

3 Probleme intelligent lösen

*Joachim Funke, Universität Heidelberg*²⁹

3.1 Einführung

Das Leben ist voller Probleme. Und fast nie gibt es nur die eine richtige Lösung. Die meisten Probleme sind komplex: Konflikte in der Familie schlichten, die Organisation eines wichtigen Meetings planen, eine geeignete neue Wohnung suchen. Wie soll man das alles lösen? Dazu kommen heute große gesellschaftliche Herausforderungen (Wissenschaftsrat 2015), die je nach Standpunkt Themen umfassen, wie zum Beispiel Klimawandel, Energieversorgung, alternde Gesellschaft, Gesundheitsversorgung, Wasserversorgung und Nahrung für alle.

Intelligente Problemlösungen sucht die Menschheit an vielen Stellen. Für die psychologische Intelligenzforschung sind derartig umfassende Probleme durchaus Herausforderungen, stellen doch die Intelligenztests als Messinstrumente für die versammelten kognitiven Kompetenzen einer Person häufig eher sehr elementare Anforderungen, die auch nicht ansatzweise an die Komplexität der eben beispielhaft aufgezählten Herausforderungen herankommen. In den letzten Jahren sind deswegen immer wieder Versuche unternommen worden, über die Begrenzungen von klassischen Intelligenztests hinauszugehen (z.B. Wüstenberg, Greiff & Funke 2012).

Der Zusammenhang zwischen Intelligenz und Problemlösekompetenz ist unübersehbar, und je komplexer Entscheidungssituationen werden, umso mehr wird auch Weisheit benötigt (Sternberg 2003).

²⁹Der vorliegende Beitrag ist in ähnlicher Form unter dem Titel „Mit Herz und Verstand: Schlüssel zu einer komplexen Welt“ im *Forschungsmagazin Ruperto Carola* (2013, Heft 3, 37–43) erschienen. Er wurde für diesen Band aktualisiert und ergänzt.

3.2 Einfache und komplexe Probleme

Viele Knobler kennen Probleme wie den „Turm von Hanoi“: Wie versetzt man Rundhölzchen verschiedener Größe richtig, um eine Pyramide von unten nach oben exakt wiederaufzubauen? Oder die legendären Streichholzaufgaben, bei denen wenige Hölzchen so zu verlegen sind, dass eine neue Figur entsteht. Solche Probleme haben jeweils nur eine einzige Lösung. Rund ein Jahrhundert lang bestimmten sie die Denkforschung, weil man sie im Labor leicht darbieten und kontrollieren konnte. Heute beschäftigen sich die Denkpsychologen mit komplexen Problemen (Funke 2012): Deren Ziel ist dabei nur vage formuliert, zum Beispiel „die Wohnung schön einrichten“ oder „die Firma voranbringen“, die für eine Lösung notwendigen Mittel oder Handlungen sind meist völlig unbekannt. Forscher nutzen zum Test ihrer Vermutungen über komplexe Lösungsstrategien heutzutage Computersimulationen mit Dutzenden, Hunderten oder Tausenden Aspekten von bestimmten realen Lebensbereichen. In solchen Szenarien und Mikrowelten soll die Testperson zum Beispiel als Bürgermeister eine Kleinstadt zum Wohlstand führen oder als Entwicklungshelfer ein Dritte-Welt-Projekt leiten. Eines haben diese Modelle gemeinsam: Nie weiß man genau, ob und welche Auswirkungen die eigenen Handlungen oder Unterlassungen haben werden (Brehmer & Dörner 1993).

3.3 Eigenschaften komplexer Probleme

Komplexe Probleme in komplexen Systemen haben folgende fünf charakteristische Merkmale (Dörner 1980):

(1) Eigendynamik: Die Systementwicklung ist oft unabhängig davon, ob man eingreift oder nicht. Dasmacht eine Abschätzung kommender Entwicklungen nötig. Der Klimawandel ist ein Beispiel dafür. Fehleinschätzungen von dynamischen Entwicklungen gab es etwa bei der Katastrophe von Tschernobyl (siehe die detaillierte Analyse des Unfalls bei Dörner 1989).

(2) Vernetztheit: Jeder Eingriff in ein komplexes System wirkt gleichzeitig auf viele andere Systemteile, es kommt zu Neben- und Fernwirkungen. Dies verlangt eine Modellbildung, in der man die wechselseitigen Abhängigkeiten darstellt und dann vorausbestimmen kann. Die Verschreibung eines Medikaments setzt z.B. voraus, dass etwaige Nebenwirkungen einkalkuliert wurden. Der Contergan-Skandal in der Bundesrepublik der frühen 1960er Jahre beruhte auf der Fehleinschätzung, dass der Wirkstoff Thalidomid fälschlich als nebenwirkungsarm eingeschätzt wurde.

(3) Undurchschaubarkeit: Die Elemente und ihre Beziehungen sind nicht direkt zu beobachten. Dies macht aktive Informationsbeschaffung nötig. Beispiel: Bevor jemand ein altes Haus kauft, wird sehr genau Boden, Bausubstanz und Umgebung untersucht, bevor Entscheidungen getroffen werden. Der politische Streit um das Handelsabkommen TTIP beruhte u.a. darauf, dass große Teile des Vertragswerks nicht veröffentlicht werden durften und damit einer parlamentarischen Kontrolle nicht zugänglich waren.

(4) Unumkehrbarkeit: Begangene Fehler sind nicht mehr korrigierbar. Die fehlerhaften Bedienschritte, die zur Katastrophe von Tschernobyl geführt haben, sind irreversibel und werden uns noch über Jahrhunderte beschäftigen. Wer beim Schachspiel einen Zug nochmals revidieren darf, ist in einer deutlich besseren Position als derjenige, der die Regel „berührt – geführt“ bis zur bitteren Konsequenz ertragen muss.

(5) Polytelie: Mehrere Ziele müssen gleichzeitig berücksichtigt werden. Das macht Prioritätenbildung und Wertentscheidungen nötig, insbesondere wenn die Ziele antagonistisch sind (Blech & Funke, 2010). Zum Beispiel müssen bei einem Großflughafen neben den Betreiberinteressen auch diejenigen der Anwohner berücksichtigt werden - oft gibt es keinen einfachen Kompromiss. Manche der politischen Konflikte, wie z.B. der Nahost-Konflikt, haben eine sehr lange Geschichte und ziehen sich über viele Jahrzehnte hin.

Diese fünf Merkmale komplexer Situationen kommen nicht immer vollständig und nicht immer in maximaler Ausprägung vor, bilden aber dennoch einen Maßstab dafür, was unter komplexen Problemen

verstanden werden soll. In der Management-Welt wird für diese Sammlung von Attributen auch gerne von „VUCA world“ gesprochen (Mack, Khare, Krämer, & Burgartz 2016), wobei das Buchstabenkürzel VUCA für *Volatility* (Beweglichkeit, Dynamik), *Uncertainty* (Unsicherheit), *Complexity* (Komplexität) und *Ambiguity* (Mehrdeutigkeit, Undurchschaubarkeit) steht. Die Ähnlichkeit von VUCA zu den Merkmalen komplexer Probleme ist gut zu erkennen.

3.4 Problemlösendes Denken

Problemlösendes Denken dient dazu, Lücken, Unsicherheiten oder Unklarheiten in einem Handlungsplan zu schließen (Funke 2003). Denken ist nicht Selbstzweck, sondern soll den Alltag bewältigbar machen. Es hilft uns, das Leben auch dann aktiv zu gestalten, wenn man die „beste Lösung“ nicht kennt. Das ist der Normalfall - und die eindeutige Lösung die absolute Ausnahme. Bei einem Fußballspiel beispielsweise weiß kein Trainer genau, welchen Spieler er wann (und ob er überhaupt) auswechseln oder die Taktik ändern soll. Im Grunde genommen sind wir alle Trainer, die ständig Probleme unseres „Lebensspiels“ lösen müssen: Welchen beruflichen Weg soll ich einschlagen? Wie kann ich meine Beziehungen gut gestalten? Wie verhalte ich mich umweltgerecht?

In den letzten Jahren ist die Denkpsychologie tiefer in die Welt des Komplexen und Unübersichtlichen vorgedrungen. Wir haben ein großes Stück der bis dahin weißen Denklandschaft neu kartiert und zugänglicher gemacht - auch wenn wir sie noch nicht vollständig entdeckt und vermessen haben. Wir leben in einer Welt, die in allen Lebensbereichen, vom Alltag bis zu Politik, Wirtschaft, Wissenschaft oder Umwelt, zunehmend komplexer erscheint. Wir verstricken uns in immer dichteren Netzwerken, in denen es nicht mehr mit spezialisierten Fähigkeiten getan ist, sondern übergreifende Problemlösekompetenzen notwendig sind. Dies sollte die Denkforschung stärker motivieren: Es gibt so viele private und vor allem gesellschaftliche Probleme, zu deren Lösung sie beitragen könnte.

Auch für politische Problemstellungen könnte die Problemlöseforschung sicher wertvolle Beiträge leisten, weil praktisch alle gesellschaftlichen oder politischen Probleme komplexer Natur sind - vom Klimawandel über die Reform des Gesundheitssystems bis zum Nahostkonflikt. Allerdings ist unser Einfluss auf politischer Ebene immer noch minimal: Für Psychologen ist in der Politik wenig Platz - höchstens als psychologisch geschulte Medienberater. Diese Ignoranz ist ein Grund, warum in der Problemlöseforschung noch viel ungenutztes Potenzial steckt.

Im Rahmen eines interdisziplinären Marsilius-Projekts haben Dorothee Amelung und ich uns z.B. mit Techniken zur Beeinflussung des globalen Klimas beschäftigt. Aus einer Perspektive der Problemlöseforschung heraus kommen wir zu einer kritischen Einschätzung von weltweit favorisierten Techniken wie diejenige der Reduktion von Sonneneinstrahlung (Amelung & Funke 2013). Diese kritische Einschätzung kommt dadurch zustande, dass bei Großtechnologien dieser Art ungewollte Nebenwirkungen das eigentliche Hauptziel überschatten könnten, diese aufgrund der Komplexität des Eingriffs jedoch nicht rückgängig gemacht werden könnten. Die Irreversibilität eines Eingriffs in ein hoch empfindliches System, das man noch immer nicht in allen seinen Einzelheiten verstanden hat, ist aus unserer Perspektive heraus eine gefährliche Eigenschaft der Situation und sollte uns daher von entsprechenden Eingriffen abhalten (Amelung & Funke 2015).

Im Rahmen eines BMBF-Verbundprojekts über Klimawandel in alternden Gesellschaften haben Helen Fischer, Christine Degen und ich uns mit dem Verständnis von Menschen für komplexe klimatische Regelkreise beschäftigt und herausgefunden, unter welchen Bedingungen ein besseres Verständnis des Klimawandels möglich ist. Ein besseres Verstehen ist die Vorbedingung besserer Problemlösungen. Unsere Heidelberger Arbeiten haben dabei die bisherige Sicht, die von prominenten Forschern wie John Sterman (MIT Boston) vertreten werden, in Zweifel gezogen, wonach selbst gut gebildete Personen kein akzeptables Verständnis von Klimaprozessen besitzen (Cronin, Gonzalez, & Sterman 2009). Wir konnten zeigen, dass Grund zur

Hoffnung besteht, wenn man das komplizierte Material verständlicher präsentiert (Fischer, Degen & Funke 2015).

Nicht nur für Politiker, auch für normal Sterbliche bietet die Forschung damit Angebote zur Lösung von konkreten Problemen. Ein guter Problemlöser muss vor allem die Vernetztheit und Dynamik komplexer Problemfelder in den Griff bekommen. Um die Vernetztheit zu verstehen, muss man sich ein Bild von der Situation machen können - und etwa wichtige von unwichtigen Faktoren trennen. Um die Dynamik zu bewältigen, muss man zeitliche Entwicklungen abschätzen und Veränderungen möglichst gut vorhersagen können. Man kann es so ausdrücken: Mache dir bei einem schwierigen Problem ein möglichst umfassendes Modell der Situation und gehe vor deinem geistigen Auge verschiedene Varianten mit unterschiedlichen Entwicklungen und Prozessen durch. Was wäre die jeweilige Konsequenz aus dieser oder jener Entscheidung, und wohin könnte das Ganze in einem dritten Szenario führen? Die wichtigste Empfehlung aber lautet: Wage zu denken! Wir sollten unser Gehirn umfassend, selbstbewusst und aktiv zur eigenen Lebensgestaltung nutzen – nicht nur zum Konsumieren irgendwelcher medienvermittelter Inhalte. Wir sollten uns nicht von anderen vorschreiben lassen, was wir denken und was wir tun sollen.

Natürlich kommen im Alltag viele Denkfehler vor – wenn man sie kennt, kann man sie möglicherweise vermeiden. Die beiden wichtigsten Fehler betreffen den zeitlichen Horizont sowie die Folgen unserer Handlungen. Unsere Problemmodelle sind oft unvollständig, weil wir Entwicklungsprozesse nicht beachten. Für kurzfristige Effekte mag das noch greifen, aber bei mittel- oder langfristigen Effekten steigen wir meist aus. So denkt man bei einem einfachen Ratenvertrag in aller Regel: „50 Euro im Monat belasten mich nicht.“ Momentan vielleicht nicht – aber die Raten laufen über fünf Jahre, und man übersieht, wie stark der Wert des Produktes schon nach wenigen Jahren fällt. Die längste Zeit zahlt man also buchstäblich für nichts – und auch das gekaufte Produkt mag man schlimmstenfalls nach einem halben Jahr nicht mehr. Der zweite entscheidende Denkfehler betrifft Nebenwirkungen, die man ausblendet, weil man nur die Hauptwirkung im Blick

hat. Wer störende Blattläuse im Garten beseitigen will, greift möglicherweise zu einer chemischen Waffe. Die löst dann zwar das Problem ~ hat aber nebenbei auch die Raupen der beliebten Schmetterlinge vernichtet. Solche unbedachten Nebeneffekte sind in komplexen Denk- und Handlungsfeldern oft gravierender als die Folgen der Lösung.

Fantasie und Vorstellungsvermögen spielen also eine wichtige Rolle beim Problemlösen – in gleicher Weise gilt dies auch für Gefühle. Wir wissen heute, dass praktisch alle Denkprozesse viel mit Gefühlen zu tun haben und die traditionelle Trennung zwischen Denken und Fühlen nicht aufrechtzuerhalten ist. Gerade beim komplexen Problemlösen ist der Zusammenhang zwischen kognitiven, also das Denken betreffenden, emotionalen und motivationalen Faktoren entscheidend. Die Emotionsregulation ist ebenso wichtig wie die traditionelle Intelligenz. Und dann geht es auch darum, wie man sich angesichts komplexer Situationen dauerhaft motiviert und mit Misserfolgen, Ärger, Frust, aber auch mit Erfolgsgefühlen der Freude oder des Triumphs umgeht. Zudem löst man Probleme und Aufgaben, die kreative Lösungen erfordern, in positiver Stimmung und Umgebung leichter als in einer weniger erfreulichen (vgl. aber auch Barth & Funke 2010).

Daher ist es hilfreich, sich in gute Stimmung zu versetzen und sich angenehme Umgebungen zu suchen. Heisenberg fand die Lösung für seine Quantentheorie im Urlaub an der Nordsee. Einstein suchte sich im Berliner Umfeld der Mark Brandenburg schöne Plätze zum Nachdenken und Problemlösen.

Wer auf seine eigenen Gefühle und Erfahrungen achtet, wird erkennen, dass es bestimmte persönliche Umwelten gibt, in denen er sich wohl fühlt und wo das kreative Denken leichter fällt – ob im Urlaub oder beim Angeln, Joggen oder Dösen.

3.5 Problemlösen in den PISA-Studien

In den jüngsten PISA-Studien spielt Problemlösen als schulfachunabhängige Schlüsselqualifikation eine übergeordnete Rolle. Es geht um

übergeordnete Handlungskompetenz im Sinne der aktiven Lebensgestaltung. Sicher werden viele Schüler trotz schlechter Schulerfahrungen später ganz patente Problemlöser. Aus unseren Studien und den internationalen Vergleichen wissen wir aber relativ sicher, dass deutsche Schulen den Unterricht deutlich stärker problemorientiert gestalten müssten, so wie dies in allen erfolgreichen PISA-Ländern geschieht. Deutscher Unterricht ist zu stark auf die Vermittlung von einzelnen Fakten ausgerichtet. Problemlösungsaktivitäten, die einen größeren Zusammenhang herstellen, werden zu wenig oder gar nicht angeregt. Solche Fähigkeiten kann man aber in jedem Schulfach fördern - im Deutschunterricht gibt es ebenso pragmatische Lösungen wie im Mathematikunterricht.

Im Rahmen Heidelberger Forschung zum Erfassen komplexer Problemlöseleistungen, die im DFG-Schwerpunktprogramm „Kompetenzdiagnostik“ gefördert wurde (Funke & Greiff 2017), richtete sich das Konzept Problemlösen auf den Umgang der Schüler mit interaktiven, dynamischen Situationen aus. Viele der über 70 Staaten weltweit, die an PISA mit über 500.000 Schülern im Alter von 15 Jahren teilnehmen, haben sich in einem langwierigen Entscheidungsprozess unsere Heidelberger Vorstellungen zu Eigen gemacht, weil Probleme heutzutage nicht mehr simpel, sondern komplex sind. Unsere Heidelberger Vorstellungen zur Erfassung dynamischer, interaktiver Problemlösekompetenz haben so zu einem weltweiten Wandel der (inzwischen computerbasierten) Untersuchungsparadigmen beigetragen, der durch unsere Forschung ausgelöst wurde (siehe Csapó & Funke 2017).

Worum geht es dabei konkret? Die 15-jährigen Schülerinnen und Schüler erhalten z.B. einen unbekanntes MP3-Spieler auf einem Computerbildschirm präsentiert, dessen Funktionalität sie in wenigen Minuten erkunden sollen und den sie nach erfolgter Exploration so schnell wie möglich in vorgegebene Zielzustände bringen sollen (z.B. „mittellauter Jazz mit vollem Bass“; vgl. Abbildung 4).

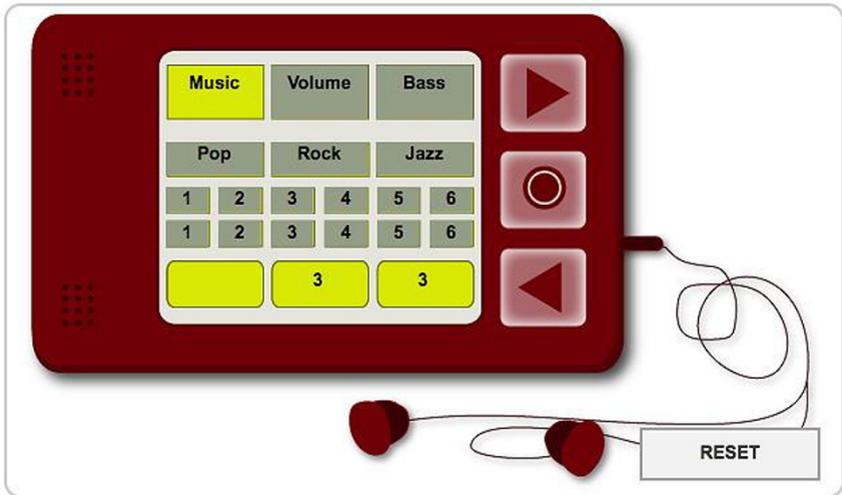


Abb. 4. Interaktiver MP3-Spieler, den es zu erkunden und zu steuern gilt³⁰

Erfasst wird die Systematik und Vollständigkeit der Exploration sowie die Anzahl der gedrückten Tasten bis zur Zielerreichung. Neben dem MP3-Spieler gibt es natürlich noch andere Aufgaben wie z.B. eine Armbanduhr oder ein Ticketautomat, bei denen man sein problemlösendes Können unter Beweis stellen muss. Unser Ziel war es, authentische Anforderungen in einer zunehmend technisierten Welt zu finden, anhand derer die Kompetenzen der Schülerinnen und Schüler verlässlich ermittelt werden können.

Bei der Aufgabengestaltung ließen wir uns von der Idee leiten, dass im 21. Jahrhundert der Umgang mit Komplexität und Ungewissheit zu einer zentralen Kompetenz wird, für die es zwar kein eigenes Unterrichtsfach gibt (daher auch die Bezeichnung „crosscurriculare Kompetenz“), die aber in verschiedenen Schulfächern (verstärkt in Mathematik, Naturwissenschaften; eher nicht im Deutschunterricht) angesprochen wird. Diese Kompetenz äußert sich in sechs Stufen,

³⁰ Item CP043 aus PISA 2012; siehe Ramalingam, Philpot & McCrae 2017, 85.

deren unterste Stufe 1 das Lösen von Problemen mit 1-2 Schritten ohne Plan vorsieht, während die höchste Stufe 6 ein differenziertes strategisches Vorgehen in verschiedenen Gebieten beschreibt, bei dem man vielschrittige Pläne flexibel und ressourceneffizient umsetzen kann.

Um gute und lebenskompetente Problemlöser zu werden, müssen Schüler im Grunde genau dasselbe wie Erwachsene lernen. Man muss eine unübersichtliche Situation strukturieren, mit den Gegebenheiten interagieren und auf der Grundlage dieser Interaktion ein umfassendes Modell bilden, das die Abhängigkeiten der jeweiligen Einflussfaktoren integriert. Mit Hilfe dieses Modells muss man künftige Entwicklungen beurteilen können: Was passiert als Nächstes, welche Möglichkeiten könnten sich langfristig ergeben? Wie bringt man die einzelnen Fakten in Zusammenhang? Vor allem müssen wir alle, ob Schüler oder Erwachsene, mit Prozessen umgehen lernen, die nichtlinear verlaufen. Wir haben eine kulturell tief verwurzelte Tendenz, Entwicklungen linear vorherzusagen - in der Realität aber ist ein solcher Verlauf meist die Ausnahme. Da gerade natürliche Prozesse nicht linear verlaufen, stehen wir häufig völlig verständnislos vor Entwicklungen wie dem Klimawandel, der zwar langsam einsetzt, aber eher früher als später wie eine Rakete „abgehen“ wird. In der Schule sollten wir also stärker mit dynamischen Systemen Erfahrungen sammeln.

3.6 Weisheits- und werteorientierte Intelligenzforschung

Im 21. Jahrhundert muss über Intelligenz neu diskutiert werden. Intelligenz, verstanden als Adaptivität im assimilativen wie akkomodativen Sinne Piagets, muss sich heute stärker als zuvor mit Werten beschäftigen. Ist es wirklich ein Zeichen von Intelligenz, wenn jemand es schafft, viel Geld durch Internet-Betrügereien zu erzielen? Darf der individuelle Erfolg noch länger das Kriterium sein oder müssen nicht globale Aspekte mit in die Intelligenzdefinition miteinbezogen werden, die das Überleben der Spezies und des Planeten betreffen? Das Konzept der Weisheit (A. Fischer 2015) kommt als eine sinnvolle

wertebasierte Erweiterung eines in der Vergangenheit stark kognitionslastigen Intelligenzverständnisses dafür in Frage. Die von Godina (in diesem Band) vorgestellte Idee einer Systemisch finalen Intelligenz als einem Übergangskonzept zwischen Weisheit und klassischem Intelligenzverständnis betont die Bedeutung minimaler universaler Wertvorstellungen. Diesem erweiterten Verständnis von Intelligenz sollten wir im 21. Jahrhundert größere Beachtung schenken.

3.7 Ausblick

Pessimisten meinen, komplexes Problemlösen könne man nicht gezielt lehren und lernen. Tatsächlich ist es schwierig, jemandem beizubringen, wie man ein guter Problemlöser wird. Dennoch bin ich nicht so pessimistisch. Anhand vieler Befunde ist erkennbar, dass man Menschen sehr wohl durch differenzierte Trainings oder Unterrichtsgestaltung darauf vorbereiten kann, besser mit komplexen Situationen umzugehen. Das schließt nicht aus, dass Fehler gemacht werden - das ist Teil des menschlichen Wesens. Aber man kann vieles fördern, und wir haben heute eine Reihe geeigneter Unterrichtseinheiten. Nur wer sich der komplexen Realität aussetzt, lernt mit ihr umzugehen. Aus dem Kantischen Imperativ "Wage zu denken!" folgt als nächster Schritt die Aufforderung „Wage zu handeln!“. Damit hätte sich die Funktionalität des Denkens dann endlich erfüllt.

3.8 Literatur

- Amelung, D., & Funke, J. (2013): Dealing with the uncertainties of climate engineering: Warnings from a psychological complex problem solving perspective. *Technology in Society*, 35(1), 32–40. <http://doi.org/10.1016/j.techsoc.2013.03.001>.
- Amelung, D., & Funke, J. (2015): Laypeople's risky decisions in the climate change context: Climate engineering as a risk-defusing strategy? *Human and Ecological Risk Assessment*, 21(2), 533–559. <http://doi.org/10.1080/10807039.2014.932203>.
- Barth, C. M., & Funke, J. (2010): Negative affective environments improve complex solving performance. *Cognition & Emotion*, 24 (7), 1259–1268. <http://doi.org/10.1080/02699930903223766>.

- Blech, C., & Funke, J. (2010): You cannot have your cake and eat it, too: How induced goal conflicts affect complex problem solving. *Open Psychology Journal*, 3 (1), 42–53. <http://doi.org/10.2174/1874350101003010042>.
- Brehmer, B., & Dörner, D. (1993): Experiments with computer-simulated microworlds: Escaping both the narrow straits of the laboratory and the deep blue sea of the field study. *Computers in Human Behavior*, 9 (2–3), 171–184. [http://doi.org/10.1016/0747-5632\(93\)90005-D](http://doi.org/10.1016/0747-5632(93)90005-D).
- Cronin, M. A., Gonzalez, C., & Serman, J. D. (2009): Why don't well-educated adults understand accumulation? A challenge to researchers, educators, and citizens. *Organizational Behavior and Human Decision Processes*, 108 (1), 116–130. <http://doi.org/10.1016/j.obhdp.2008.03.003>.
- Csapó, B., & Funke, J. (Eds.) (2017): *The nature of problem solving. Using research to inspire 21st century learning*. Paris: OECD Publishing. <http://doi.org/10.1787/9789264273955-en>
- Dörner, D. (1980): On the difficulties people have in dealing with complexity. *Simulation & Gaming*, 11(1), 87–106. <http://doi.org/10.1177/104687818001100108>.
- Dörner, D. (1989): Die Logik des Mißlingens. Strategisches Denken in komplexen Situationen. Hamburg: Rowohlt.
- Fischer, A. (2015): Wisdom -The answer to all the questions really worth asking. *International Journal of Humanities and Social Science*, 5(9), 73–83.
- Fischer, H., Degen, C., & Funke, J. (2015): Improving stock-flow reasoning with verbal formats. *Simulation & Gaming*, 46 (3–4), 255–269. <http://doi.org/10.1177/1046878114565058>.
- Funke, J. (2003): *Problemlösendes Denken*. Stuttgart: Kohlhammer.
- Funke, J. (2012): Complex problem solving. In N. M. Seel (Ed.), *Encyclopedia of the sciences of learning* (Vol. 38, pp. 682–685). Heidelberg: Springer. http://doi.org/10.1007/978-1-4419-1428-6_685.
- Funke, J., & Greiff, S. (2017): Dynamic problem solving: Multiple-item testing based on minimally complex systems. In D. Leutner, J. Fleischer, J. Grünkorn, & E. Klieme (Eds.): *Competence assessment in education. Research, models and instruments* (pp. 427–443). Heidelberg: Springer. http://doi.org/10.1007/978-3-319-50030-0_25.
- Mack, O., Khare, A., Krämer, A., & Burgartz, T. (Eds.) (2016): *Managing in a VUCA world*. Heidelberg: Springer. <http://doi.org/10.1007/978-3-319-16889-0>.
- Ramalingam, D., Philpot, R., & McCrae, B. (2017): The PISA 2012 assessment of problem solving. In B. Csapó & J. Funke (Eds.), *The nature of problem solving: Using research to inspire 21st century learning* (pp. 75–91). Paris: OECD Publishing. <http://doi.org/10.1787/9789264273955-en>.
- Sternberg, R. J. (2003): *Wisdom, intelligence, and creativity synthesized*. Cambridge: Cambridge University Press.
- Wissenschaftsrat. (2015): Zum wissenschaftspolitischen Diskurs über große gesellschaftliche Herausforderungen. Berlin.
- Wüstenberg, S., Greiff, S., & Funke, J. (2012): Complex problem solving — More than reasoning? *Intelligence*, 40(1), 1–14. <http://doi.org/10.1016/j.intell.2011.11.003>.