugen einige kombinatorische Überlegungen davon, daß dies *prinzipiell* nicht und niemals der Fall sein kann.

Müßte man einen besten ersten Zug berechnen und legte etwa eine mittlere Partielänge von 50 Zügen zugrunde, wobei in einer Position etwa 40 Züge als mögliche Züge zu untersuchen sein sollen, so gerät man mit der Anzahl der Varianten etwa in eine Größenordnung von 10^{120} . Angesichts dieser Zahl ist es „fast gleichgültig“, ob der verwendete Computer 10^{10} oder 10^{20} Varianten pro Sekunde berechnet (was beides gegenwärtig noch nicht im Bereich des Möglichen liegt); man kommt auf eine Zahl von etwa 10^{90} Jahren, die zur vollständigen kombinatorischen Beherrschung des Spiels notwendig wären. Dabei ist aber noch nicht darüber gesprochen worden, wo und wie die Ergebnisse zwischengespeichert, dargestellt und abschließend aufbewahrt werden können.

Das Schachspiel (besser seine nachweisbare Komplexität) erzwingt also direkt, nicht auf eine vollständige Durchmusterung zurückzugreifen, sondern heuristische (menschähnliche, auf dem Verständnis des Problems beruhende) Vorgehensweisen von — es sei nochmals wiederholt — prinzipieller Bedeutung für die Entwicklung der Computerintelligenz zu suchen. Es handelt sich also hier um Grundlagenforschung von größter Bedeutung.

Gleichzeitig beginnt damit auch für das Schach eine neue interessante Entwicklungsetappe. Genau wie bei dem Zusammenwachsen der Informatik mit anderen Wissenschaftsdisziplinen ermöglicht und erfordert das Computerschach eine ver-

stärkte Theoriebildung im Bereich des Schachs. Es ergeben sich neue, in jedem Falle tiefere Einsichten in die Art der zu lösenden Probleme; viele interessante Teilaufgaben werden abschließend gelöst und in den festen Wissensschatz des jeweiligen Gebietes eingereicht. Wir werden hierfür einige Beispiele angeben.

Auch eine Vielzahl psychologischer und sozialer Probleme, die bei dem Aufeinandertreffen von Mensch und Computer, das in vielen Bereichen von Beruf, Qualifizierung und Freizeit immer breitere Kreise der Bevölkerung betrifft, auftreten, lassen sich hier untersuchen, einschätzen und modellieren. Es ist in hervorragender Weise möglich, mit den Programmen zu experimentieren, man kann feststellen, welche Faktoren welche Wirkungen haben, wie sich ihre Änderungen auswirken, man kann neues Wissen hinzufügen, lernende Strukturen konzipieren und studieren und vieles andere mehr. Es gibt heute kaum einen Ansatz in der Künstlichen Intelligenz, der nicht im Computerschach untersucht bzw. probiert wird, und keine neue Entwicklung im Computerschach blieb hierauf beschränkt, sondern wird oft sehr schnell Allgemeingut in ähnlichen Anwendungsbereichen.

Besonders fesselnd, wenn auch heftig diskutiert, ist die Möglichkeit des direkten Vergleiches des Leistungsstandes eines Computers mit den Fähigkeiten des Menschen. Man muß ja nur den Menschen mit der Maschine spielen lassen — diese Treffen haben sowohl als „Werbung“ für die Informatik, für die Beschäftigung mit dem Computer, als auch für die Popularisierung des Schachs große Bedeutung gehabt. Für die Popularisierung der Ideen der Künstlichen Intelligenz hat diese direkte Konfrontation zwischen Mensch und Maschine aber auch partiell negative Folgen — sie befördert nicht immer sehr sachgemäße, von viel unnötiger Polemik und Schärfe getragene Diskussionen „Mensch kontra Maschine“ und übersieht dabei völlig, daß die aktuellen Entwicklungen der Künstlichen Intelligenz ihre größten Erfolge beim kooperativen Zusammenwirken von Mensch und Maschine erreichten. Nicht die Fragen

„Der Mensch kann, aber die Maschine kann nicht ...“

oder

„Der Mensch kann nicht, aber die Maschine kann ...“,

sondern

„Der Mensch allein kann, aber Mensch und Maschine zusammen können (viel mehr)!“