

Matthew Sadler and Natasha Regan

Zeitenwende im Schach

**AlphaZero's bahnbrechende Strategien
und die Verheißungen der KI**

New In Chess 2019

Inhalt

| | | |
|--|---|-----|
| Zeichenerklärung | 6 | |
| Vorwort von Garri Kasparow – AlphaZero und die Wissensrevolution | 7 | |
| Einführung von Demis Hassabis | 12 | |
| Vorwort | 17 | |
| Einführung | 20 | |
| Teil I | Die Geschichte von AlphaZero | 23 |
| Kapitel 1 | Eine rasche Übersicht über Computerschachwettbewerbe | 24 |
| Kapitel 2 | ZeroZeroZero | 33 |
| Kapitel 3 | Demis Hassabis, DeepMind und die KI | 54 |
| Teil II | Über AlphaZeros Innenleben | 67 |
| Kapitel 4 | Wie AlphaZero denkt | 68 |
| Kapitel 5 | AlphaZeros Stil – man trifft sich in der Mitte | 87 |
| Teil III | Themen in AlphaZeros Spiel | 131 |
| Kapitel 6 | Einführung zu unseren ausgewählten AlphaZero-Themen | 132 |
| Kapitel 7 | Figurenbeweglichkeit: Stützpunkte | 137 |
| Kapitel 8 | Figurenbeweglichkeit: Aktivität | 168 |
| Kapitel 9 | Königsangriff: Der Marsch des Randbauern | 209 |
| Kapitel 10 | Königsangriff: Felderkomplexe derselben Farbe | 236 |
| Kapitel 11 | Königsangriff: Opfer für Zeit, Raum und Strukturschäden | 276 |
| Kapitel 12 | Königsangriff: Entgegengesetzte Rochaden | 298 |
| Kapitel 13 | Königsangriff: Verteidigung | 321 |
| Teil IV | AlphaZeros Eröffnungsvorlieben | 351 |
| Kapitel 14 | AlphaZeros Eröffnungsrepertoire | 352 |
| Kapitel 15 | Der Sämisch-Königsinder | 364 |
| Kapitel 16 | Die Karlsbader Variante | 379 |
| Teil V | Fazit | 399 |
| Kapitel 17 | Epilog | 400 |
| Kapitel 18 | Technische Anmerkungen | 406 |
| | Glossar | 409 |
| | Über die Autoren | 413 |
| | Namensregister | 414 |

Einführung von Demis Hassabis

Schach ist für mich weit mehr als nur ein Spiel, es war schon immer ein Teil von mir.

Ich begann zu spielen, als ich vier Jahre alt war, und als ich im englischen Jugendschach die Sprossen erklamm, träumte ich davon, Weltmeister zu werden. Das Spiel schon in so jungen Jahren ernst zu nehmen, war eine äußerst prägende Erfahrung. Es lehrte mich, wie man Probleme angeht, wie man Pläne macht und Strategien entwirft, wie man mit intensivem Wettbewerbsdruck umgeht und wie man sich ein zukünftiges Geschehen im Geiste vorstellt und visualisiert. Im Wesentlichen lehrte mich Schach, wie man denkt. Aber während ich mich als Schachspieler verbessern wollte, begann ich, tief in mich hineinzublicken und mir Fragen über die Natur des Denkens *an sich* zu stellen. Wie kam mein Gehirn auf all diese Züge und was steckt hinter diesem Phänomen, das wir Intelligenz nennen?

Diese Fragen führten zu meiner lebenslangen Faszination über die Funktionsweise des Gehirns mitsamt der Philosophie und der Neurowissenschaften, aber ein bestimmter Moment sollte schließlich großen Einfluss auf die Richtung haben, die ich für mein weiteres Leben einschlug. Ich war elf Jahre alt und befand mich bei einem großen internationalen Turnier in Liechtenstein inmitten einer zermürenden achtstündigen Auseinandersetzung mit einem altgedienten dänischen Meister. Wir hatten ein äußerst ungewöhnliches Endspiel erreicht, das ich in dieser Art zuvor nicht gesehen hatte – ich hatte nur meine Dame, und mein viel erfahrenerer Gegner hatte einen Turm, Läufer und Springer. Damit war er materiell im Vorteil, aber wenn ich seinen König mit meiner Dame in Schach halten könnte, könnte ich ein Remis erreichen. Stunden vergingen, während er seine Figuren herumschob und versuchte, mich zu überlisten, und der riesige Turniersaal leerte sich allmählich, derweil alle anderen Partien beendet wurden. Doch plötzlich, nach Dutzenden von Zügen, während derer er keine Fortschritte erzielt hatte, gelang es ihm doch, meinen König zu stellen, womit scheinbar ein Matt im nächsten Zug nicht mehr abzuwenden wäre. Sichtlich schockiert und erschöpft gab ich auf.

Sofort stand er verwirrt auf. Lachend gestikulierte er, wie ich mit einem Damenopfer ein Patt erzwingen und so doch noch das Remis sichern konnte. Er hatte schlichtweg den letzten billigen Trick versucht, und der hatte funktioniert! Mir drehte sich der Magen. Am nächsten Tag dachte ich über das Geschehene nach, und als ich so über die vollgepackte Halle mit all den brillanten Köpfen schaute, fragte ich mich – wie ich mich lebhaft entsinnen

kann –, was man mit all dieser kollektiven mentalen Anstrengung erreichen könnte, wenn man diese, anstatt sie in ein Spiel zu kanalisieren, auf wichtige Bereiche der Wissenschaft oder Medizin lenken könnte?

Diese Erleuchtung markierte den Anfang vom Ende meiner Karriere als Turnierspieler, säte aber auch den ersten Samen für das, was schließlich DeepMind, das von mir 2010 mitbegründete Forschungsunternehmen für Künstliche Intelligenz (KI), werden sollte. Und obwohl ich letztlich nicht Weltmeister oder auch nur Profispieler geworden bin, haben die durch das Schachspiel erworbenen übertragbaren Fähigkeiten bis heute alle Aspekte meines Lebens beeinflusst und inspiriert. Deshalb engagiere ich mich dafür, dass Kindern im Rahmen des schulischen Lehrplans Schach gelehrt werden soll.

Tatsächlich war sogar ein schachlicher Kontakt mit verantwortlich dafür, dass wir unseren ersten Großinvestor gewinnen konnten. Damals im Jahr 2009 war KI nicht das aktuelle Thema, das es heute ist, und wir versuchten, ein Treffen mit einem bekannten Wagniskapitalgeber aus dem Silicon Valley zu organisieren, um DeepMind zu präsentieren. Nach vielen Bemühungen schafften wir es schließlich, eine Einladung zu erhalten, auf einer KI-Konferenz vorzusprechen. Dort hatten wir die Möglichkeit, ihn kurz zu treffen. Leider gab es auch Hunderte andere, die ihre Geschäftsidee vorstellen wollten. Mir war klar, dass wir etwas Einzigartiges bieten mussten, um aus der Masse herauszustechen, aber ich wusste nicht was. Während meiner Recherchen zum Hintergrund der Person hatte ich gelesen, dass er ein starker Schachspieler war, und als wir endlich an der Reihe waren, kurz mit ihm zu sprechen, entschied ich mich, auf Details bezüglich der zu gründenden Firma zu verzichten, um stattdessen über Schach zu diskutieren. Ich erzählte ihm, dass es meiner Meinung nach die eigentümliche Balance zwischen Läufer und Springer war, die trotz ihrer sehr unterschiedlichen Bewegungsweise die dynamische Spannung im Spiel erzeugt. Das war eine sehr gewagte Geschäftsstrategie, aber sein Interesse war geweckt; wir bekamen die Einladung zu einem persönlichen Gespräch am nächsten Tag, und dies war der Ausgangspunkt dafür, dass er in unser Unternehmen investiert hat!

Unser Bestreben bei DeepMind ist es, intelligente Systeme zu entwickeln, die lernen können, jede komplexe Aufgabe selbstständig zu lösen, und diese Technologie dann dazu nutzen, um Lösungen für einige der größten Herausforderungen und offenen Fragen der Gesellschaft zu finden. Anders ausgedrückt, wir wollen das Problem der Intelligenz entschlüsseln und diese dann nutzen, um alle anderen Fragen damit ebenso zu beantworten. Auf dem Weg zu diesem großen Ziel hin setzen wir, was sich vielleicht überraschend anhören mag, auf Spiele.

Spiele sind so konzipiert, dass sie für den Menschen eine Herausforderung darstellen und oft auch interessante Aspekte der realen Welt verkörpern.

Wir denken, dass sie die ideale Plattform darstellen, um Ideen für KI-Algorithmen zu entwickeln und zu testen. Es ist sehr effektiv, Spiele für die KI-Entwicklung zu verwenden, da man Tausende von Experimenten auf parallel geschalteten Computern in der Cloud oft schneller als in Echtzeit durchführen und so viele Erfahrungswerte erzeugen kann, die die Systeme benötigen, um daraus zu lernen. Praktischerweise haben Spiele auch in der Regel ein klar definiertes Ziel bzw. eine Punktebewertung, so dass es leicht ist, den Fortschritt der Algorithmen zu messen und zu sehen, ob sie sich im Laufe der Zeit schrittweise verbessern, und somit, ob die Forschung in die richtige Richtung geht.

Mit diesem Ansatz hatten wir bereits viele bemerkenswerte Erfolge, darunter DQN, ein lernender Algorithmus, der bei einer Reihe von klassischen Atari-Spielen mit nur den rohen Bildschirmpixeln als Input Expertenniveau erreichte; sowie AlphaGo, Vorgänger von AlphaZero, und das erste Computerprogramm überhaupt, dem das Kunststück gelang, in dem komplexen altehrwürdigen Go einen professionellen Spieler zu bezwingen – was nach Ansicht vieler dem Stand der Forschung ein Jahrzehnt voraus war. Das Match 2016, das AlphaGo gegen den legendären Go-Champion Lee Sedol aus Südkorea gewann, erwies sich dann als wichtiger Meilenstein für die KI. Aber es war die originelle Art und Weise, wie AlphaGo spielte, was die Experten am meisten verblüffte.

Die bekannteste dieser neuartigen Ideen war der Zug 37 in der zweiten Partie, der wahrscheinlich in die Go-Geschichte eingehen wird. Es war ein Zug, der dermaßen weit außerhalb des Vorstellbaren lag, dass einige der weltbesten Go-Spieler beim Livekommentar dachten, dies müsse eine Art Programmfehler gewesen sein. Doch mehr als hundert Züge später erwies sich genau dieser Stein als strategisch perfekt postiert, um den Ausgang des Spiels maßgeblich zu beeinflussen. Nach der Partie sagte Lee Sedol: „Als ich diesen Zug sah... dachte ich, ok, AlphaGo ist bestimmt sehr kreativ“. Dieses Motiv und viele andere Ideen, die AlphaGo enthüllte, haben in der Folge jahrhundertealte Erkenntnisse über den Haufen geworfen, und viele Experten glauben, dass damit eine neue Ära im Go eingeleitet ist.

Auf dem Erfolg von AlphaGo aufbauend, begannen wir 2017 mit der Arbeit an unserem neuesten und ambitioniertesten Projekt, das zugleich das Thema dieses Buches ist, nämlich AlphaZero. Wir bei DeepMind glauben, dass einer der Schlüssel zur KI das Konzept der Allgemeingültigkeit ist, bei dem ein einziges System in der Lage ist, ähnlich wie das menschliche Gehirn bei einer Vielzahl verschiedenartiger Aufgaben gut zu funktionieren. AlphaZero war unser Versuch, AlphaGo zu verallgemeinern, um *jedes* Spiel zweier Parteien mit vollständiger Information zu meistern. Und natürlich war es naheliegend, es zuerst mit Schach zu versuchen!

Die Beziehung zwischen Schach und KI ist so alt wie die Informatik selbst. Die frühen Giganten der Informatik, darunter einige meiner wissenschaftlichen Idole – Turing, Shannon, von Neumann –, versuchten alle, Schachprogramme zu schreiben. Aus persönlicher Sicht fühlte es sich auch wie eine Art Heimkehr an und brachte mich zurück zu dem Spiel, das meine Neugierde bezüglich der Intelligenz geweckt hatte. Aber ich hatte auch Zweifel.

Im Gegensatz zu Go hatte natürlich IBMs bahnbrechendes Programm Deep Blue längst bewiesen, dass Schach von Computern beherrscht werden kann. In der Folge sind die zahlreichen Nachfolger, darunter Stockfish, Komodo und Houdini, außerordentlich stark geworden. Aber all diese Programme basieren auf Tausenden von fest programmierten Regeln und Heuristiken, die in jahrelanger Arbeit von menschlichen Experten sorgfältig handgefertigt wurden. AlphaZero ist dagegen ganz anders als diese Programme. Es ist völlig autodidaktisch und lernt Schach von den Grundzügen an selbstständig. AlphaZero beginnt mit völlig zufälligem Spiel und verbessert sich allmählich durch ein ausgeklügeltes System von Versuch und Irrtum, indem es mehrere Millionen Partien gegen sich selbst spielt und schrittweise aus seinen Fehlern lernt.

Als wir mit dem AlphaZero-Projekt begonnen hatten, war es alles andere als klar, ob ein solches Programm mit den spezialisierten handgefertigten Schach-Engines mithalten können würde, die die jahrzehntelangen Anstrengungen von einigen der weltbesten Informatiker und Schachgroßmeister auf sich vereinen. Ich entsinne mich, dass ich genau diese Frage mit Murray Campbell, einem der Ingenieure von Deep Blue, auf einer Konferenz Anfang 2016 erörtert hatte; vor dem Match gegen Lee Sedol und bevor wir das Projekt AlphaZero gestartet hatten. Hatten moderne Schach-Engines bereits die absolute Obergrenze von dem erreicht, wie Schach gespielt werden kann – könnten sie geschlagen werden? Gab es genug Raum für Verbesserungen oder eine neue Dimension im Spiel? Wir beide waren uns bezüglich der Antworten nicht sicher, und nach meiner Erfahrung sind genau diese Art von wissenschaftlichen Fragestellungen die ergiebigsten, bei denen jedes der möglichen Ergebnisse aufschlussreich ist.

Unglaublicherweise stellte sich heraus, dass die Antwort auf diese Fragen ein klares Ja sein sollte! Und nach nur wenigen Stunden an Training (wenn auch mit einem großen Verbund von Computern) hat AlphaZero die phänomenale Stärke erreicht, die Sie anhand der Partien in diesem Buch zu sehen bekommen werden, um so zum wohl stärksten Schachprogramm der Geschichte zu werden. Als ich zum ersten Mal einige der Partien von AlphaZero zu Gesicht bekam, war ich von der Art und Weise begeistert, in der sie gespielt wurden, und ich hoffe, dass auch Sie das so empfinden werden. Von Beginn an war klar, dass AlphaZero ganz anders spielt als herkömmliche Schach-Engines, mit einem flüssigen, menschenähnlichen Angriffsstil. Für

mich als Schachliebhaber war es äußerst erbaulich, diesen dynamischen und ästhetisch ansprechenden Spielstil zu erleben, der auch zeigt, dass unserem Spiel noch viele Geheimnisse zu entlocken sind.

In diesem Buch ist es Matthew und Natasha gelungen, den einzigartigen Spielstil von AlphaZero auf hervorragende Weise zu verdeutlichen. Sie enthüllen faszinierende neue Einblicke in alle Facetten des Schachspiels, von der Figurenbeweglichkeit über die Königssicherheit bis hin zu gewagten Opfern und vielem mehr, von dem ich hoffe, dass es für Schachspieler aller Kategorien von Interesse sein wird. Aus den ausführlichen Gesprächen mit den Forschern, die die dem System zugrunde liegenden Techniken des Maschinenlernens entwickelt haben, haben Matthew und Natasha ein tiefes Verständnis dafür gewonnen, wie AlphaZero „denkt“, und ich war beeindruckt von der Klarheit und Einfachheit ihrer Darstellung der Technologie. Sie haben die neuen schachlichen Konzepte auch sehr trefflich in den historischen Kontext gestellt, indem sie dem Leser faszinierende Analogien zu den Stilen der großen Meister der Vergangenheit bieten.

Ich hoffe, dass die Partien und Analysen in diesem Buch ihren Beitrag dazu leisten werden, eine neue Ära der Kreativität im Schach zu begründen, und dass Schachspieler nicht nur einige dieser Ideen in ihre eigenen Partien integrieren, sondern auch inspiriert werden, eigene neue Stile zu finden. Ich kann mit Gewissheit bestätigen, dass durch dieses Projekt meine eigene Leidenschaft für das Schachspiel neu entfacht wurde, und es hat mir große Freude bereitet, alte Gefühle wiederaufzusuchen, die ich einst so gut kannte, jetzt aber aus völlig neuer Perspektive wahrnehme.

Natürlich geht es in diesem Buch nicht nur um die Schönheit des Schachspiels, sondern auch um das unglaubliche der KI innewohnende Potenzial. Ich hoffe, dass Sie nach der Lektüre ein Gefühl für einige dieser Wunder bekommen und nachempfinden können, wie es uns dabei ergeht, die wir jeden Tag über diese spannenden Themen nachdenken und daran arbeiten. AlphaZero ist für uns erst der Anfang. Ich hoffe, es verschafft Ihnen einen Einblick in eine großartige Zukunft, in der wir eine Vielzahl von AlphaZero-artigen lernenden Systemen haben werden, die uns als Gesellschaft dabei helfen werden, Durchbrüche in Schlüsselbereichen der Wissenschaft und der Medizin zu finden, so wie ich es mir einmal als kleiner Junge in einem riesigen Schachsaal vor einem halben Leben erträumt hatte.

Demis Hassabis
London, im Oktober 2018

Vorwort der Autoren

In diesem Buch geht es um einen außergewöhnlichen Schachspieler; um einen Spieler, von dem während des Schreibens dieses Buches erst zehn Partien veröffentlicht waren, doch dessen Name bereits zum Synonym für den Gipfel schachlichen Könnens wurde. Ein machtvoller Angreifer, der imstande ist, die besten handgefertigten Schach-Engines mit brillanten Opfern und originellen Strategien zu besiegen; zugleich ein Spieler, der seinen kreativen Stil einzig durch Spielen gegen sich selbst entwickelt hat.

Dieser Spieler ist AlphaZero, ein völlig neuartiger Schachcomputer, entwickelt von der britischen KI-Firma (Künstliche Intelligenz) DeepMind.

Derweil wir mehr über AlphaZero lernen, können wir uns die neuen Einblicke, die AlphaZero bei unserem wundervollen Schachspiel zutage gefördert hat, zunutze machen, um darauf aufbauend unser menschliches Wissen und Können zu erweitern. Wir reden mit den Menschen, die AlphaZero erschaffen haben, und erfahren von den Kämpfen, die brillante Köpfe auf der Jagd nach zuvor unerreichten Zielen ausgetragen haben.

Wir als Autoren fühlen uns außerordentlich geehrt, dass wir bei diesem Projekt mit den Schöpfern von AlphaZero zusammenarbeiten durften. Wir betrachten dies als einen historischen Moment, an welchem wir direkt der Entwicklung einer Spitzentechnologie beiwohnen, die einen tiefgreifenden Einfluss auf alle Gebiete des menschlichen Lebens haben wird.

Unsere Zusammenarbeit entstand in Folge der Veröffentlichung von zehn AlphaZero-Partien im Dezember 2017 während der London Chess Classic. Im Jahr zuvor hatten Matthew und Natasha den Book of the Year-Award der Englischen Schachföderation (ECF) für *Chess for Life* gewonnen; einer Zusammenstellung von Interviews mit Ikonen des Schachs, die Themen und Kernkonzepte ihrer Partien erläutert haben. Uns war bewusst, dass wir bei AlphaZero einen vergleichbaren Ansatz nutzen konnten, indem wir einen unentbehrlichen Einblick in die Art und Weise geben, wie die KI denkt und spielt, und die wesentlichen Erkenntnisse daraus mit der Schachgemeinde teilen.

Wer sollte dieses Buch lesen?

- *Begeisterte Schachspieler, die nach neuen Strategien Ausschau halten*

AlphaZeros Schachverständnis ist vollständig selbsterlernt und stammt aus Millionen von Partien gegen sich selbst. Vieles in seinem Spiel steht im Einklang mit anerkanntem menschlichen Wissen, das sich über die letzten zweihundert Jahre angesammelt hat, wodurch AlphaZeros Spiel so intuitiv wirkt, was wiederum den Menschen erlaubt, von ihm zu lernen. Dieses Buch stellt AlphaZeros vorzügliche Handhabung der Aktivität und Figurenbeweglichkeit heraus, wobei Matthew uns durch den einfachen,

logischen und schematischen Weg lotst, auf dem AlphaZero Angriffe gegen den gegnerischen König aufbaut. Wir glauben, dass dieser Ansatz Profis wie Vereinsspieler gleichermaßen inspirieren wird.

- *KI-Begeisterte*

Wie Demis Hassabis, der Chef von DeepMind, erläutert, ist der Einsatz Künstlicher Intelligenz bei Spielen kein Selbstzweck, sondern ein Mittel für etwas Größeres: „Wir tun das nicht, um einfach nur Spiele zu lösen, auch wenn dies ein unterhaltsames Unterfangen ist. Diese Spiele bieten einen anspruchsvollen und geeigneten Maßstab, um unseren Fortschritt zu messen. Letztlich dienen sie uns als Sprungbrett, um universelle Algorithmen zu entwickeln, die auf alle mögliche Weisen und auch allen möglichen Gebieten eingesetzt werden können, letztlich zum Nutzen der Gesellschaft.“

Unsere Interviews mit den kreativen Menschen, die AlphaZero entwickelt und gebaut haben, geben zahlreiche Einblicke darüber, wie durch den beispielhaften Umgang mit Schach die durch die KI gestellten Herausforderungen und Möglichkeiten besser verstanden werden können.

- *Schachfans*

Das Buch stellt nicht nur umfangreiches Lehrmaterial zur Verfügung, es ist zugleich auch eine faszinierende Sammlung von Partien erstaunlich hoher Qualität, die blitzschnelle Angriffe, unverhoffte Strategien, wundersame Rettungen und verrückte Opfer beinhalten. Matthew verglich das Durchspielen durch diese Partien mit dem Auffinden eines verlorenen Notizbuches eines großen Angriffsspielers der Vergangenheit wie etwa seines großen Helden Alexander Aljechin, in welchem sich Hunderte zuvor unveröffentlichter Ideen finden.

Wie man dieses Buch lesen sollte

Der schachliche Inhalt des vorliegenden Buches ist in eigenständige Kapitel aufgeteilt und so gestaltet, dass er in beliebiger Reihenfolge gelesen werden kann. Man kann sich also durchaus ein Thema herausuchen, das einen interessiert, und mitten im Buch anfangen. Ein Partienverzeichnis findet sich, damit Sie Ihre Lieblingspartien auch schneller finden können, am Ende des Buches. Der schachliche Inhalt ist nicht zu überfrachtet, mit einem Schwerpunkt auf Erläuterung anstelle von Varianten. Wir würden Ihnen empfehlen, die Partien auf einem richtigen Schachbrett nachzuspielen. Unserer Ansicht nach ergibt sich so ein angemessenes Lesetempo, was dem bestmöglichen Lerneffekt förderlich ist.

Danksagungen

Wir danken hiermit DeepMind und insbesondere Demis Hassabis für die wunderbare Gelegenheit, die Partien von AlphaZero zu studieren, und für Demis' persönlichen Einsatz, um dieses Projekt zum Erfolg zu bringen. Wir danken Dave Silver, Forschungschef bei AlphaZero, wie auch Thore Graepel, Matthew Lai, Thomas Hubert, Julian Schrittwieser und Dharshan Kumaran für ihre ausführlichen technischen Erläuterungen und ihre Unterstützung bei

Testpartien und Teststellungen mit AlphaZero. Eine besondere Erwähnung verdient Nenad Tomasev für die Begutachtung des schachlichen Inhalts, er hat uns großartiges Feedback gegeben!

Große Dankbarkeit schulden wir Lorraine Bennett, Sylvia Christie, Jon Fildes, Claire McCoy, Sarah-Jane Allen und Alice Talbert für ihre fantastische Arbeit, um dieses Projekt am Laufen zu halten und uns mit allen benötigten Dingen zu helfen (wobei wir von manchen gar nicht wussten, dass wir sie benötigen würden!). Wir danken zugleich allen von DeepMind, die uns bei unseren Besuchen im Londoner Büro so herzlich willkommen geheißen haben.

Ein Dank ist ebenso Allard Hoogland und seinem Team bei New in Chess geschuldet, die dieses Buch veröffentlicht haben. Sie haben unser einzigartiges Projekt unterstützt und dafür Sorge getragen, dass sich dieses Buch so herrlich präsentiert.

Wir danken unseren Familien für ihre Begeisterung und Unterstützung und, im Falle von Matthew Selby, für seine technische Expertise, dank derer wir aus unseren Dateien all das herauslesen konnten, nach was wir gesucht hatten.

All diese tollen Menschen haben zu diesem wahnsinnig aufregenden und denkwürdigen Projekt beigetragen.

Einführung

Am 5. Dezember 2017 veröffentlichte die in London ansässige KI-Firma DeepMind „Mastering Chess and shogi by Self-Play with a General Reinforcement Learning Algorithm“ (zu deutsch: „Schach und Shogi durch einen unspezifischen selbstbestärkenden Lernalgorithmus meistern“). In dem Paper wurde beschrieben, wie die selbstlernende KI AlphaZero innerhalb von nur 24 Stunden, beginnend mit Zufallszügen und ohne fachspezifisches Wissen außer den Regeln ausgestattet, in den Spielen Schach, Shogi (Japanisches Schach) wie auch Go ein übermenschliches Spielniveau erreichte. Es besiegte die jeweiligen Weltmeisterprogramme überzeugend. Im Falle von Schach war das Stockfish¹.

Es war das erste Mal, dass ein Schachcomputer völlig selbstlernend übermenschliche Stärke erreichte. Dies ist insofern bedeutsam für Schachspieler, als dass wir zum ersten Mal von einer leistungsfähigen Intelligenz lernen können, die ihre eigene Schachstrategie unabhängig von unserer reichen schachlichen Entwicklungsgeschichte entwickelt hat. Auch für KI-Entwickler impliziert es weitreichende Konsequenzen, wie AlphaZero innerhalb von Stunden übermenschliche Stärke erreichte, ohne dass das Team fachspezifisches Wissen hätte zur Verfügung stellen müssen. Damit eröffnet sich die Möglichkeit, diese KI-Techniken für Anwendungsbereiche zu nutzen, in denen menschliches Fachwissen nur beschränkt vorhanden ist.

In einem später in diesem Buch folgenden Interview erläutert Demis Hassabis, wie der Erfolg von AlphaZero auf DeepMinds früherer Schöpfung AlphaGo aufbaut, einem auf neuronalen Netzen basierenden System, das mittels tiefgehenden Lernens 2016 die Go-Legende Lee Sedol besiegte, und wie beide Projekte Meilensteine auf dem Weg von DeepMinds Mission des Einsatzes von KI zum Nutzen der Menschheit sind. Unter anderem ist man bestrebt,

- die Probleme betreffs Klimawandel und Energieversorgung anzugehen;
- Fortschritte in der medizinischen Diagnostik zu ermöglichen, um mehr Menschen erstklassige medizinische Versorgung verfügbar zu machen;
- wissenschaftliche Forschung zu beschleunigen, um rascher zu Lösungen zu kommen, die für das Wohlbefinden der Menschheit entscheidend sind.

Die Bedeutung der AlphaZero-Story reicht weit über das Geschäftsfeld von DeepMind heraus. Nachdem sie die Erfolge des Maschinenlernens im Bereich von Schach und Go erlebt haben, waren Entwickler auf der ganzen Welt animiert, andere Gebiete mit ähnlichen Techniken zu beackern. Inzwischen

1 Der Weltmeister 2016 der Top Chess Engine Championship (TCEC) Saison 9.

wurde bereits die Methode adaptiert, mit der DeepMinds AlphaGo geschaffen wurde, um auf Profiniveau spielende kommerziell verfügbare Go-Maschinen zu entwickeln; dies wurde immer als entscheidende Wende in Richtung allgemein verfügbarer KI angesehen. In den letzten Monaten wurde auf Grundlage des AlphaZero-Papiers das quelloffene Programm Leela Chess Zero entwickelt, das sich inzwischen zu einem Herausforderer für die traditionellen „Großen Drei“ mausert: Die Engines Stockfish, Houdini und Komodo. Natürlich kommt es für uns Schachspieler (die wir immer gewusst haben, dass unser Spiel in gewisser Weise von einzigartiger Bedeutung ist) wenig überraschend, dass das Schach bei der Entwicklung einer solch entscheidenden Technologie eine gewichtige Rolle spielen würde!

Dieser neuartige Ansatz des eigenständigen Lernens einer Maschine hat uns einen starken Schachspieler mit neuen Konzepten und Stil beschert, und das ist die Crux von diesem Buch. AlphaZero hat ganz unabhängig Strategien entwickelt, die viele Ähnlichkeiten mit dem menschlichen Erfahrungsschatz aufweisen, dazu viele, die eine Weiterentwicklung darstellen oder Situationen zeigen, in denen unsere wohletablierten positionellen „Regeln“ gebrochen werden können.

Im Jahr 2018 kann uns AlphaZero seine Erkenntnisse noch nicht selbst erläutern (wenngleich Demis zuversichtlich ist, dass eine Reihe von Technologien und Werkzeugen, die von DeepMind und anderen Teams entwickelt werden, dies in der Zukunft möglich machen werden). Statt seiner geleitet uns der Spitzengroßmeister Matthew Sadler auf dem Weg, auf dem die Hauptunterschiede von AlphaZeros Spiel zur Praxis im derzeitigen menschlichen Topschach erläutert werden. Dies geschieht auf der Grundlage detaillierter Erläuterungen illustrativer Partien aus AlphaZeros Match gegen Stockfish, wobei zugleich gezeigt wird, wie man AlphaZeros Ideen ins eigene Spiel einbauen kann.

In diesem Buch werden die folgenden schachstrategischen Themen beleuchtet:

- **Stützpunkte (Kapitel 7):** Dort untersuchen wir, auf welche Weise sich AlphaZero wertvolle Posten für seine Figuren sichert, vom Springer und Läufer bis hin zum König selbst.
- **Aktivität (Kapitel 8):** AlphaZero ist äußerst bewandert darin, die Beweglichkeit seiner eigenen Figuren zu erhöhen und die der gegnerischen Figuren einzuschränken. Spezielle Aufmerksamkeit schenken wir der Art und Weise, wie AlphaZero den gegnerischen König einengt.
- **Der Marsch des Randbauern (Kapitel 9):** AlphaZero stößt im Rahmen seines Angriffsspiels häufig seinen Randbauern vor und pflanzt diesen in unmittelbarer Nähe des gegnerischen Königs ein.
- **Felderkomplexe derselben Farbe (Kapitel 10):** Matthew erklärt AlphaZeros Vorliebe für Stellungen mit ungleichfarbigen Läufern.
- **Opfer für Zeit, Raum und Strukturschäden (Kapitel 11):** AlphaZero bringt häufig brillante Opfer für langfristige positionelle Vorteile.

- **Entgegengesetzte Rochaden (Kapitel 12):** Wir betrachten einige mitreißende Beispiele, in denen die lange Rochade den Auftakt zu einem gefährlichen Angriff darstellte.
- **Verteidigung (Kapitel 13):** Wir erfahren etwas über die unterschiedlichen Verteidigungstechniken von AlphaZero und Stockfish.

Zusätzlich dazu sehen wir uns an, auf welche Weise sich der Denkprozess von AlphaZero von Schach-Engines wie Stockfish unterscheidet, und welche Auswirkungen das auf sein Spiel hat. Dies wird für jeden von unschätzbarem Wert sein, der bei seinen schachlichen Untersuchungen regelmäßig mit Enginebewertungen arbeitet. Wir untersuchen, wie sich AlphaZeros probabilistischer Ansatz der Stellungsbewertung (der ihn unserer Ansicht nach in die Lage versetzt, nach allgemein aussichtsreichen Stellungen zu streben, was zu einem Stil führt, der aus menschlicher Sicht intuitiv wirkt) auf seine Zugwahl auswirkt. Die von uns gesammelten Einblicke haben uns zugleich einige Eigenheiten von Engine-Analysen offenbart, derer wir uns zuvor nicht völlig bewusst waren (z.B. das Überhandnehmen der 0,00-Bewertungen bei der Analyse mit Stockfish und anderen Engines), und mit diesem Wissen ausgestattet sollte es Engineusern leichter fallen, diese Bewertungen zu verstehen.

Beim Schreiben dieses Buches hatten wir Zugang zu zuvor unveröffentlichten Partien und Bewertungen von AlphaZero². Wir glauben, dass dieses Buch so voller neuer wie lehrreicher Materialien ist, dass Ihnen das Lesen und das Ausprobieren in eigenen Partien viel Freude bereiten wird.

*Matthew Sadler und
Natasha Regan
London, im November 2018*

2 Nähere Details bezüglich der Partien, die wir erhalten haben, sowie der für die Matches verwandten Einstellungen finden sich im Kapitel 18, Technische Anmerkungen.

Abschnitt A – 0,00 und der Zeitlupenangriff

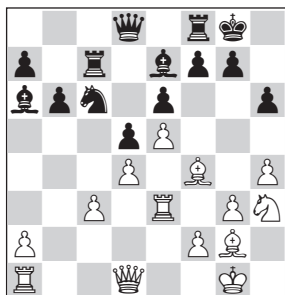
Unser erstes Beispiel wird auch im Kapitel „AlphaZeros Stil – man trifft sich in der Mitte“ gezeigt.

Partie: „Die Würgeschlange“

AlphaZero Stockfish 8

London 2018

1.d4 ♘f6 2.♘f3 e6 3.c4 b6 4.g3 ♙b7
5.♙g2 ♙b4+ 6.♙d2 ♙e7 7.♘c3 c6
8.♙f4 0-0 9.e4 d5 10.e5 ♘e4 11.cxd5
cxd5 12.0-0 ♘xc3 13.bxc3 ♙a6
14.♖e1 ♘c6 15.h4 ♖c8 16.♗e3 ♖c7
17.♘g5 h6 18.♘h3



Beginnen wir mit der Einschätzung der Stellung. Weiß hat dank der Bauernkette c3/d4/e5 einen Raumvorteil im Zentrum. Der Bauer e5 verschafft Weiß einen Vorposten auf d6 und nimmt zugleich den schwarzen Figuren das Verteidigungsfeld f6.

Wenn wir die Verteilung der Kräfte auf dem Brett betrachten, so sehen wir, dass Weiß fünf Figuren in Reichweite des Königsflügels hat: Die Dame, einen Turm, zwei Läufer und einen Springer. Der einzige Wermutstropfen unter Angriffsgesichtspunkten ist, dass sich der weißfeldrige Läufer nicht auf der Diagonalen b1-h7 befindet; und

angesichts des schwarzen Läufers auf a6, der ♙f1-d3 verhindert, wird sich dieser Umstand auch nicht so schnell ändern.

Schwarz verfügt nur über zwei Verteidiger am Königsflügel: den Läufer auf e7 und den Turm auf f8. Die Vorzeichen sind klar: Weiß wird am Königsflügel angreifen!

Da das Zentrum blockiert ist, wird sich Schwarz am Damenflügel nach Gegenspiel umsehen. Hier ist die Situation nicht schlecht für ihn: Die weiße Struktur am Damenflügel ist beschädigt, und der Bauer auf c3 – rückständig und auf einer halboffenen Linie befindlich – ist ein schöner Ansatzpunkt, um die weiße Verteidigung hier aufzudröseln. Schwarz sollte jedoch nicht zu lange zaudern, zumal Weiß schon angefangen hat, mit dem Manöver ♘f3-g5-h3 die schwarzen Bastionen am Königsflügel zu lockern.

Es scheint eigenartig, den Springer nach h3 zu stellen, doch Weiß hat damit die Angriffsmarke h6 herausgekitzelt und für die Dame den Weg zum Königsflügel über die Diagonale d1-h5 geräumt. Darüber hinaus winkt dem Springer auf h5 (via f4) ein guter Posten. Ein solches Springermanöver, mit dem Zeit aufgewandt wird, um den Springer näher an den gegnerischen König heranzuführen, ist ein Markenzeichen von AlphaZeros Angriffsspiel.

Ich gebe jetzt eine Zusammenfassung der Hauptvarianten und Einschätzungen von fünf Engines. Jeder Engine wurde eine Minute zur Analyse der Stellung gegeben. Die Ergebnisse waren wie folgt:

| Houdini 6.02: Die drei Topvarianten nach einer Minute Rechenzeit | | Bewertung |
|---|---|------------------|
| Erste Variante | 18...#e8 19.#f3 ♖a5 20.♗d2 ♜d7 21.♚f4 #ec8 22.a4 ♘c4 23.♙c1 ♘a5 24.♗d2 | 0,00 |
| Zweite Variante | 18...♜d7 19.♞g4 ♘h7 20.♞h5 ♗d8 21.♞d1 ♘g8 22.#f3 ♘e7 23.♗d2 ♘g6 | 0,00 |
| Dritte Variante | 18...♘h7 19.♞h5 #c8 20.♘g5+ ♘g8 21.♘h3 | 0,00 |

| Stockfish 8: Die drei Topvarianten nach einer Minute Rechenzeit | | Bewertung |
|--|---|------------------|
| Erste Variante | 18...#e8 19.#f3 ♖a5 20.♗d2 ♜d7 21.g4 ♞b5 22.g5 hxg5 23.#xf7 ♘xf7 24.♞h5+ ♘f8 25.♞h8+ ♘f7 26.♞h5+ | 0,00 |
| Zweite Variante | 18...♘a5 19.♞h5 ♘h7 20.♘g5+ ♘g8 21.♘h3 | 0,00 |
| Dritte Variante | 18...♘h7 19.♞h5 ♘a5 20.♘g5+ ♘g8 21.♘h3 | 0,00 |

| Stockfish 9: Die drei Topvarianten nach einer Minute Rechenzeit | | Bewertung |
|--|--|------------------|
| Erste Variante | 18...#e8 19.#f3 ♖a5 20.♞c2 ♗f8 21.♗d2 ♗b5 22.♚f4 ♜d7 23.a4 ♙c4 24.#b1 ♞e7 25.♙c1 ♗a6 26.♗d2 #ec8 27.♗h3 ♚c4 | -0,14 |
| Zweite Variante | 18...♜d7 19.g4 ♗d8 20.h5 ♘e7 21.#b1 ♙c4 22.#b2 ♗a6 23.#b1 | 0,00 |
| Dritte Variante | 18...♞e8 19.#f3 ♖a5 20.♗xh6 gxh6 21.#f6 ♗xf6 22.exf6 ♘h7 23.♞c2+ ♘h8 24.♞d2 ♘h7 25.♞c2+ | 0,00 |

| Komodo 11.2.2: Die drei Topvarianten nach einer Minute Rechenzeit | | Bewertung |
|--|--|------------------|
| Erste Variante | 18...#e8 19.#e1 ♞c8 20.♞g4 ♘h8 21.♗d2 ♘a5 22.♞f3 ♗f8 23.♚f4 ♚c4 24.♙c1 ♘a3 25.♗xa3 ♗xa3 26.c4 ♗b2 27.cxd5 ♗xa1 | -0,43 |
| Zweite Variante | 18...♘h8 19.♞h5 ♘h7 20.♘g5+ ♘g8 21.♘h3 ♜d7 22.♗xh6 gxh6 23.♞xh6 #fc8 24.#f3 ♗f8 25.♞g5+ ♗g7 26.♚f4 ♞e7 27.♞g4 | 0,00 |
| Dritte Variante | 18...♘a5 19.♞h5 ♘h7 20.♘g5+ ♘g8 21.♘h3 | 0,00 |

| Komodo 11.3.1: Die drei Topvarianten nach einer Minute Rechenzeit | | Bewertung |
|--|--|------------------|
| Erste Variante | 18...♜d7 19.♞g4 ♘h7 21.♞h5 ♗d8 21.♗g5 ♘a5 22.♚f4 ♚c4 23.#ee1 ♘a3 24.#ac1 ♙c4 25.♗f1 ♗xf1 26.#xf1 ♚c4 27.♗xd8 | -0,31 |
| Zweite Variante | 18...♗b5 19.♞g4 ♘h7 20.♞d1 ♙c4 21.#e1 ♗a3 22.♗d2 ♞e7 23.♞c2+ ♘g8 24.♚f4 #fc8 25.♘h5 ♗a6 26.♚f4 ♘a5 27.#ab1 ♞f8 | -0,28 |
| Dritte Variante | 18...#e8 19.#f3 ♖a5 20.♞c2 #f8 21.♙c1 ♜d7 22.♚f4 #fc8 23.a4 ♚c6 24.♞d2 ♗f8 25.♞d1 ♙c4 26.♞c2 ♞e8 27.♗d2 g6 28.♙c1 | -0,22 |

Die drei Topvarianten sind mit der jeweiligen Stellungsbewertung angegeben.

Dies ist reichlich viel Information, so dass ich einige Kernpunkte herausgreife:

1. Houdini und Stockfish scheinen beweisen zu wollen, dass am Ende vieler Varianten ein forciertes Remis durch Zugwiederholung steht.
2. Nur Komodo wirft einen Blick auf das reale Geschehen am Brett und sieht eine Seite (nämlich Schwarz) im Vorteil.
3. Viele der vorgeschlagenen Varianten hinterlassen einen etwas seltsamen Eindruck.

Die Varianten kamen mir recht merkwürdig vor, mit vielen rätselhaften Zugwiederholungen und Rückzügen. Stockfish und besonders Houdini sind begnadete Angreifer: Doch wo ist hier die Kraft und die Überzeugung, irgendetwas zum Laufen zu bringen, jenseits fadenscheiniger Zugwiederholungen oder Opfer, die zum Dauerschach führen? Im kritischen Augenblick scheinen diese Engines auf halbem Wege stehenzubleiben, anscheinend ohne jeden Glauben, dass da am Königsflügel was geht.

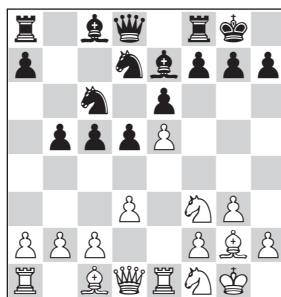
Diese Bewertungen ändern sich auch nicht wesentlich, wenn man die Engines länger rechnen lässt. Nach einer sechsstündigen Sitzung mit einer tiefen Analyse der Stellung endeten die Hauptvarianten von Stockfish und Komodo immer noch mit 0,00, während sich Houdini dem Trend ein wenig widersetzte und 0,14 anzeigte.

Sehen wir nun AlphaZeros Bewertung bei Zug 18: Eine

Gewinnerwartung von 66,5% für Weiß, was deutlich positiver ist als 0,00.

Wer hat nun Recht? Die Stellung erinnert mich an den Königsindischen Angriff gegen die Französische Verteidigung, den ich oft mit Weiß spiele.

Königsindischer Angriff: 1.e4 e6
2.d3 d5 3.♘d2 c5 4.g3 ♘c6 5.♙g2 ♗f6
6.♗gf3 ♙e7 7.0-0 0-0 8.♞e1 b5 9.e5
♘d7 10.♗f1.



Hier sehen Sie eine ganz ähnliche Struktur wie in der vorgestellten Partie. Weiß hat einen Bauern auf e5 festgesetzt, im Zentrum passiert nicht viel, die schwarzen Stärken liegen auf dem Damenflügel. Objektiv sind die Chancen in dieser Variante ausgeglichen. Der Umstand jedoch, dass sich der weiße Angriff gegen den schwarzen König richtet und dass der weiße König selbst vor jedem Angriff sicher ist, bringt es mit sich, dass die Sache riskanter für Schwarz und in der praktischen Partie auch schwerer zu spielen ist.

Zurück zu unserer Partie, wo dasselbe zutrifft. Es würde mich nicht wundern, wenn Schwarz in der Lage wäre, das weiße Potenzial am Königsflügel mit einer präzisen Serie von Figurenmanövern am Damenflügel völlig zu neutralisieren. Der Weg dorthin ist jedoch voller

Gefahren und überdies viel schmäler, als es die Bewertungen mit 0,00 suggerieren. Remisvarianten mit Zugwiederholungen sollten Ihren Verdacht erregen.

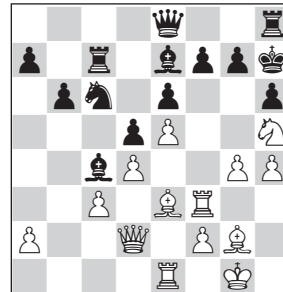
Zuvor war ich geneigt zu glauben, dass a) in solchen Stellungen ein einziger schmaler Pfad existiert, und b) die Engines diesen finden würden, und die Bewertung mit 0,00 die präzise Einschätzung dieser Stellung widerspiegelt. Die Partien zwischen AlphaZero und Stockfish haben aber zumindest in meinen Augen einige Zweifel im Hinblick auf diese Schlussfolgerung gesät.

Wenn man sieht, wie ungestüm und mit welchem Elan AlphaZero seine Figuren auf dem Königsflügel ins Spiel bringt, und demgegenüber die ziemlich farblosen Varianten betrachtet, die von anderen Engines in diesen Stellungstypen produziert werden, hinterlässt es den Eindruck, als seien die langfristigen Angriffsmöglichkeiten für den Kontrahenten damit nicht recht gewürdigt. Es würde nicht überraschen, wenn ein gewisser Prozentsatz dieser schmalen, mit 0,00 bewerteten Pfade doch tatsächlich für den Angreifer vorteilhaft wären, und nicht wie angenommen haltbar für den Verteidiger. Doch wie es aussieht, braucht es schon ein AlphaZero, um dies nachzuweisen!

Aus menschlicher Perspektive würde sich am ehesten ein Plan wie 16... ♖c4 (anstelle von 16... ♖c7) gefolgt von ...b5-b4, gegebenenfalls kombiniert mit Sicherungszügen am Königsflügel wie ... ♖e8 und ... ♗f8, aufdrängen, womit auch dafür gesorgt wäre, dass das schwarze Gegenspiel

am Damenflügel die dortige Struktur von Weiß anknabbert. Indem sie nur mit Figuren herumziehen, riskieren die Engines mit ihren Varianten nur großen Zeitverlust, falls sich das auf Kante genähte Verteidigungskonzept letztlich als unbefriedigend erweist. Spulen wir die Partie um 15 Züge vorwärts, so stellt sich die Frage, ob Stockfish während dieses Zeitraums abgeschaltet war: AlphaZero hat sein Potenzial am Königsflügel wesentlich verbessert, während Stockfishes Gegenspiel kaum in die Gänge gekommen ist. Dieses Szenario kommt in den Partien zwischen AlphaZero und Stockfish öfters vor, und wir haben es „Zeitlupenangriff“ getauft.

18... ♖h7 19. ♖f3 ♗a5 20. ♖c2+ ♔g8 21. ♖e1 ♖h8 22. ♖d1 ♗c6 23. ♗e3 ♗c4 24. ♖d2 ♖h7 25. ♗f4 ♖e8 26.g4 ♖h8 27. ♗h5



AlphaZero hat eine Gewinnerwartung von 85,2% erreicht. Stockfish 8 beginnt mit 0,00, was nach anderthalb Minuten zu einem weiterhin wenig besorgten 0,27 wird (wobei es die Partiefortsetzung anzeigt). Aus menschlicher Perspektive ist klar, dass eine Seite dabei ist, große Fortschritte zu machen: seit dem 18. Zug hat Stockfish vier Königszüge gemacht sowie seinen Springer nach a5 und zurück nach c6 gezogen, wohingegen

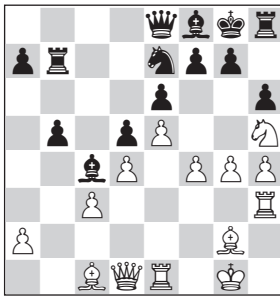
AlphaZeros Sturm am Königsflügel anschwillt!

27... ♘g8

27... ♖xh4 28. ♖h3 ♗d8 29. ♖xh6 gxh6 30. ♗f6+ führt umgehend in die Katastrophe.

28. ♖h3 ♖b7 29. ♖f4 ♖f8 30. ♗d1 ♗e7

31. ♖c1 b5 32.f4



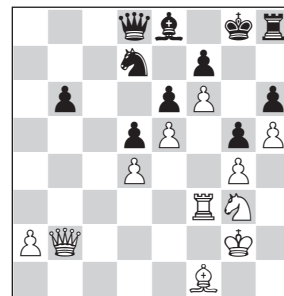
Ein Heureka-Augenblick für mich. Ich habe in Trainingspartien gegen Stockfish eine Anzahl ähnlicher Stellungen aus dem Königsindischen Angriff gespielt, in denen ich eine starke Angriffsformation am Königsflügel aufbauen konnte, während sich Stockfish mit einem sorgenfreien Lächeln auf den Lippen zurücklehnte und verschmitzt die Stirn runzelte.

Der ursprüngliche Plan von Weiß – sofern Schwarz nichts unternimmt – war der Durchbruch mit g4-g5. Indes hat Stockfish prophylaktische Maßnahmen ergriffen, indem es seinen Turm nach h8 gestellt hat. Und sobald g4-g5 geschieht, wird Schwarz einige Kraft auf der h-Linie entfalten, was der weißen Initiative entgegenwirkt. Knapp an Bedenkzeit, den Druck spürend; in der Hoffnung (wider besseres Wissen), es genau in dieser Partie dem Computer für die vielen Niederlagen heimzahlen zu können, drücke ich in solchen Situationen nichtsdestotrotz g4-g5

durch. Und auf unfassbare Weise werde ich dann immer 15 Züge später auf der h-Linie mattgesetzt!

AlphaZeros Methode, solche Stellungen zu verwerten, ist äußerst lehrreich. Anstatt zu versuchen, die Partie mit einem Mattangriff zu beenden, stellt es den passiven Turm auf h8 in den Mittelpunkt seiner Strategie und schwenkt darauf um, sicherzustellen, dass diese Figur nie wieder ziehen kann. AlphaZero wird alle aktiven Figuren von Schwarz abtauschen und dann gewinnen, indem es einfach einen Turm mehr hat. Eine sehr kontrollierte Art zu gewinnen, die Stockfish keine Chance gibt, seine ungeheuren Fähigkeiten taktischer Verteidigung in verzweifelten Situationen zu demonstrieren.

32... ♖b6 33. ♖a3 ♗g6 34. ♖xf8 ♗xf8 35. ♗d2 ♗c8 36. ♖f3 ♗d8 37. ♗f2 b4 38.cxb4 ♖xb4 39.f5 ♗c7 40. ♖d1 ♗b7 41. ♖d2 ♗c7 42. ♗g3 ♖b5 43. ♗h2 ♖d7 44. ♗f2 ♖b6 45. ♖c2 ♖c6 46. ♖b2 ♖b6 47. ♖f1 ♗b8 48. ♖xb6 axb6 49.f6 g6 50. ♗g3 ♖e8 51. ♗b2 ♗d8 52.h5 ♗d7 53. ♗g2 g5



Da wären wir! Am Ende bestand der Sinn von AlphaZeros Bauernsturm am Königsflügel darin, die schwarzen Figuren einzukerkern ... und man kann durchaus sagen, dass es damit Erfolg hatte. Indem er vermied, g4-g5

zu spielen, hat Weiß die h-Linie geschlossen gehalten und den schwarzen Turm auf h8 nutzlos in der Ecke verhungern lassen. Weiß könnte sich nun eine Zigarette anzünden und entspannt zurücklehnen, da Schwarz kaum einen Zug hat. AlphaZeros nächster Zug ist etwas befremdlich, da er ein verzweifertes Figurenopfer erlaubt, das Schwarz etwas Luft zum Atmen gibt. Das

reicht jedoch nicht für Schwarz, um die unweigerliche Niederlage abzuwenden.

54. ♖c3 ♗xf6 **55.** exf6 ♕xf6 **56.** ♗f3 ♕d8 **57.** ♗b4 ♖g7 **58.** ♕e2 ♕c6 **59.** ♗b3 ♕d7 **60.** ♗d6 ♕a4 **61.** ♗xd8 ♗xd8 **62.** ♗xb6 ♖f8 **63.** ♖f2 ♗c8 **64.** ♗a6 ♕d7 **65.** ♗a7 ♖e8 **66.** ♕d3 ♗c3 **67.** ♖e2 ♖d8 **68.** ♖d2 ♗c7 **69.** ♗xc7 ♖xc7 **70.** ♖c3 ♕a4 **71.** ♖b4 ♕d1 **72.** ♕e2 ♕c2 **73.** ♗f1 **1:0**

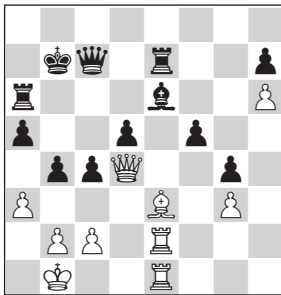
Abschnitt B – 0,00 und offene Linien

Unser nächstes Beispiel wird uns im Kapitel „Felderkomplexe derselben Farbe“ wiederbegegnen.

Partie: „Die Matrix“

AlphaZero Stockfish 8

London 2018



Fangen wir mit der Stellungseinschätzung an: es ist verrückt! Schwarz hat zwei Bauern mehr, aber eine Menge ernster Probleme:

1. Passive Figuren:
 - a) Der Damenturm muss auf a6 verharren, um das Eindringen der weißen Dame auf b6 oder a7 zu verhindern.
 - b) Der Läufer ist auf e6 festgenagelt, um das Eindringen der weißen Türme auf der e-Linie zu blockieren.
 - c) Zwei schwarze Schwerfiguren sind an die Verteidigung des Läufers auf e6 gebunden.
2. Verwundbarer König: Die gesamte Bauernstruktur von Schwarz besteht aus einer Menge von Löchern, was bedeutet, dass der schwarze König nirgendwo auf

dem Brett eine sichere Zuflucht findet. Der schwarze König muss sich bei seiner Verteidigung voll und ganz auf seine Figuren verlassen, da die Bauern bereits von zu Hause ausgerückt sind!

3. Weiße Einbruchsfelder: Durch den Vorstoß seines Randbauern nach h6 hat Weiß sich ein Einbruchsfeld mit ♔g7 verschafft (Weiß mag sogar Manöver wie ♜h1-h5-g5-g7! in Betracht ziehen). In Verbindung mit den auf der e-Linie verdoppelten Türmen, die den Läufer auf e6 angreifen, bereitet ♔g7 dem Schwarzen einige Sorgen.

Und trotz alledem ist Schwarz keineswegs verloren. Weiß verfügt über keinen simplen Weg, um die Stellung weiter zu öffnen. Am Damenflügel wäre ein Zug wie b2-b3 möglich, doch Weiß muss auch auf seine eigene Königssicherheit bedacht sein.

Ein typisches Vorgehen mit Weiß wäre, den König zum Königsflügel zu überführen – zum Beispiel nach g1 –, wonach es leichter fiele, die Bauern am Damenflügel vorzurücken. Doch dies müsste gut organisiert durchgeführt werden, und natürlich ist der Königsflügel – mit dem exponierten Bauern auf h6 – auch alles andere als völlig sicher! Einstweilen verfügt Schwarz über hinreichende Ressourcen, um sein ausgedehntes Territorium zu verteidigen.

Sehen wir, was die Engines denken:

| Houdini 6.02: Die drei Topvarianten nach einer Minute Rechenzeit | | Bewertung |
|--|---|------------------|
| Erste Variante | 55...♗e8 56.♕f4 ♖d7 57.♜g7 ♜c8 58.♖d4 ♜b7 | 0,00 |
| Zweite Variante | 55...bxa3 56.bxa3 c3 57.♞a1 ♜c4 58.♜f6 ♜f7 59.♜b1+ ♞a8 60.♜h8+ ♜c8 61.♜e5 ♜c7 62.♜h8+ ♜c8 | 0,00 |
| Dritte Variante | 55...♖d7 56.♕f4 ♗e8 57.♜g7 ♜c8 58.♖d4 ♜b7 | 0,00 |
| | | |
| Stockfish 8: Die drei Topvarianten nach einer Minute Rechenzeit | | Bewertung |
| Erste Variante | 55...bxa3 56.bxa3 f4 57.gxf4 ♕f7 58.♕g1 ♗e2 59.♗e2 c3 60.f5 ♜c8 61.♞a1 ♜c4 62.♗e7 ♜f6 63.♜xf6 ♜f1+ 64.♞a2 ♜c4+ 65.♞a1 | 0,00 |
| Zweite Variante | 55...♗e8 56.♕f4 ♖d7 57.♜g7 ♜c8 58.♜e5 ♜b6 59.a4 ♜b7 60.♜g7 ♗e7 61.♜f8 ♗e8 62.♜f6 ♖d7 63.♜f8 | 0,00 |
| Dritte Variante | 55...♖d7 56.♕d2 bxa3 57.bxa3 ♞a8 58.♞a2 ♜c8 59.♕f4 ♜b7 60.♜f6 ♜bb6 61.♕e3 ♜b7 62.♕f4 | 0,00 |
| | | |
| Stockfish 9: Die drei Topvarianten nach einer Minute Rechenzeit | | Bewertung |
| Erste Variante | 55...♖d7 56.♕d2 ♗e8 57.axb4 axb4 58.♕xb4 ♗e8 59.♞c1 ♜c8 60.♗e3 ♜c7 61.♞b1 ♖a4 62.♕a3 ♖d7 63.♕b4 | 0,00 |
| Zweite Variante | 55...♗e8 56.♕f4 ♖d7 57.♜g7 ♜c8 58.♜e5 ♜b6 59.axb4 axb4 60.b3 ♜b7 61.♜g7 ♗e7 62.♜f8 ♗e8 63.♜g7 | 0,00 |
| Dritte Variante | 55...bxa3 56.bxa3 c3 57.♞a1 ♜c4 58.♜f6 ♜f7 59.♜b1+ ♞a8 60.♜h8+ ♜c8 61.♜e5 ♜b7 62.♜xb7 ♜xb7 63.♜xc3 ♜c6 64.♜xa5+ ♜a6 | 0,00 |
| | | |
| Komodo 11.2.2: Die drei Topvarianten nach einer Minute Rechenzeit | | Bewertung |
| Erste Variante | 55...bxa3 56.bxa3 ♞a8 57.♞a2 ♜c8 58.♕f4 c3 59.♜b1 ♜b7 60.♜xb7 ♜xb7 61.♜h8+ ♞a7 62.♖d4+ ♜b6 63.♜g7+ ♜b7 64.♖d4+ | 0,00 |
| Zweite Variante | 55...♖d7 56.♕f4 ♗e8 57.♗e3 ♞a8 58.♜g7 ♗e7 59.♜e5 ♗e8 60.♖d4 ♜b7 61.♜f6 ♖d7 62.♗d1 ♜c6 63.♗de1 ♜c8 64.♖d4 ♜b7 | 0,00 |
| Dritte Variante | 55...♗e8 56.♕f4 ♖d7 57.♗e3 ♞a8 58.♜g7 ♗e7 59.♜e5 ♗e8 60.♖d4 ♜b7 61.♜f6 ♖d7 62.♗d1 ♜c6 63.♗de1 ♜c8 64.♖d4 ♜b7 | 0,00 |
| | | |
| Komodo 11.3.1: Die drei Topvarianten nach einer Minute Rechenzeit | | Bewertung |
| Erste Variante | 55...bxa3 56.bxa3 ♞a8 57.♞a2 ♜c8 58.♕f4 c3 59.♜b1 ♜b7 60.♜xb7 ♜xb7 61.♜h8+ ♞a7 62.♖d4+ ♞a8 | 0,00 |
| Zweite Variante | 55...♖d7 56.♕f4 ♗e8 57.♗e3 ♞a8 58.♜g7 ♗e7 59.♖d4 ♜c8 60.♗e6 ♗exe6 61.♜xd5+ ♞a7 62.♕e3+ ♜b8 63.♕f4 ♞a7 | 0,00 |
| Dritte Variante | 55...♜c8 56.♕g5 ♜c7 57.a4 ♞a8 58.♗e5 ♜b7 59.♕f4 ♜c6 60.♗e2 ♗e7 61.♕g5 ♜b7 62.♗e5 ♜bb6 63.♕e3 ♜b7 64.♕f4 ♗d6 | 0,00 |

Einmal mehr habe ich aus all diesen Varianten die wichtigsten Informationsbrocken herausgezogen:

1. Die Engines schätzen zwei grundlegend verschiedene Optionen auf dieselbe Weise ein: nämlich die Öffnung des Damenflügels mit 55...bxa3 wie auch das Geschlossenhalten des Damenflügels mit 55...♔d7 oder 55...♖e8.
2. Stockfish hat etwas Konkretes gegen 55...bxa3 56.bxa3 in petto.
3. Keine der Engines erkannte AlphaZeros (phänomenale) aktive Idee 56.♕a2 in Antwort auf 55...bxa3 (siehe das Kapitel „Felderkomplexe derselben Farbe“, wo diese fantastische Idee gründlich beleuchtet wird).

Einmal mehr waren die Ergebnisse nach sechs Stunden tiefer Analyse ganz ähnlich: Die Hauptvariante wurde sowohl von Stockfish 9 wie auch von Komodo 11.3.1 mit 0,00 bewertet, während Houdini sich mit -0,14 dem Trend ein wenig widersetzte.

Beginnen wir mit dem letzten Punkt. AlphaZeros Antwort auf Stockfishs 55...bxa3 in der Partie (56.♕a2) hat mich völlig vom Sockel gehauen; es ist also nicht so sonderlich bemerkenswert, dass Engines eine solche Idee nicht binnen einer Minute Rechenzeit finden. Der erste Punkt hat mich jedoch sehr verblüfft. Die Engines ziehen zwei grundverschiedene Spielansätze in Betracht: 55...bxa3 öffnet auf der Suche nach Gegenspiel gegen den weißen König den Damenflügel, legt aber auch Linien gegen den schwarzen König frei: es ist eine

hochriskante Fortsetzung. 55...♖e8 und 55...♔d7 halten den Status quo aufrecht und überlassen Weiß die Beweislast, einen Weg zu finden, wie man die schwarze Stellung aufbrechen kann – dies sind die konservativen Optionen.

Ist es nicht erstaunlich, dass die Engines zwei so radikal verschiedene Ansätze für gleichwertig erachten?

Die weiße Kompensation für die zwei Bauern wird durch die enorme Aktivität, die Passivität der schwarzen Figuren sowie die Verwundbarkeit des schwarzen Königs gewährleistet. Aus menschlicher Sicht ist es schwer zu glauben, dass Schwarz in solch einer Situation einen so großen Handlungsfreiraum haben soll! Mit Blick auf die Sichtweise einer Engine fragt man sich, ob folgende zwei Dinge passieren können:

1. Eine Engine könnte die Stellung eine Zeitlang geschlossen halten und sich dann unvermittelt für die Öffnung entscheiden: Wenn alles gleich ist, welchen Unterschied macht es dann schon?
2. Eine Engine könnte riskant spielen und ihrem Gegner die Chance geben, ein Loch bzw. eine unerwartete Ressource in einer auf Kante genähten Analyse zu finden – anstatt die Räume eng zu machen und den Gegner zu zwingen, einen Durchbruch zu finden.

Und das ist in der Tat, was in der Partie geschehen ist: Bei dem riskanten 55...bxa3 hat Stockfish eine konkrete Idee im Hinterkopf, mit welcher es das mit der Öffnung der b-Linie gegen den eigenen König verbundene Risiko zu rechtfertigen

glaubt. AlphaZero betrachtet die Position jedoch mit einer auf Angriff gerichteten Einstellung: das Material kümmert nicht beim Bestreben, zusätzlich zur totalen Kontrolle über die Diagonale a7-g1 noch eine gegen den feindlichen König gerichtete offene Linie zu bekommen. Dazu das unbändige Verlangen, maximale Aktivität zu entfalten und zugleich jegliche gegnerische Aktivität völlig zu vereiteln. Diese Einstellung versetzt es in die Lage, eine unerwartete Ressource aufzuspüren. Die Partie ist damit noch längst nicht zu Ende – tatsächlich fällt AlphaZeros Bewertung sogar ein wenig von 62,9% nach 55. ♕e3 auf 60,0% nach 56. ♖a2, wo sie auch bis zu 67. ♕g1 verweilt, von wo an sie dann bis

zum Ende beständig steigt. Doch in jedem Fall stellt 56. ♖a2 sicher, dass Stockfish nicht das konkrete, forcierte Spiel erhält, nach welchem es beim Schlagen auf a3 Ausschau gehalten hatte. Und es gestaltet damit die Verteidigungsaufgabe sehr viel gefährlicher.

Aus meiner Perspektive und nachdem ich gesehen habe, was passiert, wenn AlphaZero offene Linien bekommt, hätte ich immer solide Züge wie 55... ♔d7 oder 55... ♚e8 vorgezogen. Mit Stockfish auf der schwarzen Seite ist zwar nach 55... bxa3 noch nichts entschieden. Doch AlphaZero ist in seinem Element. Der Rest der Partie ist ausgiebig kommentiert im Kapitel „Felderkomplexe derselben Farbe“ zu finden.

Abschnitt C – 0,00 und ruhige Stellungen

Die nachfolgende Partie zeigt einen weiteren epischen Kampf. Unglückseligerweise schien AlphaZero seine Stellung zwischen-durch ein wenig zu sehr zu genießen, so dass es von unmittelbaren Aktionen absah, was die Partie recht lang geraten ließ! Wir analysieren die Partie im Kapitel „Stützpunkte“ eingehend, so dass wir uns hier auf die wichtigsten Ereignisse beschränken.

Wir beginnen mit einer Serie von Stellungsbildern aus der Partie. Stockfish ist Weiß, AlphaZero ist Schwarz. Bei jeder Stellung stellen wir uns die folgenden Fragen:

1. Hat jemand Fortschritte gemacht? Wenn ja, wer?
2. Wie ist AlphaZeros Stellungsbewertung?
3. Wie sind die Bewertungen von Stockfish 8, Stockfish 9 und Houdini 6.02?

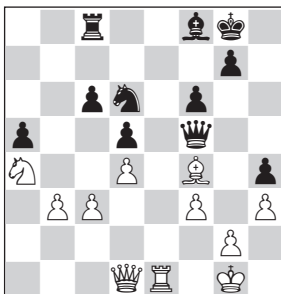
Partie: „Die Linie, die wirklich zählt“

Stockfish 8

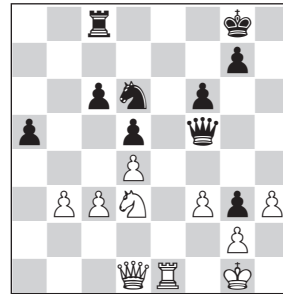
AlphaZero

London 2018

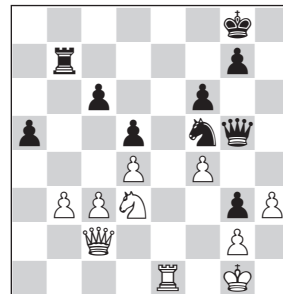
Nach dem 36. Zug von Schwarz:



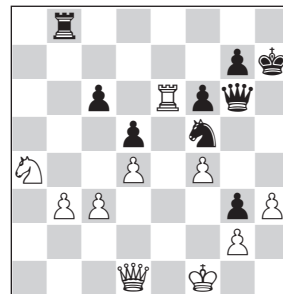
Nach dem 41. Zug von Schwarz:



Nach dem 70. Zug von Weiß:



Nach dem 75. Zug von Schwarz:



Was meinen Sie? Dies waren unsere Ergebnisse:

[siehe die Tabelle auf der nächsten Seite]

| | |
|---------------------------------|---|
| Zug | 36 |
| Menschliche Einschätzung | Die Stellung ist ausgeglichen. |
| Houdini 6.02 | 0,00 (erste drei Linien) |
| Stockfish 8 | 0,00 (erste drei Linien) |
| Stockfish 9 | 0,00 (erste drei Linien) |
| AlphaZero | Ein Erwartungswert von 53,4% für Schwarz |
| | |
| Zug | 41 |
| Menschliche Einschätzung | Das Geschehen hat sich zugunsten von Schwarz entwickelt. Weiß trägt das größere Risiko, da der Bauer g3 den weißen König in seiner Bewegungsfreiheit einschränkt. |
| Houdini 6.02 | 0,00 (erste drei Linien) |
| Stockfish 8 | 0,00 (erste drei Linien) |
| Stockfish 9 | 0,00 (erste drei Linien) |
| AlphaZero | Ein Erwartungswert von 59,8% für Schwarz |
| | |
| Zug | 70 |
| Menschliche Einschätzung | Schwarz ist klar obenauf nach dem schrecklichen Zug 70.f4, der dem Gegner das Feld e4 überlasst und die Diagonale c1-h6 versperrt (was dem gegnerischen König ein sicheres Feld auf h6 gibt). |
| Houdini 6.02 | 0,00 (erste drei Linien) |
| Stockfish 8 | 0,00 (erste drei Linien) |
| Stockfish 9 | 0,00 (erste drei Linien) |
| AlphaZero | Ein Erwartungswert von 63,2% für Schwarz |
| | |
| Zug | 75 |
| Menschliche Einschätzung | Ich habe eine Weile gebraucht, um das Bauernopfer 74...a4 zu verstehen, denke aber, dass es sehr stark war. Weiß scheint so überdehnt (aufgrund des schwachen Zuges 70.f4), dass er zwangsläufig einen Bauern verliert. |
| Houdini 6.02 | 0,00 (erste drei Linien) |
| Stockfish 8 | 0,00 (erste drei Linien) |
| Stockfish 9 | -0,68 in der ersten Linie, mit einer Variante, die AlphaZeros Fortsetzung ähnlich ist |
| AlphaZero | Ein Erwartungswert von 67,7% für Schwarz |

Wie hieraus zu folgern, war mein Gefühl beim Nachspielen dieser Partie, dass Schwarz beständig Fortschritte erzielte. Ich spürte zwar, dass AlphaZero stark spielte, hatte aber auch das Gefühl, dass die Fortschritte durch unnötige Zugeständnisse seitens Stockfish zustande kamen. Auch wenn die Stellungen nach Zug 41 (als Schwarz den weißen König mit dem Bauern auf g3 auf der Grundreihe festgenagelt hatte) und Zug 70 (womit Weiß das Feld e4 dem schwarzen Springer überlassen hatte) objektiv ausgeglichen sein sollten (was ich bezweifle), birgt die weiße Stellung doch wesentlich größere Risiken als bei Zug 36 (wo mir AlphaZeros Vorliebe für Schwarz doch mehr Prahlerei als objektiver Tatbestand zu sein schien). Interessanterweise war Stockfish 9 der Erste, der merkte, dass es in Probleme gerät (obgleich auch ein wenig zu spät).

Ich hatte eine Weile über diese Niederlage von Weiß nachgedacht, da ich nicht recht glauben mochte, dass AlphaZero imstande sei, Stockfish aus einer solch ausgeglichenen Stellung heraus zu besiegen. Es war erstaunlich, dass eine weitere Engine von übermenschlicher Stärke Stockfishs Einschätzung der Stellung haargenau teilte. Irgendwie hatte ich das Gefühl, dass die Bewertung so vieler verschiedener Varianten mit 0,00 Stockfish vom Weg abbringen ließ und es womöglich dazu brachte, aus den angebotenen „ausgeglichenen“ Varianten die schwächeren herauszupicken. Doch das schien noch nicht alles zu sein. Beim Blick auf die

Hauptvarianten von Stockfish und Houdini kam mir plötzlich in den Sinn, dass AlphaZero etwas Außergewöhnliches getan haben könnte.

Houdini sowie Stockfish 8 und 9 erwarten von Schwarz die ganze Partie über, dass er um die einzige offene Linie auf dem Brett – die e-Linie – kämpfen würde, was zu einem Abtausch der Türme sowie – aufgrund des reduzierten Materials – zu einer Verringerung der Gefahren für den weißen König führen würde. Doch genau dies ist das Letzte, was AlphaZero täte; in der Annahme, dass es später in der Partie die Türme sehr gut anderswo gebrauchen könnte (es wird später mit ...a5-a4 den a-Bauern opfern, um eine weitere offene Linie zu schaffen). In unserem Kapitel „AlphaZeros Stil – man trifft sich in der Mitte“ stellen wir die Vermutung auf, dass sich das „autodidaktische“ AlphaZero leichter damit tun könnte, allgemeine Regeln zu brechen (wenn dies angemessen und gut ist) als handgefertigte Engines wie Stockfish, und hier mag ein solcher Fall vorliegen.

Ich glaube, Stockfishs 0,00-Bewertung beruht zu großen Teilen auf seiner Beherrschung und Kontrolle der e-Linie (mitsamt dem Zugang zu dem vorgerückten Stützpunkt e6 auf dieser Linie), und dies trübt seine Aufmerksamkeit bezüglich der Zugeständnisse, die es macht. Für mich liegt der Grund für Stockfishs Niederlage irgendwo in dieser Gegend. AlphaZero war imstande, eine nützliche allgemeine Regel (die Besetzung einer offenen Linie) in einer konkreten Situation beiseitezulegen, augenscheinlich

mit weitem Vorausblick für das, was in der Partie geschehen könnte (ich vermute, stark getrieben von der eingegengten weißen Königsstellung nach 41...hxg3). Stockfish scheint hingegen unablässig von einem Tausch der Türme ausgegangen zu sein, was die Gefahren seiner Stellung minimiert hätte, und wurde hierdurch auf dem falschen Fuß erwischt. Schließlich musste es Zugeständnisse machen, die sich mit den Türmen auf dem Brett als sehr schmerzhaft erwiesen.

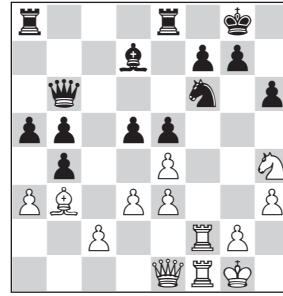
Der wesentliche Punkt dieser Beobachtungen ist, dass Stellungen mit 0,00 nicht nur im Computerschach vorkommen: Die Bewertung 0,00 tritt recht häufig bei der Engineanalyse komplizierter menschlicher Gefechte zutage, oder bei der Vorbereitung auf einen anstehenden Gegner. Der folgende mitreißende Kampf vom 2018er Kandidatenturnier in Berlin ist ein typisches Beispiel:

Wladimir Kramnik 2800
Levon Aronjan 2794

Kandidatenturnier Berlin 2018 (10)

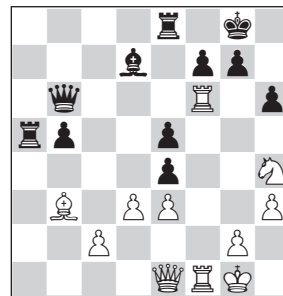
1.e4 e5 2.♘f3 ♘c6 3.♙c4 ♙c5 4.♘c3 ♘f6 5.d3 a6 6.♘d5 ♘xd5 7.♙xd5 d6 8.♙e3 ♙xe3 9.fxe3 0-0 10.0-0 ♘b8 11.b4 ♘d7 12.♚d2 c6 13.♙b3 a5 14.a3 ♘f6 15.h3 h6 16.♞ab1 b5 17.♚c3 ♙d7 18.♞f2 ♚b6 19.♞e1 ♞fe8 20.♘h4 c5 21.♞ef1 cxb4 22.♚e1 d5

Nach einer ruhigen Eröffnung von Kramnik führt Aronjans ehrgeiziges Spiel am Damenflügel zur Eskalation.



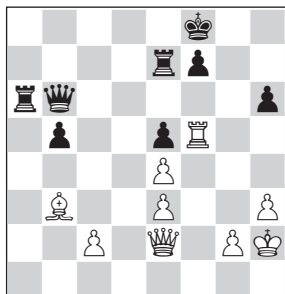
Auffällig war, dass die Online-Bewertungen der Computer die ganze Partie über – bis zu Aronjans Schnitzer 36...♚c7 – bei 0,00 oder nahe daran standen. Zunächst einmal ließ ich all meine Engines sich für zwölf Stunden über die Stellung nach dem 23. Zug vertiefen, und fragte anschließend AlphaZero nach seiner Meinung. Die Ergebnisse waren sehr aufschlussreich.

23.axb4 dxe4 24.bxa5 ♞xa5 25.♘g6 Kramniks Zug wird von AlphaZero nicht ernsthaft in Betracht gezogen. Es konzentriert sich stattdessen auf 25.dxe4 sowie auf das unmittelbare Qualitätsoffer auf f6. Die Mehrzahl meiner Engines folgt nach stundenlanger Analyse AlphaZeros Ansatz. 25.♞xf6.



Mit einer Gewinnerwartung von 62,8% für Weiß gespielt. 25...gxf6 26.dxe4 ♔f8 (26...♞a6 27.♔h2 ♔f8 leitet zur Hauptvariante über; 26...♞a7 über die Zugfolge 25.dxe4

♖a7 26. ♜xf6 gxf6 ist Stockfishs Wahl nach sechs Stunden Analyse:
 27. ♜f3 ♘f8 28. ♖b4+ ♗e7 29. ♙d5 ♘e8
 30. ♘h2 ♖a6 31. ♖e1 ♗c5 32. ♗g3 ♘f8
 33. ♖f2, was es mit 0,00 einschätzt!)
 27. ♘h2 ♖a6 28. ♖e2 f5 (28... ♗e7 29. ♖f3
 ♗d6, und hier endet AlphaZeros Variante mit einer Gewinnerwartung von 62,9% für Weiß) 29. ♗xf5 ♙xf5
 30. ♜xf5 ♗e7,



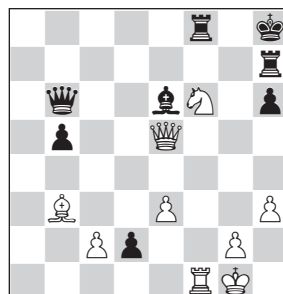
und der letzte Zug von AlphaZeros Variante endet mit einer Gewinnerwartung von 61,9% für Weiß. Der Vergleich der Analysen dieser starken Engines mit der von AlphaZero bringt zutage, dass das „Rohmaterial“ – die Ideen – in dieser Stellung praktisch identisch ist, doch die Bewertung sich signifikant unterscheidet. Aus den Einschätzungen der Engines würde ich schließen, dass die Stellung einfach ausgeglichen sei und Versuche sich nicht lohnten; AlphaZeros Bewertung hingegen ermutigt Weiß definitiv, sich auf diese Variante einzulassen. Wer hat nun Recht? Während ich mir gut vorstellen könnte, dass das korrekte Ergebnis bei bestem Spiel ein Remis ist, denke ich doch, dass AlphaZeros Einschätzung das beiderseitige Chancenverhältnis nach dem Qualitätsopfer besser widerspiegelt: die weiße



Wladimir Kramnik: ein mitreißendes Duell mit Levon Aronjan beim Berliner Kandidatenturnier.

Königsstellung ist uneinnehmbar und es gibt für Schwarz kaum Chancen auf Gegenspiel, während Weiß seine Figuren umherziehen, Raum gewinnen und darauf hoffen kann, einen Fehler auszunutzen, der Schwarz mit seinen schwachen Bauern, dem offenen König und den etwas passiven Schwerfiguren leicht einmal unterläuft.

**25... ♙e6 26. ♗xe5 exd3 27. ♜xf6 gxf6
 28. ♜xf6 d2 29. ♖g3+ ♘f8 30. ♖f1 ♖a7
 31. ♗g6+ ♘g7 32. ♗f4+ ♘h8 33. ♗h5
 f6 34. ♗xf6 ♖f8 35. ♖f4 ♗h7 36. ♖e5**



36... ♖c7

Es ist sehr schade, dass eine mit solchem Einfallsreichtum beider

Akteure gespielte Partie mit einem groben Schnitzer endet.
 Zwar ist die Lage äußerst angespannt für Schwarz, doch der folgende Enginevorschlag behauptet eine Bewertung von – ja, Sie haben es erraten – 0,00! 36...♖g7 37.♙xe6 ♔c6

38.e4 ♗g5 39.♘d7+ ♖xe5 40.♗xf8+ ♚h7 41.♗f7+ ist eine Beispielvariante für ein Remis durch Dauerschach, die mir sehr gefällt!

37.♘e8+ 1:0

... war der dramatische Abschluss.

Abschnitt B – Wie spielt AlphaZero?

In diesem Abschnitt beschreiben wir – auf Grundlage unserer Beobachtungen und Analysen der Partien –, wie AlphaZero nun tatsächlich spielt.

Hier vorweg die Hauptpunkte, die wir in den kommenden Abschnitten noch vertiefen, aufgeteilt in B1 – AlphaZeros Spiel im Mittelspiel, und B2 – AlphaZeros Eröffnungsspiel.

1. AlphaZero nimmt gern den gegnerischen König ins Visier.
2. AlphaZero vermeidet gern Gefahren für den eigenen König.
3. AlphaZero stellt sicher, dass die Situation im Zentrum stabil ist, bevor es die eigene Struktur am Königsflügel schwächt, um Linien gegen den gegnerischen König zu öffnen.
4. Bevor AlphaZero einen Flügelangriff vom Stapel lässt, stellt es stets sicher, dass es entweder selbst das Zentrum kontrolliert, oder aber dass das Zentrum so stabil oder festgelegt ist, dass der Gegner dort kein Gegenspiel initiieren kann.
5. AlphaZero scheut sich nicht, in einer frühen Spielphase Material zu opfern (in der Regel einen oder zwei Bauern), um Linien oder Diagonalen gegen den gegnerischen König zu öffnen.
6. AlphaZero hält danach Ausschau, eine auf den gegnerischen König gerichtete offene Linie mit einer offenen Diagonale zu ergänzen.
7. AlphaZero liebt es, mit ungleichfarbigen Läufern anzugreifen.
8. AlphaZero macht großartige Stützpunkte für seine Springer aus und scheut sich auch nicht, Material zu opfern, um Zeit für den Transfer dorthin zu gewinnen.
9. AlphaZero zeichnet sich durch Flügelangriffe gegen den gegnerischen König bei festgelegtem Zentrum aus.
10. AlphaZero gewinnt Partien häufig dadurch, dass es einige gegnerische Figuren passiv stellt und dann dessen aktive abtauscht.
11. AlphaZero verteidigt sich, indem es Verwirrung stiftet und taktische Motive ins Geschehen einführt.
12. AlphaZero scheut sich nicht, die Besetzung offener Linien herauszuschieben, wenn es glaubt, es könne andernorts eine Linie gegen den feindlichen König öffnen.
13. AlphaZero hält stets nach Möglichkeiten Ausschau, die Bewegungsfreiheit des gegnerischen Königs einzuschränken. Es baut diesen Faktor sowohl in seine Mittelspiel- wie auch seine Endspielpläne ein.
14. AlphaZero hat stets ein wachsames Auge dafür, um auf Königsangriff umzuschalten. Wenn die gegnerischen Figuren Koordinationsschwächen haben, wird es so rasch wie möglich Handlungen am Königsflügel einleiten.

B1 – AlphaZeros Spiel im Mittelspiel

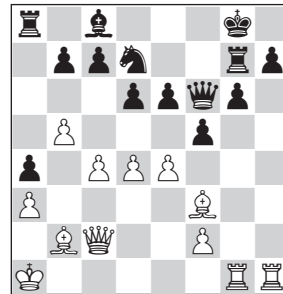
AlphaZeros Spielstil ist der Angriff. Um es genauer zu fassen, beeinflusst der Standort des gegnerischen Königs – in den Spielen gegen Stockfish – typischerweise der Königsflügel – ganz wesentlich AlphaZeros Focus während der Partie.



13...♖d7 14.♙e2 ♜f6 15.♙b2 ♜h4
16.♞g4 ♜xh2 17.♞g3 f5 18.0-0-0 ♞f7
19.♙f3 ♜h4 20.♞h1 ♜f6 21.♙b1 g6
22.♞gg1 a4 23.♙a1 ♞g7 24.e4

Der AlphaZero-Stil

1. AlphaZero nimmt gern den gegnerischen König ins Visier. Die denkwürdigsten Partien des Zweikampfes wurden am Königsflügel entschieden. So ist etwa die Partie „Genau so muss man angreifen“, die im Kapitel Felderkomplexe derselben Farbe analysiert wird, ein wundervolles Beispiel für das konzertierte Vorgehen gegen einen gegnerischen König. Mit einem Bauernopfer im 10. Zug wurde ein Angriff eingeleitet, der sich dann über weitere 35 Züge erstreckte.



24...f4 25.c5

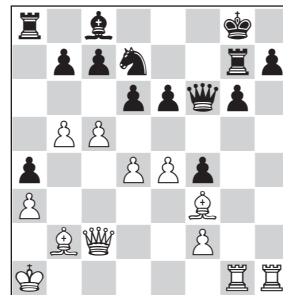
Hier diese Partie mit ein paar ausgewählten Diagrammen.

Partie: „Genau so muss man angreifen“

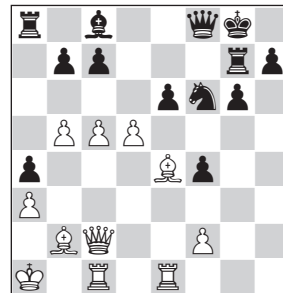
AlphaZero Stockfish 8

London 2018

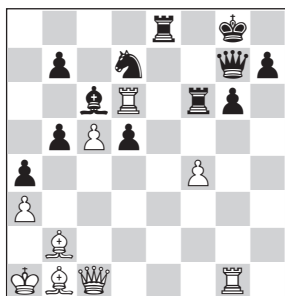
1.♘f3 ♘f6 2.c4 e6 3.♘c3 ♙b4 4.♜c2
0-0 5.a3 ♙xc3 6.♜xc3 a5 7.b4 d6 8.e3
♘e4 9.♜c2 ♘g5 10.b5 ♘xf3+ 11.gxf3
♜f6 12.d4 ♜xf3 13.♞g1



25...♜e7 26.♞c1 ♘f6 27.e5 dxe5
28.♞he1 e4 29.♙xe4 ♜f8 30.d5



30...exd5 31. ♖d3 ♗g4 32.f3 ♗d7
 33. ♖c3 ♘h5 34. ♜e5 c6 35. ♞ce1 ♘f6
 36. ♖d4 cxb5 37. ♗b1 ♗c6 38. ♜e6 ♜f7
 39. ♜g1 ♖g7 40. ♖xf4 ♜e8 41. ♞d6
 ♘d7 42. ♖c1 ♜f6 43.f4



Man könnte meinen, dass dem Weißen nach dieser Serie von Opfern die Bauern ausgegangen sein sollten. AlphaZero wirft nun seinen letzten Königsflügelbauern in die Waagschale, um eine weitere Einheit in den Kampf zu schicken und damit schließlich den schwarzen Widerstand zu brechen. Man sehe, wie zielstrebig es alle Kräfte auf den schwarzen Königsflügel konzentriert hat.

43... ♖e7 44. ♜xf6 ♘xf6 45.f5 ♖e3

Es gelingt Stockfish, den Angriff um den Preis einer Figur zu brechen, doch derweil verliert er selbst auch zu viele Bauern. Weiß steht auf Gewinn.

46.fxg6 ♖xc1 47.gxh7+ ♘f7 48. ♜xc1 ♘xh7 49. ♗xh7

Und Weiß gewann im 67. Zug.

Ein logisches Gegenstück zu AlphaZeros Aufmerksamkeit für den gegnerischen König ist sein Bewusstsein für die Sicherheit des eigenen Königs. Es kommt selten vor, dass AlphaZeros König im Mittelspiel gefährlich exponiert steht.

Der AlphaZero-Stil

2. AlphaZero vermeidet gern Gefahren für den eigenen König.

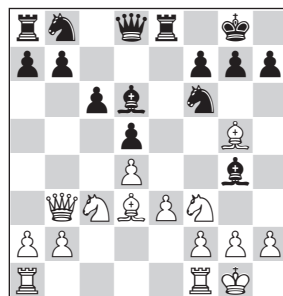
AlphaZero ist indes äußerst flexibel. Es wird seine Bedenken bezüglich der eigenen Königssicherheit zurückstellen, falls sich nur so die Möglichkeit ergibt, den gegnerischen König zu attackieren! Dies ist eines der vielen Beispiele, in denen AlphaZero es erlaubt – ja, sogar ermutigt –, dass seine Struktur am Königsflügel beschädigt wird, um Linien gegen Stockfishs König zu öffnen.

Partie: „AlphaZeros neuer Spielansatz im Karlsbader“

AlphaZero Stockfish 8

London 2018

1.d4 ♘f6 2.c4 e6 3. ♘c3 d5 4.cxd5
 exd5 5. ♗g5 c6 6.e3 ♗d6 7. ♗d3 0-0
 8. ♘f3 ♜e8 9.0-0 ♗g4 10. ♖b3



Verlockt Schwarz dazu, die weißen Königsflügelbauern zu verdoppeln – eine Versuchung, der Stockfish dann einen Zug später nachgibt.

10... ♘a6 11. ♜fe1 ♗xf3 12.gxf3



12...♖b8 13.♔d1 ♘c7 14.f4 ♕e7
 15.♗f3 ♘d7 16.♕xe7 ♖xe7 17.♗h3
 ♘f6 18.♔h1 ♔d7 19.♕f5 ♔d6 20.♖g1
 ♔h8 21.♕d3 ♖g8 22.♗h4 ♘ce8
 23.♖g5 h6 24.♖ag1



AlphaZeros Plan ist perfekt aufgegangen: die durch 11...♕xf3 geöffnete g-Linie hat sich zu einem großartigen Angriffskanal für Weiß gemauert. AlphaZero gewann bald einen Bauern und brachte die Partie in 89 Zügen heim.

Wie zu sehen, ist AlphaZero bereit, den Schutz um seinen eigenen König zu lockern, um Linien gegen den gegnerischen König zu öffnen; doch dies geschieht stets wohlwogen und mit einer gehörigen Portion Vorsicht. Wenngleich das Wiederschlagen mit g2xf3 die weiße Königsstellung schwächt, nimmt es auch zentrales Territorium unter Kontrolle – in Form des Feldes e4 – und hält Schwarz so davon ab, dieses

Feld (beispielsweise mit ...♘e4) als Basis für Operationen gegen den weißen Königsflügel zu nutzen. AlphaZero stellt sicher, dass die Situation im Zentrum äußerst stabil ist.

Der AlphaZero-Stil

3. AlphaZero stellt sicher, dass die Situation im Zentrum stabil ist, bevor es die eigene Struktur am Königsflügel schwächt, um Linien gegen den gegnerischen König zu öffnen.

Dies ist das erste Mal, dass ich das Zentrum erwähne, doch es wird nicht das letzte Mal sein. AlphaZero führt viele großartige Flügelattacken durch (insbesondere gegen den gegnerischen König), doch niemals ohne hinreichende Stärke im Zentrum. Dies kann eine blockierte oder stabile zentrale Bauernstruktur sein, oder eine Zentrumsstruktur, bei der wenig passieren kann.

Der AlphaZero-Stil

4. Bevor AlphaZero einen Flügelangriff vom Stapel lässt, stellt es stets sicher, dass es entweder selbst das Zentrum kontrolliert, oder aber dass das Zentrum so stabil oder festgelegt ist, dass der Gegner dort kein Gegenspiel initiieren kann.

Im Bezug auf Angriffstechniken können wir einige starke Tendenzen in AlphaZeros Spiel festmachen:

- Material wird geopfert, um Linien oder Diagonalen gegen den gegnerischen König zu öffnen

Materielle Opfer kommen in AlphaZeros Partien regelmäßig vor (wir haben in diesem Kapitel bereits einige gesehen). Das bemerkenswerteste Kennzeichen der Opfer von AlphaZero ist, dass diese

langfristiger Natur sind. Es gibt kein unmittelbares Matt oder forcierte Sequenzen zum Rückgewinn von Material. AlphaZero glaubt an den langfristigen Wert offener Linien und Diagonalen, die auf den gegnerischen König zielen, und es ist gewillt, für diese Vorzüge Material herzugeben.

Der AlphaZero-Stil

5. AlphaZero scheut sich nicht, in einer frühen Spielphase Material zu opfern (in der Regel einen oder zwei Bauern), um Linien oder Diagonalen gegen den gegnerischen König zu öffnen.

- offene Linie gegen den gegnerischen König + offene Diagonale gegen den gegnerischen König + eingegengter gegnerischer König = Vorteil

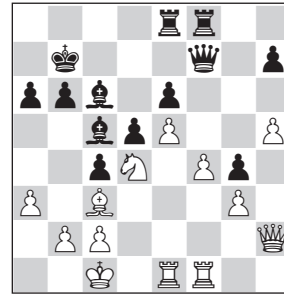
Wir werden viele Beispiele sehen, in denen AlphaZero einem festen Schema zu folgen scheint, um die gegnerische Stellung unter Druck zu setzen. Im Grunde handelt es sich auch hier um eine langfristige Stellungseinschätzung: wenn AlphaZero eine auf den gegnerischen König gerichtete offene Linie und eine ebensolche Diagonale hat und der gegnerische König in der „Todeszone“ festhängt, wie der dänische GM Jacob Aagaard diese so einprägsam benannt hat, dann geht AlphaZero davon aus, dass es auch irgendeinen Weg durch die Befestigungen finden wird.

Und wenn man einen Blick auf die Ergebnisse wirft, kann man dem nicht widersprechen:

Partie: „Die Matrix“

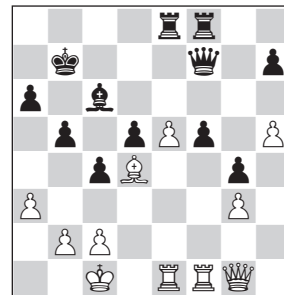
AlphaZero Stockfish 8

London 2018



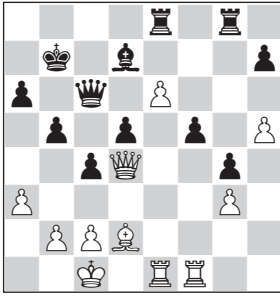
Diese brillante Partie zeigt wundervoll, wie zielstrebig AlphaZero beim Öffnen von Linien und Diagonalen gegen einen in die Enge getriebenen König vorgeht. Den Auftakt macht ein Hebel am Königsflügel.

38.f5 ♖xd4 39.♗xd4 exf5 40.♔g1 b5



Damit wäre ein schwache Diagonale, nämlich g1-a7, in unmittelbarer Nähe des schwarzen Königs geschaffen. AlphaZero manövriert seine Dame vor den Läufer, um die Schwäche der Diagonale maximal auszunützen.

41.♗c5 ♖g8 42.♔d4 ♔e6 43.♗b4 ♗d7 44.♗d2 ♔c6 45.e6



Die Kontrolle der Diagonale g1-a7 allein wird nicht für den Partiegewinn reichen. AlphaZero will auch eine offene Linie haben. Das zweite Bauernopfer öffnet die e-Linie, auf welcher es seine Türme verdoppeln wird.

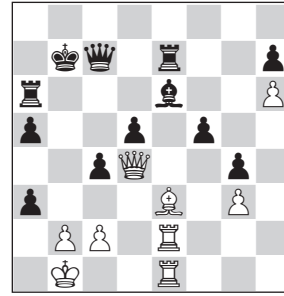
**45... ♖xe6 46. ♙e3 ♜a8 47. ♙f2 a5
48. ♜e2 ♜a6 49. ♜fe1 ♜e8 50.h6 ♚d7
51. ♚g7 ♜e7 52. ♚f6 b4 53. ♚d4 ♚d6**



Stockfish ist es gelungen, die e-Linie zu verbarrikadieren sowie einige Einbruchsfelder der weißen Dame auf der Diagonalen g1-a7 (a7 und b6) zu überdecken, zum Preis einer reichlich passiven Figurenstellung. AlphaZero manövriert weiter, und Stockfish erspürt eine Chance, zu einer aktiven Verteidigung überzugehen.

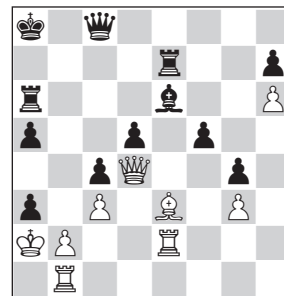
54. ♘b1 ♚c7 55. ♙e3 bxa3

Die b-Linie zu öffnen ist eine sehr riskante Entscheidung – und genau das, was AlphaZero will. Doch Stockfish hat eine taktische Idee.



Es wollte 56.bxa3 mit 56...f4 erwidern, mit Blick auf 57. ♙xf4 ♚b6+, wonach der Damentausch die schwarze Verteidigung sehr erleichtern würde. AlphaZero ist jedoch willens und in der Lage, alles zu tun, um die Damen auf dem Brett zu halten.

56. ♘a2 ♘a8 57. ♚b1 ♚c8 58.c3



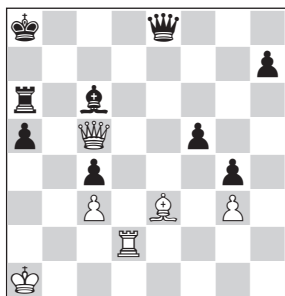
Eine wundervolle Zugfolge: 58... axb2 kann nun mit 59. ♜exb2 beantwortet werden, und wie von Zauberhand wären die weißen Türme auf der frisch geöffneten b-Linie verdoppelt! Und Stockfish hatte keine Möglichkeit, ...c4-c3 nebst ...♚c4+ einzuschieben (56...c3 wäre mit 57.b3 beantwortet worden, wonach der schwarze Bauer c3 rasch unter Feuer geraten würde).

58... ♜b7 59.bxa3 ♜b3 60.a4

Verhindert, dass Schwarz seinen Turm mit 60...a4 verankert. Die nächsten Züge sind sehr schwer nachzuvollziehen, doch AlphaZero geht unbeirrt seinen Weg und

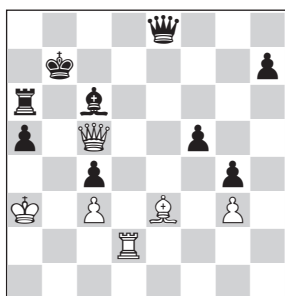
Stockfish fühlt sich zum Turmtausch auf der b-Linie genötigt.

**60...♔d7 61.♖d2 ♜xb1 62.♝xb1 ♔xa4
63.♞a2 ♚e8 64.♞xd5+ ♘c6 65.♞c5
♚e4+ 66.♝a1 ♞h1+ 67.♙g1 ♞xh6
68.♞h2 ♚e6 69.♙e3 ♞d7 70.♖d2 ♚e8**



Stockfish hat sich sogar noch auf h6 einen weiteren Bauern einverleibt, doch dies ändert die langfristige Situation nicht: Der schwarze Turm ist an die Verteidigung von a7 gebunden, um das drohende Matt zu verhindern, während die schwarze Dame auf Dauer außerstande ist, ein Eindringen des (von der fantastisch platzierten Dame unterstützten) weißen Turms auf einer der drei offenen Linien (b-, d- oder e-) zu verhindern.

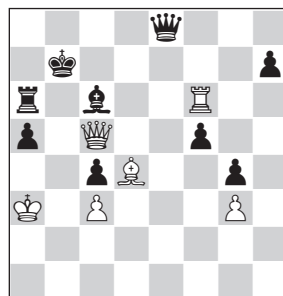
**71.♖d6 ♝b7 72.♝b2 ♞b8 73.♝a2
♞c8 74.♖d2 ♚e8 75.♝a3**



Wie wir bereits erwähnt haben, ist sich AlphaZero seiner eigenen Königssicherheit sehr bewusst, und dieses ist eines von mehreren

Beispielen, in denen AlphaZero – nachdem es bereits Bauern für die Initiative geopfert hat – die Sicherheit seines Königs maximal verbessert, bevor es zum finalen Schlachtfest ansetzt.

**75...♝a8 76.♙g5 ♚e1 77.♝a2 ♚e4
78.♙e3 ♚e8 79.♖d6 ♝b7 80.♝a3
♞h8 81.♙d4 ♚e8 82.♞f6**



Und jetzt ist es soweit: Über die e-Linie hinweg hat der weiße Turm die f-Linie betreten, und er wird mit entscheidender Wirkung auf der achten Reihe eindringen. Was bleibt, ist nur die computertypische Verzweiflung!

**82...f4 83.gxf4 ♞d7 84.♖d6 ♞c7 85.f5
♙d7 86.♞xc7+ ♝xc7 87.♞xa6 ♙xf5
88.♞f6 ♙c2 89.♝b2 1:0**

Der AlphaZero-Stil

6. AlphaZero hält danach Ausschau, eine auf den gegnerischen König gerichtete offene Linie mit einer offenen Diagonale zu ergänzen.

- Ungleichfarbige Läufer

Dass ungleichfarbige Läufer ein machtvolles Angriffsinstrument sein können, ist in der Schachliteratur wohlbekannt, doch selten habe ich dieses Thema so wirkungsvoll in Szene gesetzt gesehen wie in AlphaZeros Partien. Das eben gesehene Beispiel ist sicherlich das spektakulärste, doch wir werden

viele weitere im Kapitel über „Felderkomplexe derselben Farbe“ zu sehen bekommen. Der Nutzen ungleichfarbiger Läufer ist, dass sie einen Angriffskanal bereitstellen, auf dem sich der Verteidiger nicht entgegenstellen kann. In der obigen Partie war der schwarzfeldrige Läufer von Weiß genau darum so mächtig, weil Schwarz ihm keinen eigenen Läufer entgegenstellen konnte.

Der AlphaZero-Stil

7. AlphaZero liebt es, mit ungleichfarbigen Läufern anzugreifen.

- Einsatz des Randbauern zum Angriff auf die gegnerische Königsstellung

Dies war eines der ersten Angriffsmuster, das mir bei AlphaZeros Partien ins Auge fiel. Gegen einen zum Königsflügel rochierten schwarzen König stößt AlphaZero gern seinen h-Bauern den ganzen Weg nach h6 vor, wo er schwarzfeldrige Schwächen schafft, ein Mattfeld auf g7 kreierte und den schwarzen König stark einengt. Dies trifft selbst im Endspiel noch zu:

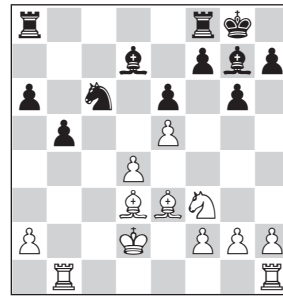
Partie: „Den König in einen Käfig stecken“

AlphaZero Stockfish 8

London 2018

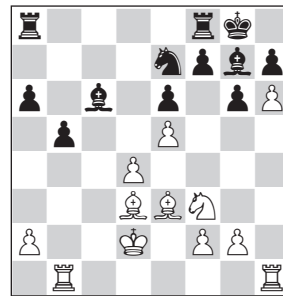
1.d4 ♘f6 2.c4 g6 3.♘c3 d5 4.cxd5 ♘xd5 5.♘f3 ♙g7 6.e4 ♘xc3 7.bxc3 c5 8.♙e3 ♖a5 9.♗d2 ♘c6 10.♞b1 a6 11.♞c1 cxd4 12.cxd4 ♗xd2+ 13.♙xd2 e6 14.♙d3 ♙d7 15.e5 0-0 16.♞b1 b5

Dies ist eine meiner (vielen) Lieblingspartien von AlphaZero.



AlphaZero startet einen typischen Überfall auf den schwarzen Königsflügel und führt ihn mit einzigartigem Stil und Elan.

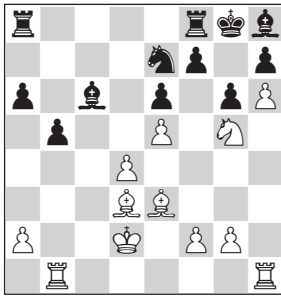
17.h4 ♘e7 18.h5 ♙c6 19.h6



Menschliche Spieler sind solchen Zügen häufig abgeneigt. Sie wollen die Option zur Öffnung der Linie möglichst lang offenhalten. AlphaZeros Konzeption ist recht andersartig: Der Bauer auf h6 hemmt den weißen König und beschränkt – gemeinsam mit den Bauern auf d4 und e5 – die Aktivität des schwarzfeldrigen Läufers von Schwarz. Es gibt freilich eine Wolke am Horizont: Stockfish wird im nächsten Zug ...f7-f6 spielen, damit den Bauern e5 angreifen und sich so von den Fesseln befreien, die AlphaZero ihm anzulegen versucht.

19... ♙h8 20.♘g5

Hier werden wir Zeuge, wie AlphaZeros Unbekümmertheit mit Hinblick auf das materielle Gleichgewicht voll zum Ausdruck kommt.



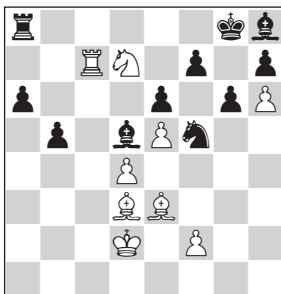
Ihm ist bewusst, dass das schwarze Gegenspiel über ...f7-f6 läuft, also spielt es 20. ♖g5, um dies zu verhindern (e6 würde hängen). Dass dies einen Bauern kostet, ist irrelevant: Das oberste Ziel ist die Einengung der schwarzen Figuren, und dieses Ziel verlangt volle Konzentration.

20... ♙xg2 21. ♖hc1 ♙d5 22. ♜c7 ♘f5 23. ♘e4

Mit dem schwarzen 22... ♘f5 sind zwei Bauern bedroht: der auf a2 und der auf h6. AlphaZero ist natürlich nur an einem dieser beiden interessiert: der Angriffseinheit auf h6, und erlaubt mithin Schwarz, den ersteren zu schlagen.

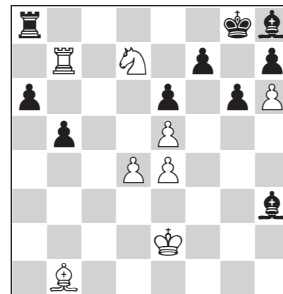
Beobachten Sie nun den Springer e4. Sie mögen glauben, dass g5 ein ideales Feld war, doch AlphaZero erspät ein noch besseres und entwickelt unglaubliche Vorstellungskraft.

23... ♜fc8 24. ♜bc1 ♜xc7 25. ♜xc7 ♙xa2 26. ♘c5 ♙d5 27. ♘d7



Was für ein Feld: der Springer hält den König auf g8 gefangen und verhindert zugleich den Befreiungszug ...f7-f6. Der Springer beeinträchtigt sogar die Aktivität des schwarzen Turmes, da diesem b8 genommen und bei Bedarf ♜b6 möglich ist.

27... ♘xe3 28. ♘b6 ♜b8 29. fxe3 ♜e8 30. ♘d7 ♙f3 31. e4 ♜a8 32. ♜b7 ♙g4 33. ♙b1 ♙h3 34. ♙e2



Über kurz oder lang wird Weiß unter günstigen Umständen zu d4-d5 kommen. Stockfish beginnt seine Stellung zu schwächen, um sich irgendwie freizukämpfen, doch ohne Erfolg.

34... g5

34... a5 35. ♜xb5 a4 36. ♜b7 a3 37. ♙a2 ist überhaupt kein Problem für Weiß.
35. ♙d3 ♙g4+ 36. ♙e3 ♙d1 37. d5 exd5 38. exd5 ♜e8 39. ♙e4 ♙g4 40. ♘f6+ ♙xf6 41. exf6 b4 42. d6 b3 43. ♙d4 ♜d8 44. ♙e5 ♜e8+ 45. ♜e7 ♜f8 46. ♙d5 b2 47. ♜b7 ♜e8+ 48. ♙d4 1:0

