

Go und die Moral in Südkorea

M. Spitzer, Ulm

Stellen Sie sich vor, die Firma KUKA, die bekanntermaßen clevere Industrieroboter baut, hätte vor einigen Wochen mit einer Mannschaft aus 11 Fußballrobotern gegen Bayern München mit 4:1 gewonnen. Dabei waren nicht etwa bulldozerähnliche Kettenfahrzeuge zum Einsatz gekommen, die den menschlichen Gegnern auf dem Platz durch ihre schiere Größe und Masse keine Chance ließen, an den Ball zwischen ihren Stahlketten heranzukommen! Nein, die Roboter sahen sehr menschlich aus und spielten vor allem mit Doppelpässen, Fallrückziehern, gekonnten Dribblings und aberwitzigem Kombinationsspiel einen Fußball, der die Recken aus der bayrischen Hauptstadt einfach nur einfalllos, dümmlich und alt aussehen ließen (►Abb. 1). Ganz Bayern wäre – wie man heute sagt – in motivationstechnischer Hinsicht moralisch am Boden zerstört!

Wenn Sie sich das vorstellen können, dann können Sie sich auch ausmalen, wie es am 9. März 2016 den Südkoreanern ging: Der weltbeste Go-Spieler, ein Südkoreaner, wurde in einem Turnier von einem Computer, auf dem die Software AlphaGo lief, mit 4:1 geschlagen. Denn was hierzulande der Fußball ist, ist in Südkorea das Brettspiel Go (►Abb. 2) – mit Fernsehverträgen und Firmensponsoren, gut verdienenden Profis und breiter öffentlicher Aufmerksamkeit ein Teil der gelebten Kultur des Landes.

Oberflächlich betrachtet handelt es sich um ein ganz einfaches Spiel, das wie die hier bekannten Spiele Mühle oder Dame nur mit schwarzen und weißen Steinen gespielt wird. Diese werden auf das Spielfeld gesetzt, das im Gegensatz zum Schach aus 19 x 19 Feldern besteht, wobei die Steine auf die Schnittpunkte der Linien, welche die Felder markieren (und nicht in die Fel-



Abb. 1 Szenenfoto aus einem Video der Firma KUKA, das sich alle diejenigen anschauen mögen, die Mühe haben, sich das vorzustellen. Das Video „Timo Boll vs. KUKA Robot“ zeigt ein sehr ungleiches Tischtennis-Duell zwischen dem erfolgreichsten deutschen Tischtennis-Spieler, der seit mehr als zehn Jahren zur absoluten Weltklasse gehört und in China (dem Land der Tischtennis-Weltmeister) zu den populärsten Deutschen, und einem Industrieroboter der genannten Firma: (www.youtube.com/watch?v=tlIJME8-au8). Es handelt sich zwar um ein Werbevideo, aber man ahnt beim Betrachten was die Technik mittlerweile alles kann bzw. in naher Zukunft können dürfte.

der), gesetzt werden. Ziel des Spiels ist es, mit seinen Steinen möglichst große Gebiete des Spielfelds zu umranden, d. h. zwei Spieler versuchen, wie früher im Krieg, ein bisher herrenloses Gebiet zu besetzen. Gewonnen hat, wer den größeren Gebietsanteil „erobert“ hat.

Die Grundregeln von Go sind ganz einfach. Dennoch gehört dieses Spiel zum Kompliziertesten, was sich die Menschheit ausgedacht hat.

Die Grundregeln von Go – es gibt insgesamt nur vier (!) – sind also ganz einfach. Dennoch gehört dieses Spiel zum Kompliziertesten, was sich die Menschheit je ausgedacht hat. So gibt es beispielsweise beim Schach mit seinem Spielfeld aus 8 x 8 Feldern und den bekannten Spielfiguren etwa 10^{50} mögliche Konstellationen auf dem Schachbrett. Zum Vergleich: Die Anzahl aller Atome im gesamten Universum beträgt etwa 10^{80} ! Die Anzahl der möglichen Konstellationen bei Go beträgt hingegen 10^{171} (3)! Dies bringt es unter anderem mit sich, dass ein einzelner Mensch nie fertig ist, was

das Erlernen von Go angeht. Im Gegensatz zum Schach gibt es keine offizielle Weltmeisterschaft, sondern verschiedene nationale Wettkämpfe in Korea, Japan und China, teilweise mit internationaler Beteiligung. Der im Jahr 1983 geborene Koreaner Lee Sedol gilt seit 2014 als der weltbeste Go-Spieler, weil er eine ganze Reihe solcher Wettkämpfe für sich entschieden hatte.

Schon seit Jahrzehnten beschäftigten sich Mathematiker und Informatiker mit Spielen, denn diese stellen Modelle für Entscheidungssituationen dar, in denen sich mehrere Menschen gegenseitig beeinflussen. Die Spieltheorie ist mittlerweile ein

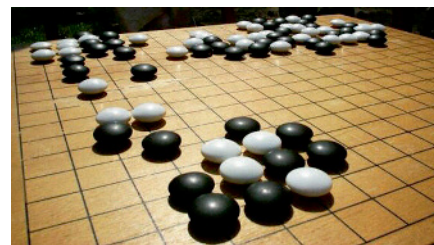


Foto: © Wikipedia

Abb. 2 Das Brettspiel Go wird weltweit von 60 Millionen Menschen gespielt. Es stammt aus China, ist über 2000 Jahre alt und heute vor allem in Korea und Japan weit verbreitet und sehr populär.

Nervenheilkunde 2016; 35: 287–291

Korrespondenzadresse

Prof. Dr. Dr. Manfred Spitzer, Universitätsklinikum Ulm
Klinik für Psychiatrie und Psychotherapie III
Leimgrubenweg 12, 89075 Ulm

etablierter Zweig der Mathematik und war von Anfang an mit Fragen der konkreten praktischen Anwendung (z. B. bei Entscheidungen in der Wirtschaft) beschäftigt. Dies zeigt schon das erste und wichtige Buch zu dieser Theorie, das den Titel *Spieltheorie und wirtschaftliches Verhalten* trägt (7).¹

Es dauerte nicht lange, da wandten sich Spieltheoretiker den bekannten Gesellschaftsspielen – Tic-Tac-Toe, Dame, Mühle, Poker oder Schach – zu und ersannen Computerprogramme, die diese Spiele spielen konnten. So gab es bereits im Jahr 1952 ein Programm, welches das mehr als 3000 Jahre alte Spiel Tic-Tac-Toe spielte und auf dem Röhrencomputer EDSAC (Electronic Delay Storage Automatic Calculator) lief (► Abb. 3). Bei diesem Spiel gibt es nur 5478 Stellungen, die zudem durch Drehung oder Spiegelung achtfach symmetrisch sind, sodass es eigentlich nur 765 sind. Wer bei diesem Spiel beginnt und keinen Fehler macht, gewinnt oder spielt im ungünstigen Fall noch unentschieden.

Beim Brettspiel Mühle, das schon die Römer spielten, gibt es 18 Milliarden $1,8 \times 10^{10}$ unterschiedliche (d. h. nicht durch Drehungen, Spiegelungen oder Vertauschen von innerem und äußerem Ring ineinander überführbare) Positionen. Es wurde 1993 vollständig von einem Mitarbeiter der ETH Zürich gelöst und endet immer unentschieden, wenn keiner einen Fehler macht.

Das gut 1000 Jahre alte Spiel Dame (engl. Checkers) ist mit seinen 5×10^{20} Positionen um weitere Zehnerpotenzen komplexer. Entsprechend dauerte es bis zum Jahr 2007 bis es vollständig im Computer simuliert und damit aufgeklärt werden konnte. Seit 1989 hatten mehrere Arbeitsgruppen daran gearbeitet und nach 18 Jahren war man dann soweit: Man hatte zwar nicht alle möglichen Verläufe berechnet, sondern „nur“ eine Teilmenge davon, von der man allerdings zeigen konnte, dass immer mindestens ein „Unentschieden“ resultiert, wenn man fehlerfrei spielt (5).

O	O	O
	O	X
	X	X



Foto: © Wikipedia

Abb. 3 Beim Spiel Tic-Tac-Toe gibt es 255 169 Spielverläufe, von denen 131 185 mit einem Sieg des ersten Spielers enden, 77 904 mit einem Sieg des zweiten Spielers und 46 080 mit einem Unentschieden (oben). Aufgrund der achtfachen Symmetrie durch Drehen und Spiegeln sind es jedoch nur ein Achtel so viele – das Problem war damit schon vor 65 Jahren programmiertechnisch handhabbar. Der von den Engländern gebaute Röhrencomputer EDSAC war der erste programmierbare Computer (mit von-Neumann-Architektur) überhaupt. Auf ihm lief das Spiel Tic-Tac-Toe (unten).

Auf dem Weg zur Lösung von Dame wurden Computerprogramme entwickelt, die ein Spiel zwar nicht vollständig simulierten, jedoch mit der Zeit zunehmend besser spielten und im Fall von Dame den stärksten Spieler Marion Tinsley (der weibliche Vorname täuscht – der baptistische Pastor und Professor für Mathematik war ein Mann) im Jahr 1992 erstmals besiegten, wenn auch das entsprechende Programm Chinook bei dem Turnier nur zweimal gegen Tinsley gewann, viermal verlor und 33-mal unentschieden spielte (4). Heutzutage gewinnt praktisch niemand mehr beim Dame-Spiel gegen einen Computer, worunter die Attraktivität des Spiels deutlich gelitten hat.

Der Fall des populärsten Brettspiels – Schach – ist gut bekannt: Dieses Spiel stammt aus Persien und wird seit gut 800 Jahren in Europa gespielt. Knapp 20 Jahre ist es her, dass Deep Blue, ein Supercomputer der Firma IBM, den damaligen Schach-Weltmeister Garry Kasparov schlug. In einem legendären Wettkampf hatte Kasparov das erste Spiel noch für sich entschieden, wurde beim zweiten geschlagen, spielte dann dreimal unentschieden und gab beim letzten Spiel in der ersten Stunde auf. Dabei hatte Kasparov noch 15 Monate zuvor gegen Deep Blue gewonnen, die Rechenleistung des Computers wurde jedoch in der Zwischenzeit auf das 20-Fache gesteigert. Mit dem „Sieg der Maschine über den Menschen beim Schach“ wurde damals Geschichte geschrieben; und heute ist kaum noch ein Mensch in der Lage, gegen gute käufliche Schachprogramme zu gewinnen.

Heutzutage gewinnt niemand mehr beim Dame-Spiel gegen einen Computer, worunter die Attraktivität des Spiels deutlich gelitten hat.

Schon damals wurde klar, dass es für einen Menschen nicht leicht ist, gegen eine Maschine zu spielen: Niemand sitzt einem gegenüber, keine Mimik, keine Gestik, keine Blicke – Nichts. Hinzu kam die Tatsache, dass Deep Blue nahezu die Hälfte seiner Spielzüge unmittelbar nach den Zügen seines Gegners ausführte, also scheinbar völlig ohne „nachzudenken.“ Das war für die Maschine zwar kein Kunststück, konnte sie doch in jeder Sekunde, die Kasparov zuvor nachgedacht hatte, 200 Millionen mögliche Züge bereits durchspielen, irritierte jedoch offensichtlich den damaligen Großmeister erheblich (1).

Zurück zu Go. Bereits im Herbst 2015 hatte AlphaGo ein nicht öffentliches Turnier gegen den derzeitigen Europäischen Meister in Go, Fan Hui, mit 5:0 gewonnen (12). AlphaGo wurde von dem 2011 gegründeten britischen Unternehmen Deep Mind entwickelt, das sich auf machine learning spezialisiert hat und 2014 von Google übernommen wurde. Lernende Maschinen sind nach Art von Gehirnen strukturiert, d. h. simulierte neuronale Netzwerke werden mit realen Daten „gefüttert“, also belehrt, und mit anderen Strukturen und

¹ Für eine vergnüglich lesbare Einführung in die Spieltheorie siehe (6).

Verfahren der künstlichen Intelligenz (artificial Intelligence, AI) verknüpft. Im konkreten Fall von AlphaGo wurde ein neuronales Netzwerk mit insgesamt 13 Schichten mit 30 Millionen von Go-Spielzügen aus einer Go-Datenbank gefüttert. Nirgends im Netzwerk wurden die Regeln von Go programmiert. Es lernte nur durch die vielen Beispiele. Danach wurden vom Netzwerk viele Go-Partien gegen sich selbst gespielt, und ein zweites „Bewertungsnetzwerk“ lernte zu bewerten, welche Züge letztendlich zu Gewinn oder Niederlage führten (12). Die Zwischenschichten mit Millionen von Neuronen im Netzwerk sorgen dabei dafür, dass auch komplizierteste Zusammenhänge zwischen einem einzelnen Spielzug (bzw. einer Folge von „zufällig“ oder gar „sinnwidrig“ erscheinenden Spielzügen) und Gewinn oder Niederlage sich im Netz niederschlagen, d. h. zu entsprechenden Input-Output-Relationen führen.

Schon damals wurde klar, dass es für einen Menschen nicht leicht ist, gegen eine Maschine zu spielen.

Die beteiligten Mitarbeiter von Deep Mind konnten sich daher auch keineswegs sicher sein, dass sie gegen den weltbesten Go-Spieler gewinnen würden. Man rechnete damit, dass man vielleicht das erste Spiel verlieren würde, um dann – ähnlich wie damals bei Deep Blue – das Programm noch nachzubessern. Der genannte südkoreanische Profi Lee Sedol hingegen war zuversichtlich, dass AlphaGo gegen ihn keine Chance haben würde. Doch es kam anders (► Abb. 4).

Vor dem Spiel war Sedol, wie auch andere koreanische Profi-Go-Spieler, noch zuversichtlich. „Natürlich wird es eine Menge Updates in den letzten vier bis fünf Monaten gegeben haben, aber das reicht nicht, um mich herauszufordern“, hatte Sedol mit Bezug auf das mäßige Spiel von AlphaGo gegen den Europäischen Meister noch gesagt (11). Nach dem Spiel sagte er: „Ich bin schockiert, das gebe ich zu“.

„Zuzuschauen, wie die künstliche Intelligenz von Googles AlphaGo dem koreanischen Großmeister Lee Sedol die Gedärme herausriss, verpasste der Nation einen

Abb. 4

Pressefoto zum weltweit publizierten Go-Wettkampf (allein in China verfolgten ihn 30 Millionen Menschen live) zwischen Lee Sedol (vorn rechts) und dem Computerprogramm AlphaGo der Firma Deep Mind, deren Vertreter Aja Huang (vorne links) als Avatar von AlphaGo fungierte² und die Steine nach den Vorgaben des Computers setzte.



Schock, insbesondere nachdem der Nationalheld selbstbewusst vorhergesagt hatte, dass er AlphaGo „wegwischen würde“, kommentierte der *New Scientist*. Das Fachblatt zitierte den Reporter einer der größten koreanischen Zeitungen nach der ersten Niederlage von Sedol mit den Worten: „Letzte Nacht war sehr trübselig“, „viele Leute betranken sich“ (8, S. 9). „It was hard not to feel sympathy with Lee as I watched this opening defeat. He carries the hopes of a nation – not to mention a species – on his shoulders“, schrieb der Korrespondent des *New Scientist* in Südkorea direkt nach dem ersten Match (11).

... dass eine Maschine uns im Hinblick auf Intuition, Kreativität und Kommunikation überflügeln kann, was zuvor als das Territorium des Menschen galt.

Was die Profis am meisten irritierte, war die Tatsache, dass AlphaGo nicht dumpf oder mechanisch spielte, sondern „wunderbar“, „intuitiv“ und „kreativ“, wie sich die Kommentatoren ausdrückten (8, S. 9). „Es macht wunderbare Züge. Es macht sogar schönere Spielzüge als sich die meisten von uns je ausdenken könnten.“ – Das war ge-

nau das schrecklich Beunruhigende an der ganzen Sache. Dass ein Computer lange Zahlenreihen schneller addieren oder andere prinzipiell zwar „geistige“, aber eben doch nicht wirklich „intelligente“ Leistungen vollbringen kann – daran haben wir uns ja längst gewöhnt. Aber nun ... „Das ist ein unglaublicher Moment in der Geschichte der menschlichen Evolution: dass eine Maschine uns im Hinblick auf Intuition, Kreativität und Kommunikation überflügeln kann, was doch zuvor als das Territorium des Menschen galt“, kommentierte der koreanische Philosoph Jang Dae-Ik von der Seoul National University (8, S. 9).

Was lernen wir nun wirklich aus diesem Ereignis? – Zum einen ist auch die cleverste AI nicht so schlau wie fünfjährige Kinder, wenn es darum geht, sich in der wirklichen Welt zurecht zu finden (3). Zum anderen wird es unser Selbstverständnis als Menschen langfristig sicherlich ändern, wenn immer mehr intuitive oder kreative Leistungen von Maschinen hervorgebracht werden. Dies ist zu erwarten.

Zum zweiten ist hier wirklich etwas geschehen, was zu denken gibt: AlphaGo lernte das Spielen von Go zunächst von Experten, spielte dann gegen sich selbst und lernte dadurch weiter. Durch den Mix aus überwachtem Lernen (supervised learning) durch ein Netzwerk mit 11 Zwischenschichten und dem Lernen durch Versuch und Irrtum, wobei das Gelingen jeweils belohnt wird (reinforcement learning), wurde das Gesamtsystem so gut, dass es auch den besten Menschen besiegen konnte. Nichts hindert nun AlphaGo daran, weiter zu lernen, d. h. immer besser

2 Man beachte die feine Verschiebung der Sprachregelung: Ein Avatar ist definitionsgemäß eine durch bewegte Computergrafik produzierte virtuelle menschenähnliche Gestalt, die einer realen Person (die einen Computer oder das Internet nutzt) zugeordnet wird. In der Formulierung des wissenschaftlichen Fachblatts hingegen wird ein realer Mensch zum Avatar eines Computerprogramms!

zu werden, immer weiter weg von menschlicher Performanz!

Zunächst ist diese Entwicklung im Bereich des Geistigen nichts anderes als die Entwicklung, die im Bereich des Körperhaften, der Mechanik, längst vollzogen ist. Als Flaschenzüge, Motoren oder Hydraulik erst einmal so kräftig waren wie menschliche Muskelkraft, waren sie auch in der Lage, noch kräftiger zu sein. Und heute bauen wir routinemäßig Strukturen, die kein Mensch mehr tragen kann. Und dennoch ist da ein Unterschied: *Denken* können wir auch einen Supertanker, selbst wenn wir ihn längst nicht mehr heben können.

Dieser Unterschied stellt bei genauerem Hinsehen ein Problem dar, das uns (die Menschheit) noch lange beschäftigen wird (2). Betrachten wir hierzu nochmals die Go-Spiele genauer. AlphaGo machte zuweilen Spielzüge, die auch professionelle Go-Kommentatoren nicht verstanden. Gewann das Programm das Match gegenüber Lee Sedol, konnte man nicht anders als diese Spielzüge „wunderbar, kreativ oder intuitiv“ zu nennen. Was aber, wenn – wie im vierten Spiel – die Software verliert? Wo lag der Fehler?

Bei einem „herkömmlichen“ Computerprogramm lässt sich – wenn auch bei komplexen Programmen mit sehr viel Aufwand – prinzipiell herausfinden, wo ein Fehler liegt (debugging). Bei einem neuronalen Netzwerk mit Millionen von Neuronen und Milliarden von gelernten Verbindungsstärken zwischen ihnen ist dies jedoch prinzipiell unmöglich. Aus dem gleichen Grund folgt: Selbst dann, wenn das Programm keinen Fehler machte und gewann, können wir uns nicht sicher sein, dass wir verstanden haben, warum!

Wie in einem Begleitkommentar des Fachblatts *Nature* zur Publikation des Go-Turniers zwischen AlphaGo und dem europäischen Meister Fan Hui (13) nachzulesen ist, hat diese Tatsache eine bedeutende Konsequenz für unseren Umgang mit Computern: Weil wir nicht mehr wissen können, warum die Maschinen richtig liegen, müssen wir es *glauben*. – Etwa so, wie man in der Antike an ein Orakel geglaubt hat: „The machine becomes an oracle; ist pronouncements have to be belie-



Abb. 5 In der Broschüre *Digitalisierung und du* des Bundeswirtschaftsministeriums (links) wird von 50 000 neuen Jobs gesprochen (rechts). „Digital ist das neue Normal“, sagt Gesche Joost, Internetbotschafterin der Bundesregierung. Und sie meint das auch mit Blick auf die neue Arbeitswelt. „Neue, bessere Jobs entstehen,“ kann man dort lesen (S. 7). Dass weitaus mehr Jobs durch digitale Technik und der dadurch möglichen Automatisierung wegfallen werden, wird verschwiegen.

ved“ (13, S. 437). Und weiter wird ausgeführt: „When a conventional computer tells an engineer to place a rivet or a weld in a specific place on an aircraft wing, the engineer — if he or she wishes — can lift the machine’s lid and examine the assumptions and calculations inside. That is why the rest of us are happy to fly. Intuitive machines will need more than trust: they will demand faith.“ – Stimmt das wirklich?

Ich glaube nicht. Denn zum einen verlassen wir uns im natürlichen Lebensvollzug ständig auf Maschinen, ohne irgendetwas nachgeprüft zu haben. Wann immer es jedoch um die *Rechtfertigung* einer Aussage geht (Warum ist der Patient schizophran? Warum verlangen die Menschenrechte, dass wir uns um Flüchtlinge kümmern?), dann ist der Verweis auf „Intuition“ (sei es mein Präcoxgefühl oder meine moralischen Bauchgefühle) unangebracht bzw. zu kurz. Es bedarf vielmehr der – wie man gerne sagt – *rationalen Rekonstruktion* (Diagnosekriterien erfüllt oder nicht; Werte abgewogen) des in Frage stehenden Sachverhalts. Dahinter können sich lange Diskussionen verbergen (wie man bei Gericht beobachten kann), die unvermeidlich sind, wenn wir Willkür vermeiden wollen. Den „blinden Glauben“ an eine höhere Instanz

haben wir spätestens seit der Aufklärung durch solcherlei rationale Diskurse zwischen vernünftigen Subjekten ersetzt. Und diese Errungenschaft sollten wir nicht leichtfertig aufgeben, weil ein Computer mal gegen einen Menschen im Go gewonnen hat. Und das keineswegs nur deswegen, weil AlphaGo im März auch einmal gegen den Menschen verloren hat (die Maschine kann also auch falsch liegen! – auch das haben wir mit dem jüngsten Turnier gelernt)! Sondern ganz prinzipiell: Der Verweis auf „Intuition“ – ganz gleich ob von Mensch oder Maschine – kann rationalen Diskurs nie ersetzen.

Solange es um nichts geht als um ein Brettspiel, ist das kein großes Problem. Bedenken wir jedoch die Tatsache, dass die gleichen Algorithmen, die heute im Go gewonnen haben, demnächst unsere Autos steuern (von unseren Herzschrittmachern, Atommeilern oder Atomwaffenilos einmal gar nicht zu reden!), wird sofort deutlich, dass es hier nicht nur in theoretischer Hinsicht, sondern im ganz praktischen Alltag Probleme gibt und noch geben wird, über die wir nachdenken müssen. Erst neulich, als ein selbstfahrendes Google-Auto mit einem Bus zusammenkrachte, weil der Busfahrer sich eigenartig verhalten hatte, wurde deutlich,

dass autonome Fahrzeuge „Entscheidungen fällen“ müssen, wobei sie sich auf das rationale Verhalten aller Verkehrsteilnehmer verlassen können müssen. (Dies tun wir ja auch alle dauernd im Straßenverkehr, sonst wäre das viel zu gefährlich!) Was aber geschieht, wenn das irrational erscheinende Verhalten nicht von Menschen, sondern von den Algorithmen hervorgebracht wird, die nach Millionen von Stunden auf der virtuellen Autobahn mit anderen virtuellen Autos plötzlich anderen Regeln folgen, die sie sich selbst „ausgedacht“ haben? „Der Computer wird schon gewusst haben, was er tat als er das schwer behinderte Kind überfahren hat.“ – Nein, so wollen wir künftig nicht wirklich miteinander umgehen, superschlaue Netzwerke hin oder her!

In Korea befürchten die Menschen nach dem Sieg der AI über den Menschen noch dringlichere praktische Probleme, nämlich beispielsweise Arbeitslosigkeit. Damit sind die Südkoreaner unserem Wirtschaftsministerium (BMWi 2016) voraus, das erst kürzlich in einer Werbebroschüre für Digitalisierung (►Abb. 5) nur positive Konsequenzen der Digitalisierung anführt. Keine Rede von millionenfachem Jobverlust durch Automatisierung.

Es bleibt noch nachzutragen, dass unklar ist, wie die Zukunft der Brettspiele nach dem Sieg der Maschinen über den Menschen aussieht. So hat der Sieg der Maschinen beim Dame-Spiel dessen Popularität deutlich gemindert. Beim Schach war dies nicht so, zumal manche Experten behaupten, dass die Menschen (Spitzenspieler) und Computerprogramme beide besser würden und selbst bei unbesiegbaren

Abb. 6

Mehr Kinder spielen nun Go, nachdem der Sieg von AlphaGo über Lee Sedol ganz Korea erschüttert hat (www.hani.co.kr/arti/society/society_general/736264.html)



Computerprogrammen das Schachspiel interessant bliebe – schließlich interessieren sich Menschen ja auch mehr als hundert Jahre nach Erfindung des Autos für Medaillen im Hundert-Meter- oder Marathonlauf. Beim Go jedenfalls hat der Sieg über den Menschen zu einer Zunahme der Kinder um 20% im Go-Unterricht geführt (►Abb. 6).

Danksagung

Ich danke meiner Mitarbeiterin Eun-Jin Sim für ihre Hilfe beim Suchen und Übersetzen koreanischer Pressemitteilungen.

Literatur

1. Anonymus. Calculating machine psychs out grandmaster. *New Scientist* 1997; 2082 (www.newscientist.com/article/mg15420821-700-calculating-machine-psychs-out-grandmaster).
2. Asakawa N. Flaws in AI seen despite AlphaGo victory. *Nikkei Asian Review* 20.3.2016 (<http://asia.nikkei.com/Tech-Science/Tech/Flaws-in-AI-seen-despite-AlphaGo-victory?page=1>).

3. Rutkin A. Anything you can do ... *New Scientist* 2016; 3065: 20–21.
4. Schaeffer J, Marion Tinsley: Human Perfection at Checkers? *Games of No Chance* 1996; 29: 115–118.
5. Schaeffer J, Burch N, Björnsson Y, Kishimoto A, Müller M, Lake R, Lu P, Sutphen S. Checkers is solved. *Science* 2007; 317: 1518–1522.
6. Spitzer M. Selbstbestimmen. Heidelberg: Spektrum Akademischer Verlag 2003.
7. Von Neumann J, Morgenstern O. *Theory of Games and Economic Behavior*. Princeton: University Press 1944.
8. Zastrow M. Google victory at Go stokes AI fear in Korea. *New Scientist* 2016; 3065: 9.
9. Zastrow M. Machine outsmarts man in battle of the decade. *New Scientist* 2016; 3065: 21.
10. Zastrow M. How victory for Google's Go AI is stoking fear in South Korea. *New Scientist* 2016; 3065; 19. März 2016.
11. Zastrow M. 'I'm in shock!' How an AI beat the world's best human at Go. *New Scientist Daily News* 9. März 2016 (www.newscientist.com/article/2079871-im-in-shock-how-an-ai-beat-the-worlds-best-human-at-go).
12. Silver D et al. Mastering the game of Go with deep neural networks and tree search. *Nature* 2016; 529: 484–489.
13. Anonymus. [Editorial] Digital intuition. A computer program that can outplay humans in the abstract game of Go will redefine our relationship with machines. *Nature* 2016; 529: 437.