

Schachspieler denken nicht

Wahrnehmung und Gedächtnis beim Schach

Jeder Programmierer, der einer Maschine das Schachspielen beibringen möchte, wird sich unwillkürlich auch mit der Frage beschäftigen, wie denn eigentlich der Mensch dabei vorgeht. Einer der ersten, der die Denkprozesse von Schachspielern untersucht hat, war der holländische Psychologe Adrian de Groot. Jetzt ist ein Buch von ihm erschienen, das Ihnen Dr. Christian Donniger vorstellt.

Wenn ein Buch und ein Kopf zusammenschlagen und es klingt hohl, dann muß es nicht unbedingt das Buch sein. (Lieblingszitat meines Deutschlehrers).

Mein Schwiegervater schwärmt seit Menschengedenken von Frankreich. Als 18jähriger Bauernbub wurde er 1940 zur Deutschen Wehrmacht eingezogen. Nach mehr als zwei Jahren Ostfront rettete ihm Ende 1942 ein Streifschuß das Leben. Nach einem Lazarettaufenthalt kam er zur »Erholung« an die Westfront nach Frankreich. Nach seinen eigenen Worten war dies der einzige Urlaub in seinem Leben. Seither ist er aus seinem Dorf nicht mehr herausgekommen und erzählt zum tausendundeinten Mal in einer Mischung aus niederösterreichischem Dialekt und Französisch, wie er von der Madame Butter gekauft hat, und sie ihm – auf seinen Hinweis »Guerre grand malheur« – mehr gegeben hat als er bezahlen konnte. Zum 75sten wollte ihm meine Frau eine besondere Freude machen und bot ihm eine gemeinsame Frankreich-Reise an. Er lehnte mit dem Hinweis »Nein, vielleicht ist es dort gar nicht so schön, ich will mir meine Erinnerungen nicht zerstören«, dankend ab.

So ist es manchmal im Leben, so ähnlich wie meinem Schwiegervater kann es auch einem Schachprogrammierer ergehen, der lange Jahre bestimmte Vorstellungen hegt und auf einmal jäh mit der Realität konfrontiert wird. Und so erging es mir mit einem berühmten Buch über Schachpsychologie.

Schachspieler sind ein beliebtes Versuchskaninchen der Psychologen. Bereits 1894 veröffentlichte Binet eine Studie über das Vorstellungsvermögen von Blind-Schachspielern. Das klassische und immer wieder zitierte Werk ist aber Adriaan de Groots 1946 erschienene Dissertation »Het denken van de Schaker«. Das Werk erschien 1965 in englischer Übersetzung unter dem Titel »Thought and choice in chess«. Ich bin seit einiger Zeit auf der Suche nach diesem Werk. Es liegt aber in keiner österreichischen Bibliothek aus, auch mein ansonsten beim Aufspüren von Raritäten sehr erfolgreicher Stammbuchhändler mußte passen. Ich war daher sehr angenehm überrascht, als Kaissiber-Herausgeber Stefan Bücker anfragte, ob ich nicht ein neues

Buch von de Groot in meiner nächsten Kolumne besprechen wolle.

Der Renegat

Beim Verfassen seiner Dissertation gehörte de Groot zur niederländischen Schachspitze. Nach seinen Angaben hatte er damals 2425 zurückgerechnete Elo. Er gab aber nach Abschluß seiner Dissertation die Schachzugunsten einer Universitätskarriere auf. Ob jemand in der Schachszene jemand war, läßt sich in den Niederlanden ganz einfach feststellen. Er muß im Personenregister von GM Donners Artikelsammlung »de Koning« vorkommen und von Donner an der angegebenen Stelle beschimpft worden sein. Dieses Kriterium erfüllt de Groot mit Bravour. So bezeichnet ihn Donner 1975 als einen Renegaten, der den »heiligen Schachkult« für etwas so Banales wie die Psychologie verraten habe. Für Donnersche Verhältnisse ist das ein ziemliches Lob, weil er damit bestätigt, daß de Groot einst zur Hohenpriesterkaste der Schachspieler gehört hat.

Es kommt anders, als man denkt

Im ursprünglichen Design seiner Dissertation mußten Schachspieler unterschiedlichster Leistungsstufe (die Bandbreite reichte von Max Euwe bis zum blutigen Anfänger) beim Analysieren von Stellungen laut mitdenken. Er wollte anfänglich beweisen, daß starke Schachspieler einen anderen Denkstil haben und z.B. Varianten tiefer und mit mehr »Knoten pro Sekunde« durchrechnen als Anfänger. Zu seiner Verwunderung stellte er aber fest, daß selbst Max Euwe nicht »schneller getaktet« war. Auch Euwes Analyse sprang – wie jene der Anfänger – zwischen mehreren Zugmöglichkeiten hin und her, seine Suchtiefe hob sich nicht imposant vom Rest ab. Ein allgemein intelligenter, aber schachunerfahrener Amateur dachte genauso wie der nationale Schachheros. Es gab nur einen kleinen, aber feinen Unterschied. Euwe dachte von Beginn an über die in der Stellung relevanten Züge nach, während die schwächeren Spieler – wenn überhaupt – sehr lange brauchten, bis sie den Charakter der Position begriffen hatten. Oder, mit anderen Worten: Meisterspieler denken nicht besser, sie sehen mehr. Um diese These zu überprüfen, führte de Groot jenes Experiment aus, für das er berühmt wurde. Den Versuchspersonen wurde für jeweils fünf Sekunden eine komplexe Mittelspielstellung gezeigt. Die Versuchspersonen mußten anschließend die Stellung rekonstruieren. Euwe und de Groot – er war zugleich auch Versuchskaninchen – erreichten dabei eine Rekonstruktionsquote von 95 % (im Mittel war eine Figur pro Position falsch). Die Anfänger waren hingegen mit dieser Aufgabe überfor-

dert, ihre Quote lag bei 30 bis 50 %. Die Meisterspieler konnten nicht nur die Stellung rekonstruieren, in vielen Positionen hatten sie nach fünf Sekunden die wichtigsten positionellen Merkmale (z.B. schwache Felder, überlastete Figuren, Eröffnungstyp) erkannt. Genau genommen lösten die Meisterspieler das Figuren-Merken en passant bei der Analyse der positionellen Merkmale. In fünf Sekunden kann man nicht viel denken. Ein starker Schachspieler hat durch jahrelanges Training offensichtlich eine wesentlich bessere schachspezifische Wahrnehmung und auch ein entwickeltes Schachgedächtnis. Ist z.B. eine Stellungsformation als typischer Königsinder erkannt, dann kann er einen Großteil der Figuren aus dem Gedächtnis rekonstruieren und braucht sich nur die vom Königsinder-Muster abweichenden Figuren zu merken.

Gut Ding will Weile haben

Die Dissertation erfüllte ihren Zweck, de Groot wurde Universitätsprofessor in Amsterdam. Allerdings nicht für experimentelle Psychologie, sondern für Methodenlehre. Es floß daher viel Wasser die Amstel hinunter, bis er seine Schachuntersuchungen wieder aufnehmen konnte. 1966 trieb er für Riekkent Jongman, einem Dissertanten an seinem Lehrstuhl, ein Forschungsstipendium auf. Jongman sollte die 46er Experimente auf einer breiteren Basis wiederholen, sowie durch zusätzliche experimentelle Designs damals unbeantwortete Fragen klären. So hat Jongman in einem Zusatzexperiment mit technisch aufwendigen Mitteln die Augenbewegung der Probanden während des Betrachtens einer Position aufgenommen. Der Titel seiner Dissertation lautete dementsprechend auch »Het oog van de meester« (Das Auge des Meisters). Eine Ironie des Schicksals war aber, daß während dieser Arbeiten das Stipendium ablief und keine zusätzlichen Geldmittel mehr bewilligt wurden. Jongman konnte daher die sehr umfangreichen Augenbewegungs-Daten in seiner Dissertation nicht mehr auswerten. Er erhielt – wie das im Akademiker-Deutsch so schön heißt – einen Ruf an die Universität Groningen.

De Groot saß nun auf einem Koffer voller Unterlagen. Es war ihm bewußt, daß er diese Datenmengen neben den üblichen Geschäften eines ordentlichen Universitätsprofessors unmöglich auswerten konnte. In solchen Fällen hilft man sich mit einem Forschungsaufenthalt auf der Rückseite des Mondes. Diesen konnte er sich auch am Oregon Research Institut organisieren. Die neun Monate reichten aber nicht aus, um die Arbeit abzuschließen. Während seiner Abwesenheit hatte sich jedoch das Universitätsleben grundlegend geändert. Die 68er Revolte war ausgebrochen. Nach seinen eigenen Worten war er nach der Rückkehr hauptsächlich damit beschäftigt, das Toben der Studentenrevolte zu überleben. Der Augenblick-Koffer wurde für weitere zwei Jahrzehnte in die Ecke gestellt.

Genmanipulation

In den 70er Jahren hatte sich die psychologische Schachforschung in die USA verlagert. Dort versuchte

man, durch die Erforschung der »Künstlichen Intelligenz« am Beispiel Schach Erkenntnisse über menschliches Denken zu gewinnen. Die bekanntesten Vertreter dieser Schule sind Newell & Simon. Dieses Duo stellte 1972 die sogenannte Chunk- (zu Deutsch Klumpen-) Theorie auf. Schachmeister merken sich gemäß dieser Theorie nicht einzelne Figuren, sondern immer eine ganze, typischerweise aus vier bis sechs Figuren bestehende Gruppe. Ein Schachmeister braucht eine Stellung nicht zu buchstabieren, für ihn besteht sie aus ein paar Figurenwörtern oder eben Chunks. Das passive Chunkrepertoire eines Großmeisters wurde auf ca. 50.000 Einheiten geschätzt. Dies entspricht etwa dem Wortschatz eines gebildeten Menschen in einer natürlichen Sprache. Das menschliche Kurzzeitgedächtnis hat eine Speicherkapazität von sechs bis acht Einheiten. Faßt man jeweils vier bis sechs Figuren zusammen, dann paßt auch eine komplexe Mittelspielstellung in das Kurzzeitgedächtnis. Es ist für einen deutschsprachigen Schreibkundigen nicht sehr schwierig, sich in fünf Sekunden das Satzfragment »Stellung in das Kurzzeitgedächtnis« zu merken und auf Grund dessen die Buchstabenreihenfolge wiederzugeben. In der finnischen Version ist dieselbe Aufgabe wahrscheinlich unlösbar.

Ein Wort ist kein Klumpen

Die Analogie zwischen Wortbildung in natürlichen Sprachen und »Chunking« durch starke Schachspieler hinkt aber in einem wesentlichen Punkt. Von den angeblich 50.000 Wörtern der Schachsprache sind nur ein paar bekannt und dokumentiert (z.B. die typische Fianchetto-Stellung Bf2, g3, h2, Kg1, Lg2). Es gibt keinen Chunk-Duden. An dieser Stelle sollte nun die KI-Forschung in die Bresche springen. Es müßte doch möglich sein, ein Programm zu schreiben, das durch Studium von Schachdatenbanken diese Chunks selbständig lernt. Der Erfolg war mehr als mäßig. P. Gobet, ein Schüler Simons, hatte nun die Idee, auch die Augenbewegung der Meister in das Computermodell mit einzubeziehen. Das Programm sollte besser und naturgetreuer lernen, wenn es die Augenbewegung von Menschen erfolgreich simuliert. Die veröffentlichten Daten zu diesem Thema waren aber nicht sehr aufschlußreich. Durch Zufall erfuhr er, daß der große alte Mann vom IJsselmeer noch einen Koffer voller Augenblicke bei sich herumstehen hatte. Er setzte sich mit de Groot in Verbindung. Die beiden fanden einander offensichtlich sympathisch und man beschloß, die Jongman-Daten noch einmal gründlich durchzuackern und daraus zusammen mit den Computer-Simulationsergebnissen von Gobet ein Buch zu machen. 1996 ist dieses Buch unter dem Titel »Perception and Memory in Chess« (Wahrnehmung und Gedächtnis im Schach) herausgekommen.

Die ersten vier Kapitel stammen von de Groot und sind eine Zusammenfassung der Uregebnisse (Kapitel 1) sowie eine genaue Präsentation und eine Reinterpretation der Jongman-Dissertation (Kapitel 2 bis 4). In Kapitel 5 beschreibt Gobet, was seither vor allem in den USA geschah. In Kapitel 6 und 7 werden gemeinsam die bisher unveröffentlichten Augen-Bewegungsdaten

präsentiert und analysiert. In Kapitel 8 gibt Gobet einen Überblick über sein Programm CHREST (Chung Hierarchy and REtrival STructure). Kapitel 9 ist ein Dialog zwischen de Groot und Gobet. Man streut sich gegenseitig Rosen, wie schön und fruchtbar die Zusammenarbeit trotz aller Alters- und sonstigen Unterschiede war.

Beim Lesen der ersten vier Kapitel ist mir mehrmals die Geschichte meines Schwiegervaters eingefallen. Wahrscheinlich sind die schönsten Bücher jene, die man nicht gelesen hat. De Groots Englisch liest sich wie die schlechte Übersetzung eines hochtrabenden deutschen Textes. Es war mir neu, daß man in Englisch komplizierte Schachtelsätze formulieren kann. Auch wenn sie wie eine Halskrankheit klingt, bin ich ein Liebhaber der niederländischen Sprache. Niederländisch ist noch viel kompakter, schnörkellos-geradliniger als Englisch. In Niederländisch kann man nicht »Hegeln« und »Frankfurtern«. Ich fand es daher eigenartig, daß ausgerechnet ein Niederländer auf Englisch überkandideltes Deutsch schreibt.

Der zentrale Ausgangspunkt der de Grootschen und Simonschen Untersuchungen ist die beschränkte Kapazität des Kurzzeitgedächtnisses. Man kann sich nur sieben Sachen im Kurzzeitgedächtnis merken. De Groot nimmt auf diese psychologische Tatsache keinerlei Rücksicht. Er listet meist einen Rattenschwanz von Aussagen auf und diskutiert diese dann der Reihe nach. Bei der Diskussion von Aussage 9 weiß man längst nicht mehr, was Nummer 9 eigentlich war. Man muß ein paar Seiten zurückblättern und sie wieder ausfindig machen. De Groot bezieht sich auch ständig auf Aussagen aus seiner eigenen und Jongmans Dissertation. Wie soll der Leser diese kennen? Angesichts dieser Mühen bin ich auf die Agatha-Christie-Ebene übergewechselt. Jongman hat für das 1967 durchgeführte Experiment zwei Gruppen gebildet, acht holländische Meisterspieler und acht Anfänger. Die Meisterspieler werden zu Beginn in einer Fußnote aufgelistet. Im Text werden die Probanden als M1, M2, ... bezeichnet. Mein Hauptinteresse bestand nun darin herauszufinden, wer M1, M2, ... war.

Schlag nach bei Donner

Ein »Sorgenkind« von de Groot ist M4. Die übrigen Meister sind – wie in der ursprünglichen Studie – den Anfängern beim Reproduzieren von Positionen haushoch überlegen. Nur M4 kann sich keine Stellungen merken und wird in einigen Positionen von Anfängern übertroffen. De Groot kann sich das nicht erklären. Zwar ist M4 schon über 50, aber er ist gesund und spielt noch regelmäßig auf höchstem Niveau Schach. Zum Beweis dafür führt er an, daß M4 zwei Jahre zuvor, 1965, die holländische Meisterschaft gewonnen hat.

Damit bricht de Groot zwei grundlegende Regeln. Erstens jene des Krimis. Man darf es dem Leser nicht so leicht machen. Zweitens jene seines Berufsstandes. Man darf einen Probanden, der noch dazu schlecht abgeschnitten hat, nicht so offenkundig enttarnen. Jeder mit der holländischen Schachgeschichte auch nur rudimentär Vertraute weiß, daß 1965 Lodewijk Prins den

Titel gewonnen hat. Dieser Sieg war lange Zeit das Gesprächsthema in der Schachgemeinde. Es begann damit, daß Donner – der auf Profiturnieren unterwegs war und nicht mitgespielt hatte – einen säuerlichen Kommentar über den Prins-Sieg veröffentlicht hatte. Dieser Kommentar erhitzte die Gemüter, Donner war in seinem Element und legte von Zeitungsspalte zu Zeitungsspalte noch ein bißchen zu. Die Auseinandersetzung kumulierte in dem legendären Ausspruch Donners »Werter Lodewijk, du bist niederländischer Champion geworden, und ich will dir daher gratulieren. Aber ich bin der Meinung, daß du keinen Läufer von einem Pferd unterscheiden kannst, und ich kann das noch dazu beweisen«.

Im Lichte der Donnerschen Aussagen ist das schlechte Abschneiden von M4 leicht interpretierbar. Wenn man Läufer und Springer nicht unterscheiden kann, ist man beim Reproduzieren einer Stellung empfindlich benachteiligt.

Meister gegen Meister

Das Ergebnis, daß sich Meister Stellungen besser merken als Novizen, ist nicht besonders aufregend. Die interessantere Frage ist: Reproduzieren starke Meister besser als eher schwächere. Könnte man mit einem einfachen Reproduktionstest die Elozahl eines Spielers relativ genau vorhersagen?

Der als starker Meister eingestufte Lodewijk Prins ist der statistische Sargnagel für diese These. Ein weiterer statistischer Störfaktor ist M3, vulgo de Groot. Er hat zum Untersuchungszeitpunkt seit vielen Jahren nicht mehr wettkampfmäßig Schach gespielt und stuft sich daher als schwachen Meister ein. Durch seine Beschäftigung mit psychologischen Tests hat er aber eine Testfertigkeit entwickelt. Er schneidet daher besser ab, als es seiner Spielstärke nach zu erwarten gewesen war. Auf Grund dieser beiden Störfälle kann De Groot nur einen schwachen Zusammenhang zwischen Meisterstärke und Reproduktionsrate herstellen, dieser ist auch statistisch nicht signifikant. Als gelernter Statistiker möchte ich einen weiteren Grund für dieses Nicht-Ergebnis anführen. Statistik ist die Lehre von den großen Zahlen. Mit acht Probanden kann man keine großartigen Statistikergebnisse erwarten.

Tarn-Käppchen

Die Kandidaten wurden jeweils nach Abschluß einer Testserie interviewt, was sie während der Experimente gedacht, welche Lösungsstrategien sie angewendet haben. Der Lieblings-Meister von de Groot ist dabei M3. Der kann, im Gegensatz zu den meisten anderen Probanden, so gut erklären, was er getan hat. Nur M7, vulgo GM Donner, ist noch halbwegs ergiebig. M3 hat aber gegenüber M7 den Vorteil, daß er in der Regel die de Grootschen Forschungshypothesen bestätigt. Das ist originell. Der Psychologe de Groot setzt sich ein anderes Mützchen auf und wird zum Meister de Groot. Anschließend halten beide eine Doppelkonferenz ab, und der Meister bestätigt dem Psychologen seine Theorien.

Was inzwischen geschah

Eine alte Klettererweisheit lautet: Das Mühsamste ist der Anstieg zum Einstieg. Das von Gobet geschriebene Kapitel 5 entschädigt den Leser etwas für die Mühen der vier vorhergehenden. Es ist eine gelungene Zusammenfassung der »amerikanischen Ergebnisse«. Die Newell&Simonsche Chunk-Theorie scheint nur ein Teil der Wahrheit zu sein. Zweifellos gibt es über vier bis sechs Figuren hinausgehende Metakonzepte. Dafür finden sich auch in den von Jongman durchgeführten Interviews zahlreiche Hinweise. So bezeichnete GM Donner eine Stellung als »Karo-Kann-Verteidigung à la Bronstein«. Es gilt als ziemlich gesichert, daß Schachstellungen nicht im sprachlichen, sondern im visuell-räumlichen Teil des Gedächtnisses gespeichert werden. Die direkte Analogie zum Wörter-Erkennen in natürlichen Sprachen ist daher eher irreführend. Stört man Versuchspersonen, indem sie etwa während der Stellungsbetrachtung eine Taste drücken müssen, verringert sich ihre Reproduktionsrate signifikant. Sprachliche Störungen – sie müssen bla-bla vor sich her sagen – haben keinen negativen Einfluß. Dieser Effekt ist jedem in einem Schachklub Organisierten wohl vertraut. Vor allem beim Blitzen plappern viele Spieler vor sich hin, wobei man den Eindruck gewinnt, daß das Mundwerk automatisch funktioniert. Meine schachignorante Frau hat mich einmal vom Klub abgeholt und war ganz entsetzt, wie da erwachsene Menschen mit Begeisterung auf dem Niveau von Dreijährigen vor sich hinfaseln.

Weitere Tests haben gezeigt, daß sich manche Meister vier bis fünf Stellungen gleichzeitig merken können. Dieses Phänomen ist nach der Chunktheorie nicht erklärbar. In diesem Fall kommt es auch mit der Chunktechnik zu einem »Overflow« im Kurzzeitgedächtnis. Es muß also noch andere Mechanismen zur Stellungserkennung und Reproduktion geben. Ferner gibt es zwischen Reproduktionsrate und Schachkunst keinen direkten Zusammenhang. Es gelang, eine Versuchsperson so zu trainieren, daß sie eine im Meisterbereich angesiedelte Reproduktionsrate aufwies. Diese Versuchsperson konnte nach Abschluß des Gedächtnistrainings nicht einmal regelkonform Schach spielen. Oder, mit anderen Worten: Ein Elefantengedächtnis ist eine hilfreiche, aber nicht hinreichende Voraussetzung, um Großmeister zu werden.

Augenblicke

In Kapitel 6 und 7 wird die Auswertung der Augenbewegungs-Messungen präsentiert. Nach dem Studium dieser Kapitel begreift man, warum Gobet so wenige brauchbare Daten in der Literatur gefunden hat. Vor die Wahl gestellt, Augenbewegungen auszuwerten oder als Rudersklave auf einer Galeere angekettet zu werden, würde ich wahrscheinlich zweiteres wählen. Es wurden alle Versuchspersonen durch den Versuchsaufbau irritiert. Diese Irritation hat die Meister aber wesentlich weniger aus dem Konzept gebracht als die Anfänger. Die Meister-Reproduktionsrate sinkt nur um ein paar Prozentpunkte, während sie bei manchen Anfängern vollkommen einbricht. Dieser Effekt ist z.B. vom Auto-

fahren bekannt. Ein Anfänger wird durch einen Huper sehr leicht durcheinandergebracht, während sich derselbe Huper bei einem erfahrenen Autofahrer höchstens negativ auf seine Stimmungslage auswirkt.

Hauptergebnis dieser Untersuchungen: Die Meister schauen etwas schneller und regelmäßiger als die Anfänger. Ihre Blicke decken das Brett besser ab, sie schauen mehr auf die in der Position relevanten Figuren. Einzige wirkliche Überraschung: Wenn man auf einen Teil des Brettes intensiv geblickt hat, heißt das noch lange nicht, daß man sich diesen Teil besonders gut merkt. Dies gilt nicht nur für Anfänger, sondern auch für Meister. Die Versuchskaninchen wissen in der Regel nicht, wohin sie geschaut haben. Die Angaben in den anschließenden Versuchsinterviews stimmen nicht mit den gemessenen Daten überein. Besonders gilt dies für die Antwort auf die Frage »auf was haben Sie als erstes geblickt«. Man muß zuerst schauen, damit man weiß, auf was man schauen will.

Die Fruchtfliege

In Kapitel 8 präsentiert Gobet sein Programm CHREST, das die Tätigkeit eines Schachspielers simulieren soll. Es hat, wie ein Mensch, eine unmittelbare Wahrnehmung, ein Kurz- und Langzeitgedächtnis. Die Kapazität dieser Elemente und die Ausführungsgeschwindigkeit ist nach menschlichem Maß ausgelegt. CHREST braucht – so wie ein Mensch – 50 Millisekunden, um »seine Augen zu bewegen« und auf einen anderen Teil des Brettes zu »schauen«. In einem »echten Programm« würde dies maximal fünf Nanosekunden dauern.

Mir gefällt dieser Ansatz nicht. Es kommt nichts heraus, die Leistungsfähigkeit dieser Art von Programmen ist lächerlich. Man baut ja auch einem Auto keine Beine statt Räder ein, nur weil ein Pferd Beine hat. Ich kann mir auch nicht vorstellen, daß man auf diese Weise etwas Wesentliches über die menschliche Psyche erfährt. Die Gobetsche Darstellungsweise folgt durchaus der Fruchtfliegen-Tradition (vgl. CSS 3/99, S.50ff): Das jetzige CHREST ist zugegeben primitiv, aber die nächste und erst die übernächste Version wird das alles viel, viel besser machen. Die KI-Forscher sind Hühner, die immer schon das nächste Ei begackern, anstatt jetzt eines zu legen.

Das schnüffelnde Sehen

1975 hat der Psychoanalytiker Cockburn ein Buch über das Schachspiel und vor allem die Schachspieler geschrieben. GM Donner verfaßte dafür das Vorwort. In diesem Vorwort hat er das Schachspiel wie folgt charakterisiert: »Der Schachspieler befindet sich während seines Spiels in einer präverbalen, vorwortlichen Welt. Seine Aktivität ist ein schnüffelnd-grabbelndes Sehen«. Damit hat Donner sehr treffend die de Groot'schen Ergebnisse zusammengefaßt.

Adriaan D. de Groot, Fernand Gobet
Perception and Memory in Chess:
Studies in the Heuristics of the Professional Eye
Van Gorcum 1996. ISBN 90 232 2949 5.