

Bodo Krause

Interdisziplinarität in der experimentellen Psychologie – Erinnerungen an Friedhart Klix

1. Zum Anliegen

Ein interdisziplinärer und systemisch orientierter Zugang zur Experimentellen und Allgemeinen Psychologie war das wesentliche Kennzeichen des Wirkens von Friedhart Klix. Dies stimmte mit dem naturwissenschaftlichen Zeitgeist überein, der durch die Entwicklungen in der Informationstheorie und Kybernetik geprägt war. Ich erfuhr dies nach meinem Mathematikstudium durch Vermittlung meines Betreuers Professor Dr. Lothar Budach (außerhalb der damals üblichen Absolventenvermittlung), als ich zu einem Vorstellungsgespräch an das Institut für Psychologie bei Professor Dr. Friedhart Klix eingeladen wurde. Ein Gespräch, in dem Friedhart Klix die inhaltlichen Erwartungen an einen Mathematiker in einer naturwissenschaftlich orientierten Psychologie in einem großen Bogen überzeugend und mich begeisternd umriss. Folglich wurde ich 1966 Wissenschaftlicher Assistent am Institut für Psychologie der Humboldt-Universität.

Das Wirken von Friedhart Klix für eine naturwissenschaftlich und interdisziplinär orientierte Psychologie wurde bereits bei früheren Anlässen mehrfach dargestellt (z.B. in Krause, B./Krause, W. 2004). Ich will daher in diesem Beitrag versuchen aufzuzeigen, wie und in welchem Ausmaß sich richtungweisende Impulse von Friedhart Klix auf meine wissenschaftliche Entwicklung und darüber hinaus in der Entwicklung der Experimentellen Psychologie ausgewirkt haben und noch heute Aktualität besitzen. Dies werde ich, aus meiner persönlichen Sicht, anhand von drei für mich relevanten Orientierungen ausführen, die Friedhart Klix mir in der ersten Phase meiner Tätigkeit am Institut für Psychologie der HU Berlin nahe legte. Insbesondere will ich als Mathematiker dabei verdeutlichen, dass diese interdisziplinäre und systemische Sichtweise von Friedhart Klix dazu führte, dass das Methodenspektrum sowohl für die Beobachtungsmethoden als auch die Auswertungsmethoden der experimentellen Psychologie entscheidend erweitert wurde und damit essenzielle methodische Fortschritte und eine theoretische Weiterentwicklung in der Psychologie ermöglichte:

- a) der *Orientierung auf die Faktorenanalyse* als einem multiplen statistischen Modell für die Aufklärung von Komponenten intelligenten Verhaltens und den daraus folgenden multivariaten und hierarchischen Ansätzen ihrer Modellierung,
- b) der *Orientierung auf die strukturellen und semantischen Zusammenhänge*, die psychischem Verhalten und psychischen Prozessen zugrunde liegen und
- c) der *Orientierung auf physiologische und neuronale Grundlagen* psychischer Prozesse, insbesondere die neurokognitive Modellierung.

Mit diesen Orientierungen wird gleichzeitig deutlich, dass Friedhart Klix, der als Psychologe auch Vorlesungen in Mathematik und Physiologie besuchte, psychisches Geschehen systemisch als einen Prozess verstand, der durch die interdisziplinären Verflechtungen mit den aktuellen Entwicklungen in der Informationstheorie, der Kybernetik und den neuronalen Grundlagen des Verhaltens zu analysieren ist. Sein Buch „Information und Verhalten“ (Klix 1971) gilt bis heute als ein Standardwerk der Experimentellen Psychologie und kennzeichnet die fundamentale Bedeutung von Information und (organismischer) Informationsverarbeitung für die Psychologie als Wissenschaft des Erlebens, Verhaltens und seiner Entwicklung. Der Untertitel macht dies deutlich: *„Kybernetische Aspekte der organismischen Informationsverarbeitung, Einführung in naturwissenschaftliche Grundlagen der Allgemeinen Psychologie.“* Schon 1962 kennzeichnete Klix diesen Zugang:

„Aus der Kenntnis kybernetischer Struktur- und Funktionsanalysen erwächst uns in der Psychologie zum ersten Mal die Möglichkeit einer streng verifizierbaren Begründung der (möglichen) materiellen Strukturen und des dialektischen Wesens psychischer Zusammenhänge und Prozesse.“

Meine thematische Eingrenzung hat zur Folge, dass andere wesentliche Wirkungsfelder von Friedhart Klix hier ausgeblendet werden, so z.B. die von ihm initiierte und beförderte Fachrichtung Ingenieurpsychologie an der HU Berlin, die dann auch ein Studiengang im Studienprogramm für Diplompsychologen in der DDR (vgl. Probleme und Ergebnisse der Psychologie 8, 1963) wurde. In diesen Kontext gehört auch das von ihm mit initiierte internationale Netzwerk Man-Computer-Interaction-Research (MACINTER), das eine direkte internationale Einbindung und Verhertzung unserer Forschungsansätze ermöglichte. Aber auch sein Wirken als Präsident der internationalen psychologischen Gesellschaft IUPsyS, der u.a. die Aufnahme der IUPsyS als Mitglied im Internationalen Verband der Naturwissenschaften (International Council for Science, ICSU) 1982 erfolgreich erreichte.

2. Zur Orientierung auf die Faktorenanalyse als einem multiplen statistischen Modell für intelligentes Verhalten

Mit der Orientierung auf die Faktorenanalyse verband Klix meinen Einstieg in die Methodenlehre, speziell die diagnostische Verfahrenstheorie. Damit verbunden, und das soll hier kurz skizziert werden, ist der Zusammenhang mit methodischen Entwicklungen, die neue und weiterführende Zugänge zur Analyse komplexer Bedingungsgefüge ermöglichte. Mit dem Modell der multiplen linearen Faktorenanalyse begründet Thurstone (1945) einen Erklärungsansatz, der allgemein intelligente Leistungen, gemessen in Variablen X_i , aus dem Zusammenwirken mehrerer, voneinander unabhängiger Elementarfähigkeiten F_k (den Faktoren) erklärt:

$$X_i = \sum a_{ik} F_k + E_i,$$

wobei E_i die unaufgeklärten Reste (Residuen) bezeichnen. Sie werden als unabhängig voneinander und von den Faktoren angenommen. Die schematische Grundstruktur zeigt Abbildung 1:

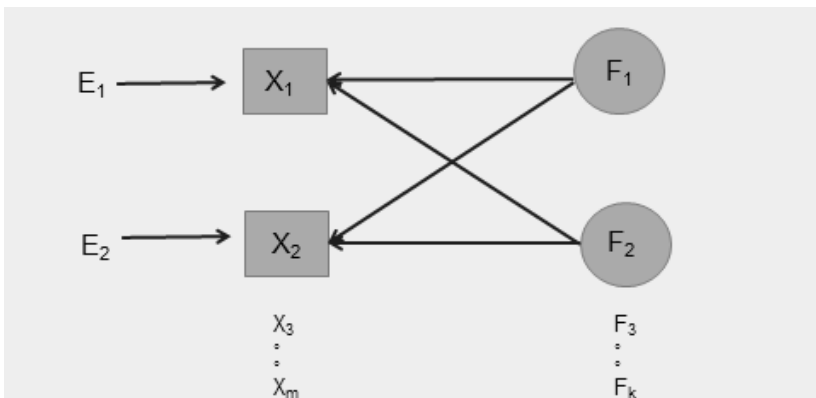


Abb. 1: Grundstruktur des multiplen Faktorenmmodells
(Primärfaktorenmodell; Erklärung im Text)

Für die Weiterentwicklung ist nun entscheidend, dass neben der Beurteilung der Passfähigkeit des Modells über die Residuen Fragen nach der Optimierung des Modells und nach Ursachen von Abweichungen gestellt wurden.

Abweichungen konnten zunächst bezüglich der Prüfung der Modellvoraussetzungen geprüft werden. So z.B. die Unabhängigkeit der Primärfaktoren (also die orthogonale Einfachstruktur). Einen Zugang hierfür begründete Bargmann (1955) mit einem statistischen Test. Fällt dieser negativ aus, dann bestehen zusätzliche Abhängigkeiten zwischen den Primärfaktoren, deren Aufklärung über Faktoren zweiter (allgemein höherer) Ordnung erfolgt (vgl. Thurstone 1944).

In der schematischen Darstellung der Grundstruktur einer solchen schiefwinkligen Faktorenstruktur der Abbildung 2 führen diese korrelativen Beziehungen der dann abhängigen Faktoren erster Ordnung zu einer zweiten (allgemein auch höheren) Faktorebene (hier global als FH bezeichnet), die dann Grundlage eines hierarchischen Faktorenmodells ist.

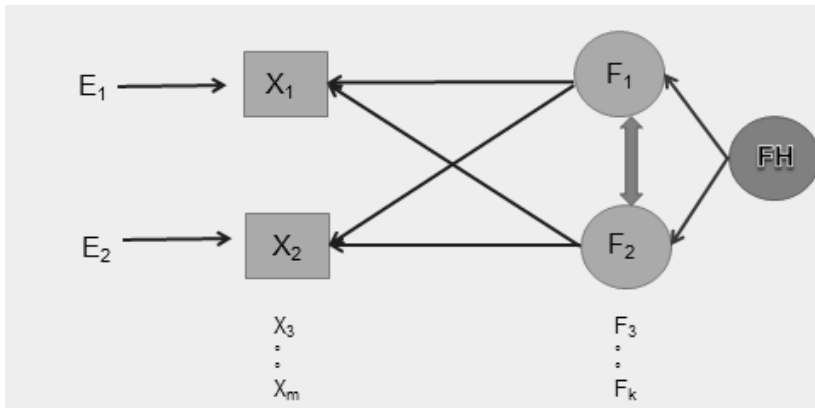


Abb. 2: Grundstruktur eines hierarchischen Faktorenmodells
(Erklärung im Text)

Eine wesentliche Weiterentwicklung ist mit der Betrachtung der Beobachtungsfehler als Bestandteil der Residuen verbunden. Die Annahme eigenständiger Fehler von Beobachtungen führte über die Differenzierung von latenten und manifesten Variablen bei Kendall und Stuart (1961) zu den Fehler-in-den Variablen Modellen, wie sie z.B. bei Humak, K.M.S. (1977) diskutiert werden. Die resultierenden Strukturgleichungsmodelle (realisiert über Rechenprogramme wie SEM, LISREL) sind Ausdruck davon und haben zwei Konsequenzen:

- sie erweitern die Möglichkeit, Quellen für mangelnde Passfähigkeit dadurch auszuweisen, dass sie zusätzlich Abhängigkeiten zwischen den Einflussgrößen und Fehlern in den Modellansatz einbeziehen können. Damit wird auch die bisherige Grundannahme unabhängiger Fehlerterme aufhebbar.
- sie gestatten zwei unterschiedliche Forschungszugänge: eine explorative Vorgehensweise, bei der versucht wird, die Modellstruktur durch Variation der freien Modellparameter bestmöglich an die Beobachtungsdaten anzupassen und eine konfirmative Vorgehensweise mit dem Ziel, eine abgeleitete oder explorativ erhaltene Modellstruktur anhand einer neuen Stichprobe zu bestätigen.

Eine besondere Anwendung haben diese Fehler-in-den-Variablen Ansätze in der Veränderungsmessung erhalten. Um Veränderungseffekte in der Entwicklung oder bei Interventionsmaßnahmen auszuweisen, werden Beobachtungsvariable $Y_1, Y_2 \dots$ zu zwei unterschiedlichen Zeitpunkten (Erst- und Zweitmessung) beobachtet und daraus jeweils die latenten Eigenschaftsausprägungen T_1 und T_2 abgeschätzt, insbesondere den Veränderungseffekt $T_2 - T_1$. Einen Zugang zur Modellanalyse bildet das nachfolgende TIC-Modell (Steyer et al. 1997). Entscheidend ermöglicht es dieser Ansatz zusätzlich, die Abhängigkeit einer beobachteten Veränderung vom Ausgangswert (also das klassische Ausgangswertgesetz von Wilder 1931) und die Abhängigkeit der Residuen zu beurteilen. Das Schema dieser Modellstruktur zeigt die Abbildung 3

Diese vor allem forschungsmethodische Entwicklung von der Strukturbeschreibung zur Modellierung der Entstehung von Beobachtungsdaten und allgemein psychischer Prozesse des Erlebens und Verhaltens haben wir als wesentliche Quelle psychologischer Theoriebildung und des Erkenntnisfortschritts zu verstehen (vgl. Krause 2009).

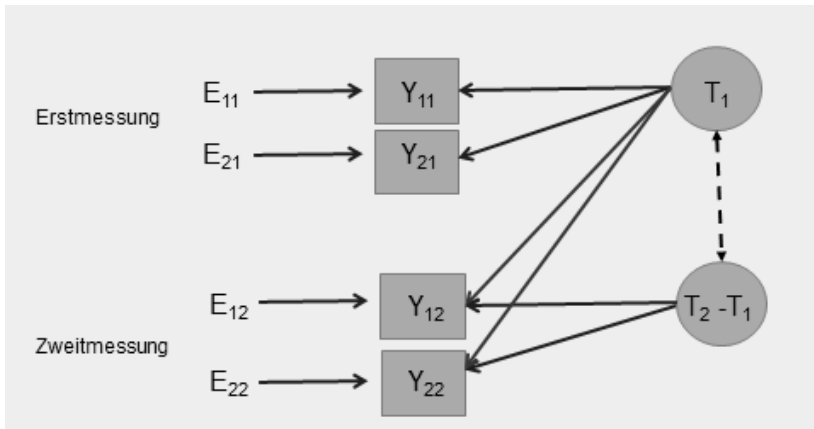


Abb. 3: Struktur des TIC-Modells (True Individual Change-Modell)

(nach Steyer u.a.; Erklärung im Text)

3. Zur Orientierung auf die strukturellen und semantischen Zusammenhänge, die psychischem Verhalten und psychischen Prozessen zugrunde liegen

Eine zweite Orientierung von Klix bezog sich darauf, meine Kenntnis im Fachgebiet Algebra für die Beschreibung und Kennzeichnung struktureller Zusammenhänge in der Experimentalpsychologie zu nutzen. Ein gemeinsamer Artikel (Klix/Krause 1969) wurde so zu meiner ersten Publikation in der Psychologie. Im Rahmen der Untersuchungen zur Funktion und Wirkungsweise des menschlichen Gedächtnisses betonte Klix immer wieder die besondere Bedeutung klassifikatorischer Prozesse für die Effektivität der Speicherung und Verfügbarkeit von Wissen. Zu deren Kennzeichnung wurden zunächst Elemente dieses Strukturkonzepts genutzt, um Begriffsstrukturen zu kennzeichnen. Ein Begriff B wurde durch seine Wortmarke $WM(B)$, eine Menge $O(B)$ zugehöriger Objekte und einer zugehörigen Relationsmenge $R(B)$ beschrieben:

$$B = \langle WM(B), O(B), R(B) \rangle.$$

Inner- und zwischenbegriffliche Relationen wurden unterschieden und ihre Nutzung im zeitlichen Verlauf untersucht, z.B. bei der Erkennung und Akzeptanz analoger Schlüsse. Dabei basieren Analogien auf der Übereinstimmung von Relationen zwischen Begriffen, etwa bei der Analogie Hund :

Welpen ~ Pferd : Fohlen. Allgemein ist die Analogieerkennung auf zwei Begriffspaare $B_1 : B_2 \sim B_3 : B_4$ bezogen, genauer auf die Frage, ob es zwischen B_1 und B_2 eine Relation gibt, die zwischen B_3 und B_4 gleichermaßen besteht.

Nach der obigen Strukturbeschreibung der Begriffe kann man nun das Erkennen einer Analogie in elementare Einzelschritte bezüglich des Erkennens der relevanten Relation in den Begriffspaaren und deren Vergleich zwischen den Begriffspaaren zerlegen. Eine Dekomposition der vollständigen Reaktionszeit ergab hier für die einzelnen Elementarschritte bei unterschiedlich begrifflich basierter Analogiebildung stets eine übereinstimmende Zeit von 220 msec je Elementarschritt (Klix/van der Meer 1978; Hoffmann/Klix et al. 1980).

Bezogen auf die Beziehungen zwischen Begriffen unterscheidet Klix (1986, 1999) Objektbegriffe und Ereignisbegriffe, wobei letztere an Vorgänge oder Ereignisse gebunden sind. Ereignisbegriffe beinhalten dadurch mehr als die Objektbegriffe, „dass sie im Rahmen von Ereignissen bestimmte Rollen haben“. Sie kennzeichnen also Geschehenstypen und so bedeutungshaltige und semantischen Beziehungen.

„Komplexere Begriffsstrukturen, die unserem begrifflichen Erkennen zugrunde liegen, bilden die Ereignisbegriffe. Charakteristische Beziehungen oder Ursachen-Folgebeziehungen haben starke Bindungen im menschlichen Gedächtnis.“ (Klix/Lanius 1999, S. 93)

In diesem Kontext der Evolution werden drei Ebenen des menschlichen Gedächtnisses unterschieden und kennzeichnen die Bedeutung dieser klassifikatorischen Prozesse:

„Bereits im Wirbeltiergedächtnis wurden den unseren ähnliche bildliche oder bildähnliche Gedächtnisrepräsentationen gespeichert. In der frühen Primatenentwicklung zum Homo sapiens hin entstanden klassifizierende Gedächtnisstrukturen. Sie bildeten den Hintergrund begrifflichen Denkens. Mit Homo sapiens verfestigten sich auch die mehrgliedrigen Assoziationen zwischen Begriffsstrukturen und lautlichen Benennungen.“ (S. 94)

Damit entstand die wesentliche Wechselwirkung zwischen Sprache und Denken. Dies war auch der Rahmen für die Entwicklung eines Ansatzes zur Analyse der Informationsverarbeitung in kognitiven Prozessen (Krause 1981), in dem ich einen Ansatz zur quantitativen Charakteristik der semantischen Informationsverarbeitung entwickelte und für die Herausbildung interner Gedächtnisstrukturen bei der Lösung von Problemen nutzte.

4. Zur Orientierung auf physiologische und neuronale Grundlagen psychischer Prozesse

Eine weitere interdisziplinäre Orientierungsrichtung von Friedhart Klix betrifft seine Überzeugung, dass physiologische und neuronale Zusammenhänge entscheidende Bedeutung für das Verständnis psychischen Erlebens und Verhaltens haben. Die Einbeziehung evozierter Potentiale aus dem EEG und der Pupillographie als Indikatoren psychischer Aktivitäten erschienen ihm unerlässlich. Zusammengefasst (Klix et al. 1980, S. 180)

„... one can say, we think, that psychophysiology is today in a position to make contributions to the clarification of difficult and complex problems of structural and processual properties of cognitive processes on the basis of psychological hypotheses.“

Aus dieser beispielgebenden Forschungsorientierung von Friedhart Klix begründeten sich für mich zwei weiterführende Ansatzpunkte:

a) *der Nutzung physiologischer Komponenten zur Kennzeichnung kognitiver Leistungen*

Dafür nutzten wir (Weimann et al. 1990) den Literaturbefund, dass sich aus der Sinusarrhythmie des Herzschlags ein Leistungsspektrum ergibt, für das drei Frequenzbereiche mit unterschiedlicher Bedeutung ausgewiesen waren:

- der Bereich um 0,03 Hz für thermoregulatorische vasomotorische Aktivitäten,
- der Bereich um 0,10 Hz für blutdruckregulatorische vasomotorische Aktivitäten und
- der Bereich oberhalb 0,20 Hz für respiratorische Aktivitäten.

Entscheidend ist nun, dass erst diese physiologische Aufklärung die Grundlage für gezielte Hypothesen über psychologische Aktivitäten ist. So berichtet u.a. eine Forschungsgruppe um Mulder (Mulder 1981), dass es einen Zusammenhang zwischen der Ausprägung der 0,10 Hz-Frequenz und dem Umfang des kognitiven, kontrollierten Verarbeitungsaufwands gibt. Unter dieser Erkenntnis sollte es dann auch möglich sein, den kognitiven Aufwand bei Tätigkeiten z.B. bei Bildschirmarbeit zu erfassen und für die arbeitspsychologische Gestaltungen von Bildschirmarbeitsplätzen zu nutzen. Es gelang uns, bei Nutzung einfacher kognitiver Anforderungen im Zahlenbereich diesen Zusammenhang experimentell zu bestätigen und dann auf dieser Grundlage einen Zugang für die Gestaltung von Bildschirmarbeitsplätzen im Bereich der Sparkasse erfolgreich zu entwickeln.

Es gibt weitere aufschlussreiche Untersuchungen in diesem Kontext. Ich möchte hier auf einen aktuellen Befund verweisen, den Pariser Kollegen unter Nutzung moderner bildgebender Verfahren vorgestellt haben. Almaric et al. (2014, 2016) identifizierten diejenigen Hirnregionen, die bei sprachlichen und bei mathematischen Denkanforderungen aktiviert werden. Sie waren deutlich unterschieden. Interessant wird dann der zusätzliche Befund, dass bei Rechenanforderungen aus dem kleinen Einmaleins nur das sprachbezogene Areal aktiviert wurde, Aufgaben des kleinen Einmaleins sind also hinsichtlich der Gehirnaktivität dem Vokabellernen vergleichbar. Die allgemeinere Konsequenz: Aufgaben des kleinen Einmaleins sind daher zur Kennzeichnung mathematischer Fähigkeiten nicht !! geeignet.

b) zur Nutzung des neurokognitiven Forschungsansatzes

Aus meiner persönlichen Sicht möchte ich auf eine weitere Orientierung von Friedhart Klix verweisen: die Entwicklung von neuronalen Netzen und eine länger währenden Zusammenarbeit mit Professor Werner Ebeling aus der Sektion Physik der HU Berlin. Zunächst natürlich unter dem Gedanken der Modellierung von Lernprozessen, weil diese neuronalen Netze es ermöglichten, auf der Grundlage der Selbstregulation Lernen von z.B. logischen Verknüpfungen nachzubilden. Besonders interessant war dabei das „ausschließliche oder“, das XOR, das sich im menschlichen Lernen als besonders schwer erweist. Für neuronale Netze konnte nun gezeigt werden, dass diese das XOR in einfacher Struktur nicht erlernen können, sondern dafür eine zweite Schicht von Neuronen benötigen. Erst diese zusätzliche verborgene („hidden“) Ebene ermöglicht die Beherrschung auch des XOR und wurde wiederholt experimentell nachgewiesen.

Im Gegensatz zu bekannten sequentiellen Lernprozeduren (wie z.B. LT oder GPS) war es gerade dieses Prinzip der Selbstregulation, das es ermöglichte, Lernen ohne vorgegebene Regelsysteme zu simulieren und damit dem Wesen kognitiver Lernschritte näherzukommen (vgl. Krause 1992, 1993, 1996). Die systeminterne Ausbildung von handlungsrelevantem Wissen konnte so erklärt und nachgebildet werden, so auch die Ausbildung von implizit, z.B. induktiv erworbenem Wissen.

Die weitreichende Bedeutung dieses Zugangs, und damit auch dieser Orientierung durch Klix, zeigt sich in einer aktuellen Diskussion der Archäologie. Im Zusammenhang mit Ausgrabungen in der prähistorischen Stadt Teotihuacán, der Stadt der Götter, entstand die Frage danach, wie in dieser Stadt regiert bzw. das Gemeinwesen gestaltet wurde. Anlass waren Feststellungen wie:

- Es wurden hier weder besonders prunkvolle Paläste noch Elendsviertel vorgefunden,
- es wurden keine prunkvollen Grabstätten, Monumente oder Grabmale vorgefunden,
- die Wohngebäude waren alle vergleichbar und gut ausgestattet.

Alles das war in den späteren Siedlungen der Maya und Azteken deutlich anders, wo z.B. Könige herrschten und sich dies in den Baudenkmalen, Wandgemälden und Monumenten entsprechend dokumentierte. All das führt zu der Vermutung, dass die Organisation des gesellschaftlichen Lebens hier möglicherweise anders ablief.

Tom Froese und Mitarbeiter (2014a, b; vgl. auch Husemann 2017) gehen davon aus, dass der Schlüssel für die Antwort in den kleineren Tempelkomplexen mit jeweils drei beieinanderstehenden Gebäuden zu suchen ist und deren Verbindungen mit einem neuronalen Netzwerk, hier einem Hopfield-Netz, zu vergleichen seien. Die Selbstorganisation als Lern- und Ordnungsprinzip neuronaler Netze könnte daher eine attraktive Alternative zum zentralen Gewaltmonopol gewesen sein.

Erik Vance (2015) präzisiert diesen Zugang durch die Hypothese, dass anstelle eines allmächtigen Königs, für dessen Existenz es bisher kein einziges Indiz gibt, eine Oligarchie von vier bedeutenden Familien gegeben haben könnte, von denen keine die Kontrolle besaß und die zu vorsichtigem Taktieren und Intrigieren gezwungen waren.

Diese Hypothese stellt auch eine interessante Ergänzung zu der Diskussion bei Klix und Lanius (1999) über den Klimastress und die gesellschaftliche Entwicklung u.a. im südlichen Maya-Tiefland (S. 242ff.) dar. Es entsteht die Frage, ob diese klimatischen Veränderungen nicht nur den dort diskutierten Einfluss auf die Organisation und Entwicklung der Arbeitsteilung und -gestaltung, sondern möglicherweise auch auf die Organisation des gesellschaftlichen Zusammenlebens hatten.

5. Fazit

Die interdisziplinäre und systemische Orientierung war die entscheidende Basis für den akademischen Anspruch, den Friedhart Klix in seinem wissenschaftlichen Wirken sich und seinen Mitstreitern stets auferlegt hat. Er dokumentiert sich insbesondere in seinen entwicklungsübergreifenden Darstellungen zur Entwicklungsgeschichte der menschlichen Intelligenz „Erwachendes Denken“ (Klix 1980) und den „Wegen und Irrwegen der Men-

schenartigen“ (Klix/Lanius 1999), hier besonders mit dem Untertitel „Wie wir wurden, wie wir sind“.

Es ist wohl gerade dieser akademische Anspruch im wissenschaftlichen Wirken, der das Vermächtnis von Friedhart Klix ausmacht.

Literatur

- Almaric, M.; Piazza, M.; Amadon, A.; Thirion, B.; Dehaene, S. (2014): High-level expertise for mathematical concepts recycles lateral occipito-temporal and parietal regions for number processing. Conference: Society for Neuroscience, November 2014 (<https://www.researchgate.net/publikation/281584660>)
- Almaric, M.; Dehaene, S. (2016): Origins of the brain networks for advanced mathematics in expert mathematicians. In: Proceedings of the National Academy of Sciences, 113 (18) 201603205, S. 1–12
- Froese, T.; Naim, L. R. M.; Gershenson, C. (2014a): Can Government be self-organized? A mathematical model of the collective social organization of ancient Teotihuacan, Central Mexico. PLoS ONE, Oct. 2014, S. 3–17
- Froese, T.; Fernandez, N.; Mezza-Garcia, N. (2014b): Reflections on the complexity of ancient social Hetrarchies: Toward new models of social self-organisation in pre-hispanic Colombia. In: Journal of Sociocybernetics, Dec. 2014
- Hoffmann, J.; Klix, F.; v. d. Meer, E.; Metzler, P. (1980): Structure and process in human memory. In: Klix, F./Krause, B. (eds.): Psychological research Humboldt-Universität Berlin 1960–1980. Berlin: Deutscher Verlag der Wissenschaften, S. 133–161
- Humak, K. M. S. (1977, 1983, 1984): Statistische Methoden der Modellbildung 1, 2 und 3. Band I: Statistische Inferenz für lineare Parameter; Band II: Nichtlineare Regression, robuste Verfahren in linearen Modellen, Modelle mit Fehlern in den Variablen. Band III: Statistische Inferenz für Kovarianzparameter. Berlin: Akademie-Verlag
- Husemann, D. (2017): Teotihuacan Stadt der Rätsel. In: Bild der Wissenschaft, 7, S. 53–60
- Klix, F. (1962): Über einige Beziehungen zwischen Kybernetik und Psychologie. In: Probleme und Ergebnisse der Psychologie, 6, S. 39–74
- Klix, F. (1971): Information und Verhalten. Berlin: Deutscher Verlag der Wissenschaften
- Klix, F. (1976): Strukturelle und funktionelle Komponenten des menschlichen Gedächtnisses. In: Klix, F. (ed.): Psychologische Beiträge zur Analyse kognitiver Prozesse. Berlin: Deutscher Verlag der Wissenschaften, S. 57–98
- Klix, F. (1980): Erwachendes Denken. Eine Entwicklungsgeschichte der menschlichen Intelligenz. Berlin: Deutscher Verlag der Wissenschaften
- Klix, F. (1986): Memory research and knowledge engineering. In: Klix, F.; Wandke, H. (eds.): Man-computer interaction research MACINTER-I. Amsterdam u.a.O.: North Holland, S. 97–116

- Klix, F. et al. (1963): Vorläufiger Plan für die Spezialausbildung „Ingenieurpsychologie“ am Institut für Psychologie der Humboldt-Universität Berlin. In: Probleme und Ergebnisse der Psychologie, 8, S. 100–103
- Klix, F.; Krause, B. (1969): Zur Definition des Begriffs „Struktur“, seiner Eigenschaften und Darstellungsmöglichkeiten in der Experimentalpsychologie. In: Zeitschrift für Psychologie, 176, S. 22–54
- Klix, F.; Kukla, F.; Klein, R. (1976): Über die Unterscheidbarkeit von Klassen semantischer Relationen im menschlichen Gedächtnis. In: Klix, F. (ed.): Psychologische Beiträge zur Analyse kognitiver Prozesse. Berlin: Deutscher Verlag der Wissenschaften, S. 302–314
- Klix, F.; van der Meer, E. (1978): Analogical reasoning- an approach to mechanisms underlying human intelligence performances. In: Klix, F. (ed.): Human and artificial intelligence. Berlin: Deutscher Verlag der Wissenschaften, S. 193–211
- Klix, F.; Rebentisch, E.; Sinz, R. (1980): In: Klix, F.; Krause, B. (eds.): Psychological Research Humboldt-Universität Berlin 1960–1980. Berlin: Deutscher Verlag der Wissenschaften, S. 162–181
- Klix, F.; Lanius, K. (1999): Wege und Irrwege der Menschenartigen. Stuttgart u.a.O.: Kohlhammer
- Krause, B. (1981): Zur Analyse der Informationsverarbeitung in kognitiven Prozessen. Zeitschrift für Psychologie, Suppl. 2
- Krause, B. (1992): Kognitives Lernen – Ansätze und experimentelle Befunde. In: Zeitschrift für Psychologie, 200, S. 199–223
- Krause, B. (1993): Modelling cognitive learning steps. In: Brzesinski, J. (ed.): Probability in theory building: Experimental and non-experimental models of scientific research in behavioural sciences. Amsterdam: Rodopi, S. 61–73
- Krause, B. (1996): Towards a theory of cognitive learning. In: Brzesinski, J., Krause, B. & Maruszewski, T. (eds.): Idealization in Psychology. Amsterdam: Rodopi, S. 177–194
- Krause, B. (2009): Mathematik in der Psychologie: Von der Strukturbeschreibung zur Modellierung psychischer Prozesse des Erlebens und Verhaltens. In: Banse, G.; Küttler, W.; März, R. (Hg.): Die Mathematik im System der Wissenschaften. In: Abhandlungen der Leibniz-Sozietät der Wissenschaften, 24. Berlin: Trafo-Wissenschaftsverlag, S. 87–110
- Krause, B. (2015): Der Einfluss der Kybernetik auf die psychologische Forschungsmethodik. In: Fuchs-Kittowski, K.; Zimmermann, E. (Hg.): Kybernetik, Logik, Semiotik – Philosophische Sichtweisen. In: Abhandlungen der Leibniz-Sozietät der Wissenschaften, 40. Berlin: Trafo Wissenschaftsverlag, S. 173–188
- Krause, B. (2016): Zum Verständnis von Information aus naturwissenschaftlich-psychologischer Sicht. In: Fuchs-Kittowski, F.; Kriesel, W. (Hg.): Informatik und Gesellschaft. Festschrift zum 80. Geburtstag von Klaus Fuchs-Kittowski. Frankfurt/M.: Peter Lang, S. 75–86
- Krause, B.; Krause, W. (Hg.) (2004): Psychologie im Kontext der Naturwissenschaften. Beiträge zur menschlichen Informationsverarbeitung – Festschrift für Friedhart Klix zum 75. Geburtstag. Abhandlungen der Leibniz-Sozietät, Band 12. Berlin: Trafo-Verlag
- Mulder, G.; Mulder, L. J. M. (1981): Information processing and cardiovascular control. In: Psychophysiology, 18
- Thurstone, L. L. (1947): Multiple-factor analysis. Chicago: University of Chicago Press

- Vance, E. (2015): Wer regierte Teotihuacán- die Stadt der Götter? (<http://www.spektrum.de/news/wer-regiert-teotihuacan/1334139>)
- Weimann, J.; Krause, B.; Schulz, E.; Zimmer, K. (1990): Indikation des kognitiven Aufwands beim interaktiven Problemlösen. In: *Wissenschaftliche Zeitschrift der Humboldt-Universität zu Berlin, Reihe Mathematik/Naturwissenschaften*, 39, S. 33–37
- Wilder, J. (1931): Das „Ausgangswert-Gesetz“, ein unbeachtetes biologisches Gesetz und seine Bedeutung für Forschung und Praxis. In: *Zeitschrift für Neurologie*, 137, S. 317–338