

Werner Krause

**„Gesetz und Experiment in der Psychologie“ –
zum Gedenken an Friedhart Klix, der am 13.10.2017
90 Jahre geworden wäre**

Vom 7. bis 9. April 1961 fand in Jena das III. DDR-Kolloquium der Psychologen statt. Es stand unter dem Thema „Gesetz und Experiment in der Psychologie“. Den gleichen Titel hat Friedhart Klix für seinen programmatischen Beitrag auf diesem Kolloquium gewählt. Sein Text beginnt mit folgenden Worten:

„In der gegenwärtigen internationalen Entwicklung der Psychologie, wie sie sich in den führenden Fachzeitschriften niederschlägt und wie sie auch auf dem XVI. Internationalen Kongress für Psychologie zum Ausdruck kommt, finden wir einen unverkennbaren Zug zur Vereinheitlichung einiger Grundannahmen über die Natur und die Eigenarten psychischen Geschehens.“

41 Jahre später führte die Leibniz-Sozietät anlässlich seines 75. Geburtstages ein Ehrenkolloquium durch. Paul Baltus, der damalige Vizepräsident der Leopoldina, formuliert in seiner Laudatio (Band 12 der Abhandlungen der Leibniz-Sozietät, 2004):

„Er steht in der Reihe der großen deutschen Psychologen wie Ebbinghaus und Fechner, sein Werk entsprechend in der Tradition der internationalen Blütezeit der deutschen Psychologie im späten 19. und beginnenden 20. Jahrhundert.“

Wie kam es zu dieser Entwicklung?

Friedhart Klix, Jahrgang 1927, erlebt noch als 17-jähriger Kriegsteilnehmer die Sinnlosigkeit des Krieges, gerät in britische Gefangenschaft, flieht, arbeitet in seinem Dorf Friedersdorf in der Lausitz als Neulehrer, holt das Abitur nach und studiert in Berlin Mathematik, hört Geschichtsvorlesungen und Vorlesungen über griechische Philosophie und entscheidet sich schließlich für Psychologie bei Professor Gottschaldt. Seine Dissertation bei Gottschaldt „Über die Größenkonstanz der Sehdinge bei Eigenbewegung des Wahrnehmenden“ war offenbar ein Einschnitt in seinem wissenschaftlichen Denken. Er behandelte die Frage „Ist die Größenkonstanz invariant gegen-

über Geschwindigkeit und Bewegungsweise des Wahrnehmenden im Raum?“ und sein Ergebnis lautet: Nein, keine Invarianz. Vielmehr muss der *Prozess* in seiner ganzen Komplexität betrachtet werden. Die Eigenschaften sind Bestandteile des Informationsverarbeitungsprozesses und keine singulären Dinge. Noch deutlicher formuliert er diesen Gedanken des funktionalen Zusammenhanges in seiner Habilitation „Elementaranalyse zur Psychophysik der Raumwahrnehmung“: Die nichteuklidische Struktur des Wahrnehmungsraumes lässt sich nicht aus den molaren Wahrnehmungsphänomenen“ ableiten.

Diese Einsicht in eine prozessuale Analyse führt ihn zur Kybernetik, deren Grundanliegen bekanntlich der Regelungs- und Steuerungsprozess ist. Er schreibt (Klix 2004):

„Die Bücher von Norbert Wiener über Kybernetik, von Shannon, Feinstein sowie Jaglom & Jaglom über Informationstheorie, von von Neumann & Rosenstern über Spieltheorie und schließlich die Arbeiten von Markow, Bar Hill, Kämmerer u.a. über Algorithmentheorie weckten in mir die Vermutung, dass in der Synthese dort gefundener Gedankengänge auch Neues für die Psychologie entstehen könnte.“

Wer neue Wege beschreitet, der erzeugt auch Gegenwind. So war es auch in seinem Fall. Die bei Professor Fischel in Leipzig eingereichte Habilitation wurde mit der Begründung abgelehnt, er sei durch seine

„Beschäftigung mit Informationstheorie, Algorithmentheorie und Systemtheorie der Psychologie so weit entfremdet, dass eine Habilitation in Sachen Psychologie nicht mehr infrage käme.“ (Klix 2004)

Die Habilitation fand dann bei Professor Straub an der TU Dresden statt.

Im Jahre 1960 fand in der Deutschen Akademie der Wissenschaften ein großer Kybernetikkongress statt, auf dem sein Vortrag „Über die Eignung von Markowketten für die Analyse von Lernprozessen“ eine hohe Resonanz erzielte. Dies war möglicherweise ein Startschuss für die Förderung seines Ansatzes durch Anerkennung in den Naturwissenschaften, den er zunächst kybernetische Psychologie, sodann aber *Psychophysik kognitiver Prozesse* nannte, verknüpft mit einer kleinen Gruppe gleichen Namens am Psychologischen Institut der Humboldt-Universität.

Es war nicht nur die Thematik, die uns alle antrieb: die Mathematisierung kognitiver Prozesse, es war auch die damalige Atmosphäre, die Aufbruchstimmung, die Friedhart Klix schuf und forderte. Ich erinnere mich an eine Begebenheit im Januar 1964 im Psychologischen Institut der Humboldt-Universität. Eines Morgens rief Friedhart Klix uns junge Assistenten, den Psychologen Lothar Sprung, den Mathematiker Hubert Sydow, den Phy-

siker Hans-Georg Geißler, den Ingenieur Klaus-Peter Timpe und mich in sein Zimmer. Er eröffnete die Besprechung sinngemäß mit den Worten:

„Wir müssen raus aus der Provinzialität. Wir werden im Herbst diesen Jahres (1964) ein Internationales Symposium veranstalten. Herr Geißler, worüber wollen sie sprechen?, Herr Sydow, worüber wollen Sie sprechen?, Herr Sprung, worüber Sie?, Herr Timpe, worüber wollen Sie sprechen?“

Jeder nannte ein Thema. Dann wandte er sich zu mir: „Herr Krause, Sie sind erst ein halbes Jahr da. Sie sagen mir morgen Bescheid.“

Schon frühzeitig ergriff Friedhart Klix die Initiative, ein Internationales Symposium im Rahmen der Deutschen Akademie der Wissenschaften einzuberufen. So kam es zu der Tagung 1964. Namhafte Wissenschaftler aus England, den USA, der damaligen Bundesrepublik, der damaligen Sowjetunion, Polen, Frankreich, der Schweiz, Holland, Japan, Österreich, Ungarn, Rumänien und der CSSR waren gekommen und hatten vorgetragen. Diese internationale Resonanz sollte sich intensivieren. Ein Höhepunkt war die Vergabe des Weltkongresses 1980 nach Leipzig.

In dieser Zeit der sechziger Jahre gab es in unserer kleinen Gruppe eine intensive Vortragstätigkeit über Kodierungsprozesse, über subjektive Metriken und deren Veränderung zur Beschreibung von Denkprozessen (Hubert Sydow), über das dynamische Verhalten von Bezugssystemen der Wahrnehmung und deren Beschreibung durch das normierte Faltungsintegral (Hans-Georg Geißler), über die Nutzung von Merkmalsvektoren und deren Veränderungen zur Beschreibung des Begriffserwerbs (Lothar Sprung), über lernabhängige sensomotorische Trackingleistungen und ihre Beschreibung durch zeitvariable Übertragungsfunktionen (Klaus-Peter Timpe), über die Nutzung von Markowprozessen zur Beschreibung des Strategieerwerbs im Problemlösen (eigene Arbeit) und vieles andere mehr. Über allem stand Friedhart Klix mit seiner Psychophysik kognitiver Prozesse, korrigierte, bündelte und gab die strategische Richtung vor (Klix 1968). Nur in diesem „Schmelztiegel“ konnte sich interdisziplinäre Zusammenarbeit entwickeln, eine der Grundvoraussetzungen für die später entstandenen „Elementaranalysen menschlicher Informationsverarbeitung“.

Friedhart Klix befasste sich zunächst mit der algorithmischen Beschreibung von Denkleistungen und der damit verbundenen Analyse von Strategien. Schließlich gelang dadurch auch eine Simulation von Problemlöseleistungen. Bis auf den Existenznachweis entstand aber zunächst nichts Neues. Aber schon bald erfolgte eine Konzentration auf Begriffe und Sprache, angeregt durch Bruner, Goodnow und Austin's „A study of thinking“. In die-

sem Buch wurden Klassifizierungsleistungen hinsichtlich ihrer logischen Struktur vorgestellt, es gab aber keine experimentellen Ergebnisse dazu. Mit den Arbeiten von Banerji vom MIT, vorgetragen auf dem Internationalen Symposium 1964, etablierte sich auch in Berlin die Vorstellung der Repräsentation von Begriffen durch Merkmalsvektoren. Die offene Frage war jedoch, in welcher Weise beim Erwerb von Begriffen die Merkmale miteinander verknüpft werden. Die zusammen mit Karin Goede durchgeführten Experimente lieferten eine algorithmische Beschreibung von Begriffsbildungsprozessen, wobei die wesentlichen Eigenschaften in der Adaptivität lagen: im Experiment wurde der Wechsel zwischen verschiedenen logischen Begriffsstrukturen (konjunktive und disjunktive) gefunden. Die experimentellen Ergebnisse schufen die Voraussetzung für die Entwicklung eines lernfähigen Klassifizierungsverfahrens, das von Fritz Wysotzki und seinen Kollegen im 1969 gegründeten Zentralinstitut für Kybernetik und Informationsprozesse erarbeitet wurde. Dies war zugleich ein Beleg dafür, wie sich experimentelle Ergebnisse der kognitiven Psychologie in praktisch nützliche Verfahren der Künstlichen Intelligenz umsetzen ließen. Natürlich waren adaptive Klassifizierungsverfahren aus der Künstlichen Intelligenz bekannt. Erinnert sei hier nur an das von Siegfried Unger installierte Verfahren der Ausbildung von Hyperebenen im mehrdimensionalen Raum. Die Vor- und Nachteile beider Verfahren konnten so im ZKI gegenüber gestellt werden. Ihre jeweiligen Vorzüge lagen in unterschiedlichen Anwendungsfeldern. Schließlich gingen aus diesen Forschungen auch die adaptiven Diagnoseverfahren für die Medizin hervor.

Aber noch immer waren die Forschungen im strukturellen Bereich angesiedelt. In dem schon fast legendären Beitrag von Friedhart Klix und Bodo Krause über „den Begriff Struktur in der Psychologie...“ von 1969 spiegelte sich auch die Bedeutung wider, die einem solchen zentralen Begriff entgegen gebracht wurde. Aber, so schreibt Friedhart Klix (Klix 2004):

„Es gab nirgendwo einen Durchbruch zu neuen Ufern. Es war eine Grenze erreicht wie bei den Propellerflugzeugen die Schallmauer.... Erst die Düsenkonstruktion erlaubte höhere Geschwindigkeiten. War ein analoger Durchbruch möglich? Ich war überzeugt: Ja. Und zwar dann und nur dann, wenn die Semantik in der Begriffsbildung mit erfasst werden kann. Aber das geht nicht bei Isolierung der Begriffe oder wie bei singulären logischen Strukturen. Semantik ist eingebettet in Kontexte (Klix & Hoffmann, 1980). Und die sind mit der Benutzung natürlicher Sprache und ihrer Bedeutungsnetze im Gedächtnis verbunden.“

Mit diesem Einbeziehen der Semantik eröffnet sich eine neue Perspektive in seiner Forschung. Aber kontinuierlich knüpft er an die Elementaranalyse

zur Begriffsbildung an und zeigt im Experiment, dass es nicht nur *eine* Klasse von Begriffen gibt und dass Relationen zwischen ihnen eine wichtige Rolle spielen.

Zwei Klassen von Begriffen werden unterschieden, die im menschlichen Gedächtnis verankert sind:

- Objektbegriffe wie Schuh, Birke usw., die Objektmengen durch ihre Merkmale binden und damit auch repräsentiert werden.
- Ereignisbegriffe wie Kaufen, Jagen usw., die Ereignisse fixieren und durch ihre semantischen Relationen repräsentiert werden.

Die Ereignisfolgebegriffe wie Schlachten → Verspeisen, die durch raumzeitlich gebundene Relationen im Gedächtnis fixiert sind, spielen als Unterklasse der Ereignisbegriffe eine wichtige Rolle.

Entscheidend dabei ist, dass unterschiedliche Begriffsklassen im Gedächtnis unterschiedlich repräsentiert sind und dass diese unterschiedlichen Repräsentationen mit unterschiedlichen Verarbeitungszeiten verknüpft sind. Diese unterschiedlichen Verarbeitungszeiten bilden die Grundlage für ihre Unterscheidung (zum einen ist die Verarbeitungszeit eine Funktion der Merkmalsmenge, zum anderen eine Funktion der Anzahl der „freien Bindungsarme“ einer Struktur). Klix und seine Mitarbeiter finden eine mittlere Erkennungszeit von 226 Millisekunden für einen Merkmalsvergleich, d.h. beim Vergleichen von Begriffen, die sich in einem Merkmal unterscheiden. Diese Zeit für eine kognitive Operation lässt sich erstaunlich gut mit der Zeitquantenhypothese von Hans-Georg Geißler in Übereinstimmung bringen: die Zeit für eine kognitive Operation (hier Vergleich von Merkmalen) ist ein ganzzahliges Vielfaches einer Grundzeit, die Geißler aus perzeptiven Prozessen erschlossen hat. Hier schimmert bereits der Anspruch nach Anforderungsinvarianz durch. Bezüglich der Invarianz sei auf den Beitrag von Bodo Krause verwiesen.

Mit dieser Bestimmung einer festen Zeit für eine kognitive Operation beim Merkmalsvergleich macht sich auch der Gedanke breit, es müsste molare Einheiten geben, deren Verknüpfung eine Anforderungsbewältigung ausmacht. In seinem 1992 erschienen Buch „Die Natur des Verstandes“ sind diese Ideen entwickelt. Im Vorwort dazu schreibt er:

„Bemerkenswert ist ..., wie immer wieder Grundmuster bei der Konstruktion kognitiver Gebilde kenntlich werden, die ihren Ursprung in adaptiven Vorgängen gegenüber einer im ganzen undurchsichtigen Welt haben. Sie zeigen sich auf ähnliche Weise bei der Konstruktion von Wegen in unbekanntem Terrain, bei der Bildung von Sätzen, im Umgang mit Zahlen, beim logischen Schließen

und selbst bei der Konstruktion von Werkzeugen oder Gerätschaften. Das wird in vielen Beispielen deutlich, und es nährt dies den Verdacht, dass hinter dieser Vielfalt geistiger Phänomene relativ wenige, vermutlich einfach und klar ausdrückbare Grundgesetze stecken, die heute noch niemand kennt, die aber ein verlockendes Ziel für eine Psychologie geistiger Prozesse im nächsten Jahrhundert werden könnten. Wer dies als Erster erahnt haben mag, war wohl Descartes, als er schrieb (Evres, Bd. X, S. 360):

„Das menschliche Denkvermögen bleibt immer ein und dasselbe, wenn es sich auch den verschiedensten Gegenständen zuwendet, und es erfährt durch ihre Verschiedenheit ebensowenig eine Veränderung wie das Sonnenlicht durch die Mannigfaltigkeit der Gegenstände, die es bestrahlt.“

Vergleicht man das 1971 erschienene Buch „Information und Verhalten“ mit dem nahezu 20 Jahre später erschienen Buch „Die Natur des Verstandes“, so fällt deutlich die Änderung in der Betrachtungsweise auf: während in „Information und Verhalten“ die Unterteilung nach den verschiedenen Anforderungen wie Wahrnehmen, Klassifizieren, Begriffsbildung, Problemlösen, Textverstehen mit ihren unterschiedlichen mathematischen Beschreibungsmöglichkeiten erfolgt, spiegelt sich in „Natur des Verstandes“ die Suche nach Modularem und Prozessuellem wieder, Größen also, die in der menschlichen Informationsverarbeitung bei den unterschiedlichsten Anforderungen immer wieder auftauchen.

In „Die Natur des Verstandes“ formuliert und begründet er sechs kognitive Operationen, die in jeweils vollkommen verschiedenen Anforderungen auftauchen:

- Aktiviation,
- Inhibition, (man denke hier z.B. an den Bildstufentest nach Norbert Roth [Roth 1990]): bei der Bilderkennung werden zunächst im Sinne der Erwartung viele Möglichkeiten aktiviert und später im unmittelbaren Moment des Erkennens alle bis auf eine Möglichkeit unterdrückt).
- Substitution,
- Transformation,
- Projektion,
- Inversion,

und vier Klassen kognitiver Prozeduren, die er an anderer Stelle auch Universalien des Denkens (Klix/Lanius 1999, S. 100) nennt: „Es sind Standardleistungen sozusagen, die mit ihren Resultaten ein Gutteil menschlichen geistigen Alltags ausmachen... und die in unterschiedlich komplexen Regionen mentaler Strukturbildungen wirksam sein können.“ (Klix 1992, S. 270)

- Vergleichsprozeden (z.B. beim Wahrnehmen (Gleich/Ungleich) und Urteilen oder beim Lösen von Inferenz- durch Vergleichsprozesse),
- Verkettungsprozeden (z.B. bei der Strategiebildung oder bei der Verkettung von Zuständen zur Messung der Effektivität im Gruppenkommunikationsprozess (Gundlach/Schulz 1987),
- Verdichtungsprozeden (z.B. beim Klassifizieren und Finden von Oberbegriffen oder bei der evolutionären Herausbildung des Zahlbegriffes),
- Verkürzungsprozeden (zur Vereinfachung komplizierter Gebilde oder Prozessverläufe, z.B. bei der Ersetzung der Addition durch Multiplikation).

Diese Universalien zeichnen sich durch ihre Anforderungsinvarianz aus und sind durch ihre evolutionäre Herausbildung begründet (Klix 1993).

Mit solchen Überlegungen zu modularen Einheiten verknüpft Friedhart Klix in logischer Konsequenz die Frage nach einer mentalen Grammatik, also nach einem Regelsystem, das die Verknüpfung kognitiver Operationen steuert. Um noch einmal aus seinem Buch „Die Natur des Verstandes“ zu zitieren:

„So könnte es doch sein, ... , dass es eine mentale Grammatik gibt, die aus originären kognitiven Operationen besteht und die im lexikalischen Bereich ebenso ansetzen wie beim konstruierenden Denken und die anders, womöglich einfacher funktionieren, als es die logisch-systematische Strukturbildung der grammatischen Lehrbücher nahelegt.“

Aber zu einer mentalen Grammatik kam es nicht mehr.

Was für ein Weg von der „algorithmischen Beschreibung einer Denkanforderung“ bis zu den Universalien des Denkens!

Und dennoch: eine Theoretische Psychologie gibt es nicht, aber der Architekt hat die Baupläne vorgelegt. Nun muss das Gebäude errichtet werden und dafür gibt es Ansätze: Die sechs kognitiven Operationen sind empirisch bestimmt. Eine Vollständigkeitsbetrachtung ist bislang nicht möglich. Für eine spezifische Klasse von Anforderungen, den deduktiven Inferenzen bei Ordnungsproblemen, hat Erdmute Sommerfeld (Sommerfeld 1994) eine Vollständigkeitsbetrachtung für die Transformation kognitiver Strukturen vorgelegt. Bezüglich der Generalisierung sei auf ihren heutigen Vortrag verwiesen.

Am Ende seines Lebens packt Friedhart Klix noch einmal große Themen an: die evolutionäre Begründung kognitiver Prozesse sowie die Herausbildung von Weltbildern in der Geschichte. Ein geplantes Buch „Wissen

und Glauben“, das sich mit der Wandlung von Weltbildern in der Geschichte befassen sollte, konnte er nicht mehr fertig stellen.

In dem letzten Buch „Wege und Irrwege der Menschenartigen“ (Klix/Lanius 1999) zusammen mit Karl Lanius setzen sie sich mit Wissen und Macht auseinander. Sie schreiben:

„Aber auch Wissen ist Macht ... Warum kann sich das nicht durchsetzen? Deshalb nicht, weil diese Macht ein Weltbild symbolisiert und so nur indirekt besteht. Erst dann, wenn dieses Wissen eingesetzt werden kann, die Macht der Mächtigen zu beeinflussen, erst dann besteht die Chance, dass sich besseres Wissen durchsetzen kann. Wenn nicht, wird auch besseres Wissen scheitern. Der umgekehrte Weg, erst die Macht zu nehmen und dann das Wissen einzusetzen, dieser Weg ist schon zu oft in der Geschichte gescheitert als dass man darauf noch Hoffnung setzen sollte.“

Eine Laudatio für einen Wissenschaftler und Hochschullehrer muss hierzu-lande die *Anzahl* seiner Bücher, die Anzahl seiner in fremde Sprachen übersetzten Monografien, die Anzahl seiner Publikationen in führenden wissenschaftlichen Zeitschriften, die Anzahl der von ihm betreuten Dissertationen und Habilitationen usw. enthalten. Friedhart Klix hat solche Zahlenangaben nie gemocht. Aber eine Zahl nannte er – und wer ihn genau kannte, spürte den Stolz in seiner Stimme. Er sagte: „Aus meinem Institut sind 36 Professoren hervorgegangen.“

Lassen Sie mich auf den Ausgangspunkt meines Vortrages zurückkommen, zu jenem legendären Beitrag von Friedhart Klix aus dem Jahre 1961: „Gesetz und Experiment in der Psychologie“. Dort schreibt er im Abschnitt über Grundstrukturen psychischer Prozesse und die allgemeine Charakterisierung von Verlaufsgesetzen:

„Gehen wir vom allgemeinen Vorgang der Wechselwirkung (zwischen Mensch und Umgebung WK.) bei der Kennzeichnung psychischer Prozesse aus, so lassen sich genau drei Verlaufsformen unterscheiden:

- (1) Prozesse mit Entropieaufbau;
- (2) Prozesse mit konstanter Entropie;
- (3) Prozesse mit Entropieabbau.“

Für den Fall (3) Prozesse mit Entropieabbau formuliert er aus:

„Alle Formen von Lernprozessen... die Entwicklung der Sprache und des Denkens wie alle Formen des produktiven Denkens,... alle Formen der schöpferischen Tätigkeit, der Ausbildung von Werthaltungen, Weltanschauungen und Überzeugungen...“.

Etwa 50 Jahre später konnte ein Vorschlag für die *Messung* des Entropieabbaus im Denken (Heinrich 1997; Krause 1991, 2017a; Krause et al. 2003; Schack 1997; Seidel 2004) vorgelegt werden: Mathematisch Hochbegabte weisen einen höheren Entropieabbau auf als Normalbegabte innerhalb der ersten zehn Sekunden beim Lösen eines mathematischen Problems. Wir haben vor einem Jahr an dieser Stelle darüber gesprochen (Krause 2017b). Dieser Vorschlag zur Messung des Entropieabbaus im Denken ist von Li Zhang (Li Zhang 2017) in China in diesem Jahr bestätigt worden.

Literatur

- Geissler, Hans-Georg (1968): Zur Analyse des dynamischen Verhaltens von Bezugssystemen der menschlichen Wahrnehmung. In: Klix, Friedhart (Hg.): *Kybernetische Analysen geistiger Prozesse*. Berlin: VEB Deutscher Verlag der Wissenschaften, S. 75–105
- Geissler, Hans-Georg (1991): Zeitcodekonstanten – ein Bindeglied zwischen Psychologie und Physiologie bei der Erforschung kognitiver Prozesse? Hypothesen und Überlegungen zu Quantenstrukturen in der Alphaaktivität des Gehirns. In: *Zeitschrift für Psychologie*, Bd. 199, S. 121–143
- Geissler, Hans-Georg (1992): New magic numbers in mental activity: On a taxonomic system for critical time periods. In: Geissler, Hans-Georg; Link, S. W.; Townsend, J. T. (eds.): *Cognition, Information Processing and Psychophysics*. Hillsdale: Erlbaum, pp. 293–321
- Geissler, Hans-Georg (1994): Über Möglichkeiten zeitlich-diskreter Strukturierung in Wahrnehmung und Gedächtnis: Betrachtungen in Sachen „Zeitquanten“. In: Dörner, Dietrich; van der Meer, Elke (Hg.): *Das Gedächtnis*. Göttingen: Hogrefe, S. 19–52
- Gundlach, Wilfried; Schulz, Gisela (1987): Ist die Effektivität von Problemlösungen aus Diskussionen voraussagbar? In: *Psychologie für die Praxis*, Jg. 4, S. 350–368
- Heinrich, Frank (1997): Diskussionsmaterial zur Untersuchung der Doppelrepräsentationshypothese und einige Bemerkungen aus mathematikdidaktischer Sicht (unveröffentlicht)
- Heinrich, Frank (2003a): Theoretische Analysen und empirische Erkundungen über das Wechseln von Lösungsanläufen beim Lösen mathematischer Probleme. Jena: Friedrich-Schiller-Universität Jena (Habilitationsschrift)
- Heinrich, Frank (2003b): Zum Wechselspiel zwischen Geometrie und Arithmetik/Algebra als ein heuristisches Leitprinzip im (bzw. von) Mathematikunterricht. Jena: Friedrich-Schiller-Universität Jena, Fakultät für Sozial- und Verhaltenswissenschaften (Vortrag zur Habilitationsverteidigung)
- Heinrich, Frank (2003c): Zur Einführung. In: *Der Mathematikunterricht. Zum Wechselspiel zwischen Figuren und Zahlen*, Jg. 49/H. 6, S. 3–5
- Klix, Friedhart (1962): Gesetz und Experiment in der Psychologie. In: *Probleme und Ergebnisse der Psychologie*, H. III/IV, S. 1–36
- Klix, Friedhart (1968): *Kybernetische Analysen geistiger Prozesse*. Berlin: VEB Deutscher Verlag der Wissenschaften

- Klix, Friedhart (1968): Neue Ergebnisse und Entwicklungstendenzen in der kybernetisch-psychologischen Erforschung kognitiver Prozesse. In: Klix, Friedhart (Hg.): *Kybernetische Analysen geistiger Prozesse*. Berlin: VEB Deutscher Verlag der Wissenschaften, S. 9–74
- Klix, Friedhart (1971): *Information und Verhalten*. Berlin: VEB Deutscher Verlag der Wissenschaften
- Klix, Friedhart (1992): *Die Natur des Verstandes*. Göttingen: Hogrefe
- KLix, Friedhart (1993): *Erwachendes Denken*. Heidelberg: Spektrum Akademischer Verlag
- Klix, Friedhart (2004): Friedhart Klix. In: Lück, Helmut, Ekkehart (Hg.): *Psychologie in Selbstdarstellung*. Lengerich: Pabst Sciences Publishers, Bd. 4, S. 168–192
- Klix, Friedhart; Krause, Bodo (1969): Zur Definition des Begriffes „Struktur“, seiner Eigenschaften und Darstellungsmöglichkeiten in der Experimentalpsychologie. In: *Zeitschrift für Psychologie*, Bd. 176, S. 22–54
- Klix, Friedhart; Hoffmann, Joachim (1980): *Cognition and Memory*. Amsterdam u.a.O.: North Holland
- Klix, Friedhart; Lanius, Karl (1999): *Wege und Irrwege der Menschenartigen*. Stuttgart: Kohlhammer
- Krause, Bodo; Krause, Werner (Hg.) (2004): *Psychologie im Kontext der Naturwissenschaften*. Festschrift für Friedhart Klix zum 75. Geburtstag. *Abhandlungen der Leibniz-Sozietät*, Bd. 12. Berlin: trafo verlag
- Krause, Werner (1968): Die Entstehung von Strategien und ihr Einfluß auf einen einfachen Problemlöseprozeß. In: Klix, Friedhart (Hg.): *Kybernetische Analysen geistiger Prozesse*. Berlin: VEB Deutscher Verlag der Wissenschaften, S. 137–158
- Krause, Werner (1970): Untersuchungen zur Komponentenanalyse in einfachen Problemlöseprozessen. In: *Zeitschrift für Psychologie*, Bd. 177, S. 199–249
- Krause, Werner (1991): Ordnungsbildung im Denken und kognitiver Aufwand. In: *Zeitschrift für Psychologie (Suppl.)*, Bd. 11, S. 404–421
- Krause, Werner (2017a): Processing of Information in Microstates. Results of an elementary analysis of human information-processing, reconsidered. In: *Leibniz Online*, Nr. 25, S. 1–26 (<https://leibnizsozietat.de/wp-content/uploads/2017/01/WKrause-2.pdf>)
- Krause, Werner (2017b): Entropiereduktion im Denken. In: *Leibniz Online*, Nr. 25, S. 1–16 (<https://leibnizsozietat.de/wp-content/uploads/2017/01/WKrause-1.pdf>)
- Krause, Werner; Seidel, Gundula; Heinrich, Frank (2003): Entropy reduction in mathematical giftedness. In: Lindemann, Udo. (ed.): *Human Behaviour in Design*. Berlin u.a.O.: Springer, S. 63–71
- Lander, Hans-Jürgen (1968): Strukturbildungsprozesse über Gedächtniseinheiten bei seriellem Lernen. In: Klix, Friedhart (Hg.): *Kybernetische Analysen geistiger Prozesse*. Berlin: VEB Deutscher Verlag der Wissenschaften, S. 197–215
- Roth, Norbert; Heine, A.; Borkhardt, A.; König, T.; Knye, Manfred (1990): Die Aktivierung gespeicherter Information – Versuch einer psychophysischen Analyse des Gedächtnisabrufes. Vortragsmanuskript. Lerntagung an der Universität Halle-Wittenberg (unveröffentlicht)
- Schack, Bärbel (1997): *Adaptive Verfahren zur Spektralanalyse Instationärer Mehrdimensionaler Biologischer Signale*. Ilmenau: Technische Universität Ilmenau (Habilitationsschrift)

- Schack, Bärbel (1999): Dynamic Topographic Spectral Analysis of Cognitive Processes. In: Uhl, Ch. (ed.): Analysis of Neurophysiological Brain Functioning. Berlin u.a.O., S. 230–248
- Schack, Bärbel; Krause, Werner (1995): Dynamic power and coherence analysis of ultra short-term cognitive processes – a methodical study. In: Brain Topography, Bd. 8, S. 127–136
- Seidel, Gundula (2004): Ordnung und Multimodalität im Denken mathematisch Hochbegabter: sequentielle und topologische Eigenschaften kognitiver Mikrozustände. Berlin: WVB
- Sprung, Lothar (1968): Zur Analyse kognitiver Prozesse im Klassifizierungsverhalten. In: Klix, Friedhart (Hg.): Kybernetische Analysen geistiger Prozesse. Berlin: VEB Deutscher Verlag der Wissenschaften, S. 184–196
- Sprung, Lothar; Sprung, Helga (2010): Eine kurze Geschichte der Psychologie und ihrer Methoden. München u.a.O.: Profil Verlag
- Sommerfeld, Erdmute (1994): Kognitive Strukturen. Münster u.a.O.: Waxmann
- Sommerfeld, Erdmute; Krause, Werner (2013): „Objektiv, aber speziell“: Psychologie als Naturwissenschaft. In: Leibniz Online, Nr. 15, S. 1–23 (http://www.leibnizsozietat.de/wp-content/uploads/2013/11/sommerfeld_krause_2.pdf)
- Sydow, Hubert (1968): Versuche zur strukturellen und metrischen Darstellung von Problemzuständen in Lösungsprozessen. In: Klix, Friedhart (Hg.): Kybernetische Analysen geistiger Prozesse. Berlin: VEB Deutscher Verlag der Wissenschaften, S. 159–183
- Sydow, Hubert (1970): Zur metrischen Erfassung von subjektiven Problemzuständen und zu deren Veränderung im Denkprozeß II. In: Zeitschrift für Psychologie, Bd. 178, S. 1–50
- Timpe, Klaus-Peter (1968): Ansätze zur Modellierung eingeübter sensomotorischer Prozesse (Das Regelverhalten des Menschen). In: Klix, Friedhart (Hg.): Kybernetische Analysen geistiger Prozesse. Berlin: VEB Deutscher Verlag der Wissenschaften, S. 106–136
- Weinrich, Lutz (1968): Strukturanalyse des Wach-EEGs zur Charakterisierung psychophysiologischer Aktivität. In: Klix, Friedhart (Hg.): Kybernetische Analysen geistiger Prozesse. Berlin: VEB Deutscher Verlag der Wissenschaften, S. 216–228
- Zhang, Li (2017): Mitteilung per E-Mail am 08.08.2017