

Anna-Marie Metz

Psychophysiologie und menschliche Informationsverarbeitung

„Psychophysiology has developed as a result of efforts made to attribute physiological correlates to the knowledge of man’s mental or motivational performances.“

(Klix et al. 1980, S. 162)

Persönliche Vorbemerkung

Friedhart Klix kenne ich seit Beginn meines Studiums an der Humboldt-Universität, zunächst als – damals noch – Dozenten. Als er nach seiner Jenenser Zeit nach Berlin zurückkam, betreute er meine Diplomarbeit und anschließend meine Dissertation. Obwohl ich meine wissenschaftliche Arbeit jenseits der Promotion außerhalb der Berliner Universität fortsetzte, blieben doch diese frühen Jahre in mehrfacher Hinsicht prägend. Fachlich war es die intensive Beschäftigung mit der mir bis dato kaum vertrauten Psychophysiologie im Kontext der kognitiven Psychologie. Auf der Metaebene war es die experimentell-naturwissenschaftliche Orientierung unseres Faches, der ich mich bis heute verbunden fühle, auch wenn arbeitspsychologische Themen in praxi kaum mit dem Prinzip der „isolierenden Bedingungsvariation“ eines Experiments bearbeitet werden können. Allerdings bin ich überzeugt – praktische Anwendung bedarf eines soliden Grundlagenbezugs. Das Lewin zugeschriebene Zitat, dass nichts so praktisch sei wie eine gute Theorie, gilt noch immer.

So werde ich mit der Perspektive „von außen“ versuchen, wichtige Entwicklungen psychophysiologischer Forschung am Berliner Psychologischen Institut in der Zeit von F. Klix zu würdigen und im zweiten Teil exemplarisch auf eigene psychophysiologische Arbeiten einzugehen.

Anfänge psychophysiologischer Forschung in den 60er-Jahren

1962 waren die technischen Voraussetzungen psychophysiologischer Forschung am Berliner Institut aus heutiger Sicht bescheiden. Im Wesentlichen

stand nur ein analog aufzeichnendes achtkanaliges Verstärker- und Registriergerät samt Faradayschem Käfig zur Verfügung. Obwohl eigentlich für EEG-Ableitungen ausgelegt, ließ es sich auch zur Aufzeichnung anderer bioelektrischer Signale wie der Pupillenreaktion und der Muskelaktivität nutzen. Aufzeichnung und (manuelle) Datenauswertung erforderten nicht nur hohen personellen Aufwand, sondern auch Hartnäckigkeit und Frustrationstoleranz gegenüber diversen technischen Problemen.

In einer der frühen experimentellen Arbeiten am Institut wurde die Aktivität der Willkürmuskulatur als Indikator für das Erlernen sensomotorischer Bewegungen herangezogen. Pursuit-Tracking-Aufgaben sollten erlernt werden; die Leistungsgüte wurde quantitativ bestimmt über die Abweichungen des Folgepunktes von dem zu verfolgenden Kurvenzug. Zugleich wurde die bioelektrische Aktivität der an der Bewegung hauptsächlich beteiligten Muskeln *biceps brachii* und *triceps brachii* bipolar abgeleitet. Über die Verhaltensdaten hinaus, die sich wie erwartet einer exponentiellen Lernkurve anpassen ließen, konnten aus der registrierten Muskelaktivität zusätzliche Informationen bezüglich der Organisation des sensomotorischen Verhaltens gewonnen werden. Die Muskelaktivität, genauer die Innervationsdauer nimmt während des Lernens deutlich ab. Zum anderen wird die Koordination zwischen agonistisch und antagonistisch wirkenden Muskeln lernabhängig verändert: Die Aktivität des Antagonisten verschwindet gegen Ende des Lernprozesses, das Aktivitätsniveau des Agonisten wird minimiert. Im trainierten Zustand ist insgesamt ein effizientes Bewegungsmuster ausgebildet, das eine hohe Leistungsgüte sichert und zugleich den physiologischen Aufwand optimiert (vgl. Metz 1970).

Ging es im beschriebenen Ansatz um die Bestimmung des physiologischen Aufwands während des Erlernens einer koordinierten Bewegung, ist die Messung der „biologischen Kosten“ in überwiegend kognitiven Prozessen ein zentrales Problem der Psychologie. In welchem Maße eine von außen gegebene psychische Belastung sich im Erleben, im Leistungsverhalten und im Aufwand zur Bewältigung von Belastung niederschlägt, ist mit solchen Fragen verbunden wie: Kann arbeitsbezogene psychische Belastung minimiert/optimiert werden? Welche Copingmechanismen befähigen Beschäftigte, Fehlbelastungen zu bewältigen? Wie kann die eigene Gesundheit vor negativen Folgen von Fehlbeanspruchungen geschützt werden?

Hier ordnet sich die Arbeit von Maspfuhl aus den 60er-Jahren ein. Sie variierte die Schwierigkeit einer relativ einfachen Aufgabe, nämlich in visuell dargebotenen 8x8-Matrizen mit unterschiedlicher Relation schwarzer und weißer Felder zu schätzen, wie viele weiße Flächen in der jeweiligen Matrix sind. Die Schwierigkeit der Aufgabe lässt sich durch die Anzahl der Felder

problemlos variieren, sie wird subjektiv von den Versuchspersonen auch so wahrgenommen (gemessen über Paarvergleiche). Die parallel registrierte Muskelaktivität indizierte sehr differenziert den durch die unterschiedlich schwierigen Aufgaben ausgelösten physiologischen Aufwand. Als Marker wurde in diesem Experiment die Dauer der muskulären Präaktivierung von der Präsentation der Aufgabe bis zur Reaktion (Tastendruck) gewählt, d.h. genau die Zeit, in der die Verarbeitung der Information und die Organisation der Antwortreaktion erfolgt. Somit ist in beiden Paradigmen die bioelektrische Muskelaktivität sensitiv, zum einen bezogen auf Lernprozesse, zum anderen bezogen auf einfache kognitive Informationsverarbeitung.

Beide Arbeiten gehören zu den ersten psychophysiologischen Publikationen aus den frühen Jahren (vgl. Maspfuhl/Metz 1969 sowie Metz 1970). Ebenfalls in dieser Zeit veröffentlichten Klix und Giesbier (1969) erste Ergebnisse zur Messung des Aktivierungsniveaus mit Hilfe der Infrarot-Pupillografie während der Bearbeitung von Rechenaufgaben sowie während eines Gedächtnisexperimentes. Zuvor war bereits 1967 von Strauss ebenfalls mit Hilfe der Infrarot-Pupillografie geprüft worden, in welcher Weise Psychopharmaka die Pupillenmotilität beeinflussen (vgl. Strauss 1967). Weinrich (1968) wiederum bestimmte anhand der Grundaktivität des Spontan-EEG den zentralnervösen Aktivierungszustand und setzte diesen in Beziehung zu einfachen Signalentdeckungsleistungen. Nicht überraschend erwies sich der entspannte Wachzustand mit einem hohen Anteil von Alpha-Aktivität als optimale Voraussetzung für die erfolgreiche Signalentdeckung. Anfang der 1970er-Jahre war damit im wesentlichen das noch immer bescheidene technische Equipment entwickelt und erprobt sowie erste Erfahrungen mit psychophysiologischen Experimenten gesammelt. Bevorzugt wurde die experimentelle Suche nach tonischen Veränderungen der jeweiligen biologischen Parameter, die Indikatoren für psychische Zustände wie Wachheit, psychische Belastung durch kognitive Prozesse oder pharmakologisch bedingte Effekte. Phasische Reaktionen mit einem genau definierten Zeitbezug zu den auslösenden (Einzel)-Ereignissen/Aufgabenanforderungen konnten mit der vorhandenen Technik noch nicht mit hinreichender Genauigkeit bearbeitet werden.

Psychophysiologie am Psychologischen Institut in den Jahren 1970–1990

Die psychophysiologische Forschung wurde in diesen Jahren deutlich ausgeweitet und vertieft.

Zum einen ging es um die Differenzierung der Komponenten, der Struktur und der Prozesse menschlicher Informationsverarbeitung anhand des von

Klix ausgearbeiteten Modells des Informationsaustauschs zwischen Organismus und Umwelt (siehe Abb. 1) und deren physiologische Indikatoren. Damit gerieten phasische Reaktionen in den Fokus.

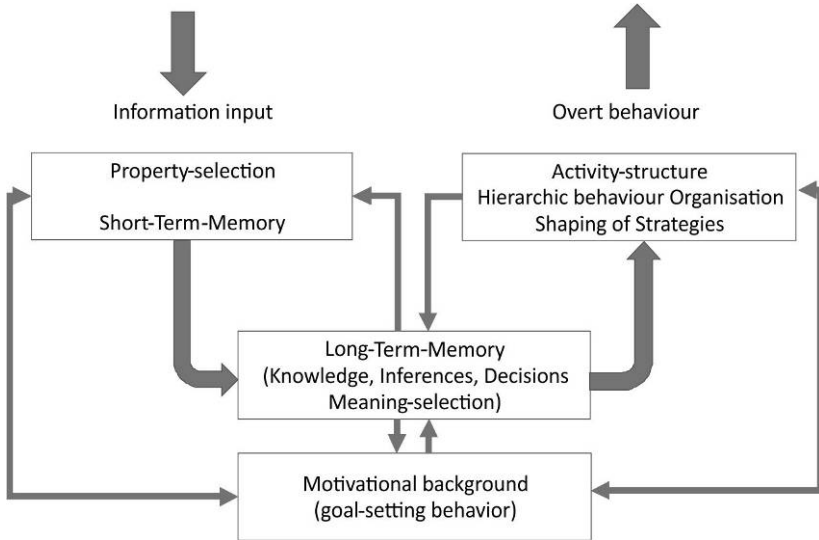


Abb. 1: Rahmenschema zur menschlichen Informationsverarbeitung

(modifiziert nach Klix 1980, S. 16)

Zum anderen wurde das Methodenspektrum psychophysiologischer Messverfahren erweitert, die technische Basis zu Registrierung und Datenverdichtung ausgebaut und den damaligen technischen Standards angepasst. Die Installierung einer psychophysiologischen Arbeitsgruppe war eine weitere wichtige Voraussetzung, eigenständige Forschung zu betreiben. Dank der Einbeziehung von Diplomanden und Doktoranden konnte die personelle Kapazität nicht nur vergrößert, sondern auch die Themenvielfalt ausgebaut werden. Unter den psychophysiologischen Messverfahren spielten das EEG (Elektroenzephalografie), insbesondere die daraus abgeleiteten ereignisbezogenen Kenngrößen ERP (event related potential) wie N2, P3, CNV (contingent negative variation) sowie die Infrarot-Pupillografie eine herausgehobene Rolle. Peripherphysiologische Parameter wie Hautleitwert/elektrodermale Aktivität (EDA) sowie kardiovaskuläre Kenngrößen wie Herzfrequenz und Herzratenvariabilität wurden ebenfalls verwendet, jedoch eher

dann, wenn es um anwendungsbezogene Fragestellungen ging. Neben zahlreichen Publikationen wurden die Ergebnisse der Arbeit fachöffentlichkeitswirksam auf dem XXII. Internationalen Kongress der IUPsyS (International Union of Psychological Science) 1980 in Leipzig und dem gemeinsam mit Kollegen aus Finnland vorbereiteten 1. Psychophysiologischen Symposium 1983 in Berlin präsentiert (vgl. Klix et al. 1985).

In Vorbereitung auf den Leipziger Kongress gaben Klix, Rebentisch und Sinz (1980) einen noch heute lesenswerten zusammenfassenden Überblick zu wichtigen Ergebnissen und methodischen Ansätzen des bis dahin Erreichten. Deshalb beschränke ich mich hier auf die Nennung einiger Schwerpunkte (in Klammern jeweils die verwendeten physiologischen Kenngrößen):

- Einfluss der allgemeinen zentralnervösen Aktivierung auf Informationsaufnahme und Signaldetektion (Grundaktivität im EEG; ERP, insbesondere P300),
- allgemeine und selektive Aufmerksamkeit und ihre Bedeutung für die Informationsaufnahme (ERP),
- elementare Prozesse im Problemlösen bei Satz-Bild-Vergleichen (ERP),
- Gedächtnisleistung und elementare semantische Operationen (ERP),
- Indikation von allgemeiner Aktivierung sowie kognitiver Belastung durch psychophysiologische Parameter (Herzfrequenz, Herzratenvariabilität, EDA, ERP, speziell CNV).

Im Bericht über das oben genannte Symposium an der Humboldt-Universität 1983 wird deutlich, dass insbesondere die Arbeiten zum prozeduralen und stationären Gedächtnis, zur Begriffsbildung und den zwischen-, ober- und unterbegrifflichen Relationen auch durch psychophysiologische Experimente mit Hilfe der Pupillografie sowie der ERP vorangetrieben worden waren (vgl. Klix 1985). Außerdem werden peripherphysiologische Änderungen während kognitiver Informationsverarbeitung am Berliner Institut stärker thematisiert. Beispielhaft seien genannt die Publikationen von Klix, van der Meer und Preuß (1985) zu Reaktionen der Pupillenmotilität auf das Erkennen semantischer Relationen sowie von Schönebeck, Zimmer und Kniesche (1985) zur Herzratenvariabilität beim Textverstehen.

Im Ganzen ist die Periode von 1970 bis 1990 durch intensive psychophysiologische Forschung gekennzeichnet, fast immer im direkten Bezug zu den von Klix formulierten Schwerpunkten der Allgemeinen Psychologie, aber zunehmend auch mit Blick auf praktisch anwendbare Resultate, zum Teil auch auf in praxi zu nutzende Messverfahren. Die Erwartung, mit Hilfe

psychophysiologischer Methoden einen Mehrwert gegenüber ausschließlich behavioralen Daten zu erhalten, hat sich als fruchtbar erwiesen. Mir scheint eine Besonderheit, dass im Institut für Psychologie der Humboldt Universität jedes psychophysiologische Experiment einer klaren psychologisch begründeten Fragestellung folgte und damit die Deutungshoheit auch immer diesem Kontext verpflichtet war – nicht selbstverständlich für psychophysiologische Arbeitsgruppen!

Eigene psychophysiologische Arbeiten

Nach einer langen Phase arbeitspsychologischer Forschung im außeruniversitären Bereich trat die Befassung mit psychophysiologischen Themen zwar in den Hintergrund, das Interesse und die Faszination für physiologische Prozesse blieb. Im Zusammenhang mit Experimenten zur Wirkung mechanischer Ganzkörperschwingungen – ein für Psychologen auf den ersten Blick abseitiges Thema – begegneten mir im interdisziplinären Team mit Medizinem, Physiologen und Physikern wieder die Physiologie in Form von Messung der Vestibularfunktionen sowie der muskulären Reaktionen während Schwingungseinwirkung. Intensiver wurde dann die Arbeit ab Mitte der 80er-Jahre im Bereich Physiologie am Zentralinstitut für Arbeitsmedizin. Das EEG Labor hatte für die damalige Zeit gute technische Voraussetzungen. Die Arbeiten konzentrierten sich auf die Indikatorfunktion von Komponenten des ERP für kognitive Prozesse. Thematisch hatten sie somit Bezug zu den Stufen der Informationsverarbeitung, wie sie Klix konzipiert hatte. Jedoch waren die Forschungen stärker fokussiert auf die funktionelle Bedeutung der reizevozierten Potentiale, darunter vor allem der spät positiven Komponente P300. Sie galt lange als der Indikator für den kognitiven Verarbeitungsaufwand (vgl. auch die oben genannten Arbeiten aus dem Berliner Institut). Da sie allerdings durch sehr unterschiedliche Einflussgrößen ausgelöst wird, ist sie funktionell mehrdeutig. So wird sie z.B. beeinflusst durch die Unterscheidung relevanter und irrelevanter Reize, durch unterschiedliche Wahrscheinlichkeit von erwarteten Ereignissen, durch Abweichung von einem internen Modell durch unerwartete Ereignisse und durch Variation der Schwierigkeit kognitiver Anforderungen. In eigenen Experimenten konnten wir nachweisen, dass auch die Abweichung von einem experimentell induzierten Bezugssystem die Ausprägung der P300 Amplitude beeinflusst (vgl. Ullsperger et al. 1986 sowie Ullsperger et al. 1988). Gemeinsam ist den Interpretationen der P300 Resultate in diesen unterschiedlichen Untersuchungsansätzen, dass sie sich als Indikator bewusster Informationsverarbeitung interpretieren lassen.

Ein zweiter Zugang zur Aufwandsbestimmung wird über die Technik der Doppelaufgaben realisiert (vgl. u.a. Bornemann 1959; Isreal et al. 1980). Es wird angenommen, dass die limitierten Ressourcen, die für eine Aufgabe gefordert sind, für die zweite Aufgabe nicht mehr zur Verfügung stehen und damit die Leistung beeinträchtigen. So würde über die „Restkapazität“ messbar, welchen Aufwand eine bestimmte kognitive Aktivität erfordert. Das Arbeitsgedächtnis mit seiner begrenzten Kapazität muss diese Ressourcenallokation neben der Informationsspeicherung realisieren. Damit könnten Leistungen des Arbeitsgedächtnisses eine Schlüsselrolle für die Bestimmung mentaler Beanspruchung haben. Angesichts des gegenwärtig als geradezu typisch für die moderne Arbeitswelt benannten „multitasking“ wird deutlich, dass diese Thematik heute hoch aktuell ist. Gemeinsam mit Herbert Hagendorf vom Institut für Psychologie der Humboldt Universität und Mitarbeitern der Abteilung Arbeits- und Organisationspsychologie an der Universität Potsdam (Groß, Grune, Kusak, Ribback) haben wir eine Reihe von Experimenten zum Arbeitsgedächtnis durchgeführt und publiziert u.a. Groß, Metz und Ullsperger (1992), Groß und Metz (1998) und Kusak et al. (1997, 2000).

Abschließend seien einige Experimente genannt, die peripher-physiologische Messungen nutzten. EEG-Ableitungen sind zur Zeit fast nur im Labor möglich, so dass ein praktischer Bezug zu realen Tätigkeiten nur über die Simulation von leistungsbestimmenden Teiltätigkeiten hergestellt werden können. Peripher-physiologische Messgrößen wie z.B. Herzrate und Blutdruck können prinzipiell sowohl im Labor wie auch am Arbeitsplatz eingesetzt werden. Dazu eignen sich insbesondere tonische Veränderungen, aus denen Aussagen über Zustandsänderungen in einer längeren Zeitspanne gewonnen werden können. Sie erlauben jedoch keinen eindeutigen zeitlichen Bezug zu den auslösenden Ereignissen. Wir beschränkten uns auf Laborexperimente, deren Fragestellungen unmittelbar aus arbeitspsychologischen Modellen abgeleitet sind. So ist z.B. vielfach beschrieben, dass soziale Unterstützung negative, gesundheitsbeeinträchtigende Effekte von arbeitsbedingtem Stress reduzieren kann (vgl. zusammenfassend Angerer et al. 2014 sowie Rau 2015).

Mit Hilfe eines einfachen Paradigmas vom Typ eines Memoryspiels ließen wir Paare von Versuchspersonen gegeneinander und miteinander spielen. In der Konkurrenz- und der Kooperationssituation sowie einer Kontrollbedingung (Einzelarbeit) wurden Fehler und Bearbeitungsdauer als Leistungsmaße und die physiologischen Kenngrößen Herzrate und Blutdruck registriert. Versuchsplan, technische Registrier- und Auswertungsdetails sind

beschrieben in Metz (2017). Die Effekte von Kooperations- und Konkurrenzbedingung unterscheiden sich bezüglich der kardiovaskulären Reaktion:

Die über mehrere Versuchsdurchgänge gemittelte Herzfrequenz ist in der Kooperationsbedingung signifikant geringer als in der Konkurrenzbedingung (siehe Abb. 2). Der systolische Blutdruck ist in der Konkurrenzsituation im Vergleich zur Kooperationsituation signifikant erhöht.

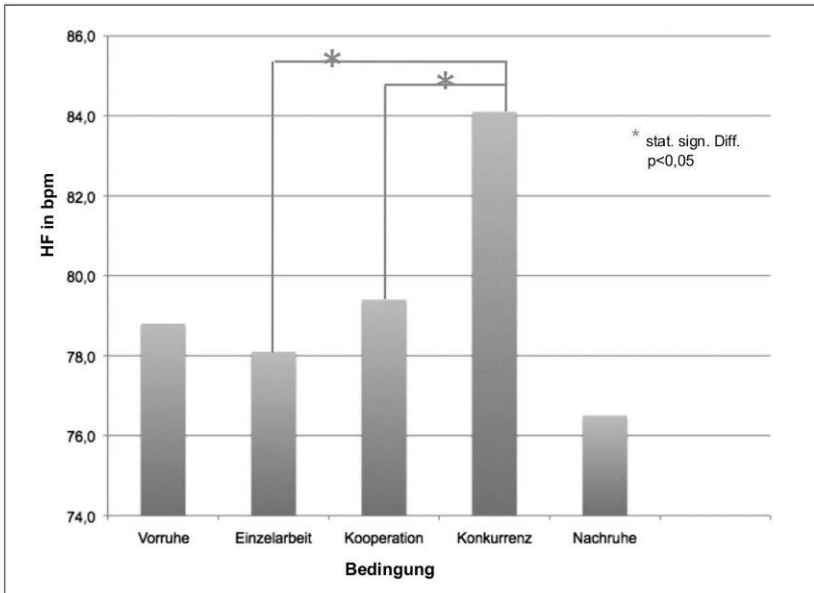


Abb. 2: Gemittelte Herzfrequenz (HF in beat per minute) während der drei experimentellen Bedingungen Einzelarbeit, Kooperation und Konkurrenz

(aus Metz 2017, S. 91)

Der Haupteffekt ist eindeutig – Konkurrenz ist im Vergleich zur Kooperation mit einer erhöhten kardiovaskulären Beanspruchung verbunden, indiziert durch höhere Herzfrequenz und erhöhten systolischen Blutdruck. Nicht die fehlende Unterstützung allein genügt, um Herzfrequenz und Blutdruck ansteigen zu lassen – dann sollte diese Reaktion auch unter der Bedingung der Einzelarbeit beobachtet werden. Vielmehr scheint erst ein aversiv getöntes Erleben von Konkurrenz mit dem Risiko eines Verlusts, eines Unterliegens notwendig, um eine entsprechende Reaktion auszulösen.

Diese Arbeiten leisten einen Beitrag zur Aufklärung des Wirkungsmechanismus der aus epidemiologischen Studien bekannten Rolle sozialer Unterstützung im Stressgeschehen sowie zur experimentellen Begründung von arbeitspsychologischen Stressmodellen.

Abschließende Bemerkungen

Welche Erfahrungen und Erkenntnisse aus der psychophysiologischen Forschung in der Ära Klix haben Bestand?

1) Zuvörderst ist es die Fokussierung auf ein zwar erweiterbares, aber doch klar umschriebenes Rahmenmodell, wie es Klix mit seinem Modell menschlicher Informationsverarbeitung vorgelegt hat. Bei Verfolgung der aktuellen Literatur erkennt man, dass – auch um der Profilierung willen – Fragestellungen bearbeitet werden, die für sich nicht uninteressant, aber schwer in einen gemeinsamen Kontext einzuordnen sind – psychophysiologische Forschungsthemen scheinen hin und wieder ziemlich beliebig.

2) Die interdisziplinäre Arbeit ist in der genuin fächerübergreifenden Psychophysiologie ein Erfolgsfaktor. Klix hat durch seine Personalpolitik am Institut für Psychologie der Humboldt-Universität beispielhaft demonstriert, welche Chancen aus dem Zusammenwirken von Psychologen, Physiologen und Ingenieuren erwachsen. Ohne fundierten psychologischen Sachverstand läuft psychophysiologische Forschung Gefahr, nur danach zu fragen, welche biologischen Kenngrößen reagieren – aber worauf? Umgekehrt bleiben physiologische Reaktionen im psychologischen Experiment ein unverbindliches Accessoire, wenn der biologische Wirkungsmechanismus nicht interessiert.

3) Die Verbindung zwischen Grundlagenforschung und angewandter Forschung ist ein weiteres „Erfolgsgeheimnis“. So hat sich die Arbeitsphysiologie seit jeher als angewandte Forschung im Arbeitskontext Verdienste für die menschengerechte Gestaltung körperlicher Arbeit erworben, dies aber immer in unmittelbarer Bindung an die Physiologie physischer Voraussetzungen und funktioneller Prozesse. Auch die Arbeitspsychologie bedarf einer theoretischen Fundierung, nicht zuletzt auch in der Allgemeinen Psychologie.

Die Kenntnisse zu den leistungsbestimmenden Teiltätigkeiten sowie zur Dynamik der Informationsverarbeitung (vgl. Klix, 1971) intensiver für die menschengerechte Gestaltung geistiger Arbeit zu nutzen, bleibt eine Herausforderung. In Anbetracht des grundlegenden Wandels der Arbeitswelt

(„Arbeit 4.0“) werden die Leistungsmöglichkeiten und -grenzen für geistige, informationsverarbeitende Arbeit immer wichtiger. Hier kann Psychophysiologie einen gewichtigen Beitrag leisten. Leider hat sich die arbeitspsychologische Forschung aus der Psychophysiologie zumindest in Deutschland weitgehend verabschiedet. So bleibt zu hoffen, dass wenigstens die in den 70er- und 80er-Jahren gesammelten Erfahrungen nicht vergessen werden.

Literatur

- Angerer, P.; Siegrist, K.; Gründel, H. (2014): Psychosoziale Arbeitsbelastungen und Erkrankungsrisiken: Wissenschaftliches Gutachten (Expertise) im Auftrag des Landesinstituts für Arbeitsgestaltung des Landes Nordrhein-Westfalen, Düsseldorf. In: Seiler, K.; Jansing, P.-J. (Hg.): Erkrankungsrisiken durch arbeitsbedingte psychische Belastung. Transfer4. Düsseldorf: LIA NRW, S. 31–169
- Bornemann, E. (1959): Untersuchungen über den Grad der geistigen Beanspruchung. Meisenheim a. Glan: Hain
- Groß, B.; Metz, A.-M.; Ullsperger, P. (1992): Die P300-Komponente des ereigniskorrelierten Hirnpotentials in einem Kurzzeitgedächtnisparadigma. In: Zeitschrift für experimentelle und angewandte Psychologie, Bd. XXXIX (1), S. 56–67
- Groß, B.; Metz, A.-M. (1998): Evozierte Hirnpotentiale als Indikatoren für Arbeitsbeanspruchungen. In: Zeitschrift für Arbeits- und Organisationspsychologie, 42 (4), S. 213–218
- Isreal, J. B.; Chesney, G. L.; Wickens, C. D.; Donchin, E. (1980): P300 and tracking difficulty: evidence for multiple resources in dual-task performance. In: Psychophysiology, 17 (3), S. 259–273
- Klix, F. (1971): Die Optimierung des Informationsaustausches in Mensch-Maschine-Systemen als psychologische Aufgabenstellung – Versuch einer Präzisierung des Gegenstandsgebietes der Ingenieurpsychologie in der sozialistischen Volkswirtschaft. In: Klix, F.; Neumann, J.; Seeber, A.; Timpe, K.-P. (Hg.): Psychologie in der sozialistischen Industrie. Berlin: VEB Deutscher Verlag der Wissenschaften. S. 40–74
- Klix, F. (1980): General Psychology and the Investigation of Cognitive Processes. In: Klix, F.; Krause, B. (eds.): Psychological Research Humboldt-Universität Berlin 1960–1980. Berlin: VEB Deutscher Verlag der Wissenschaften, S. 11–27
- Klix, F. (1985): On Microanalysis of Cognitive Performances: Correspondence with Psychological and Psychophysiological Parameters. In: Klix, R.; Näätänen, R.; Zimmer, K. (eds.): Psychophysiological Approaches to Human Information Processing. Amsterdam: Elsevier, S. 3–30
- Klix, F.; Giesbier, G. (1969): Zur Frage der Meßbarkeit des menschlichen Aktivitätsniveaus mit Hilfe der Infrarot-Pupillographie. In: Zeitschrift für Psychologie, 177, S. 1–34
- Klix, F.; Näätänen, R.; Zimmer, K. (Hg.) (1985): Psychophysiological Approaches to Human Information Processing. Amsterdam: Elsevier

- Klix, F.; van der Meer, E.; Preuß, M. (1985): Semantic Relations, Recognition Effort and Pupillary Reaction. In: Klix, F.; Näätänen, R.; Zimmer, K. (Hg.): *Psychophysiological Approaches to Human Information Processing*. Amsterdam: Elsevier, S. 313–329
- Klix, F.; Rebentisch, E. (1976): Psychophysiologische Untersuchungen zum Paradigma des Bild-Satz-Vergleichs. In: *Zeitschrift für Psychologie*, 3, S. 445–450
- Klix, F.; Rebentisch, E.; Sinz, R. (1980): Psychophysiological Approaches to the Analysis of Internal Condition Variables. In: Klix, F.; Krause, B. (Hg.): *Psychological Research Humboldt-Universität Berlin 1960–1980*. Berlin: Deutscher Verlag der Wissenschaften, S. 162–181
- Kusak, G.; Grune, K.; Hagendorf, H.; Metz, A.-M. (1997): Wirkungen der Vorbelastung des Arbeitsgedächtnisses auf Komponenten evozierter Potentiale bei sequentiell Einprägen verbalen Materials. In: *Zeitschrift für experimentelle Psychologie*, Bd. XLIV (1), S. 38–61
- Kusak, G.; Grune, K.; Hagendorf, H.; Metz, A.-M. (2000): Updating of working memory in a running memory task: an event related potential study. In: *International Journal of Psychophysiology*, 39, S. 51–65
- Maspfuhl, B.; Metz, A.-M. (1969): Veränderungen im Elektromyogramm bei der Beurteilung perzeptiver Muster unterschiedlicher Schwierigkeit. In: *Zeitschrift für Psychologie*, 177, S. 286–369
- Metz, A.-M. (1970): Änderungen der myoelektrischen Aktivität während eines sensomotorischen Lernprozesses. In: *Zeitschrift für Psychologie*, 178, S. 51–89
- Metz, A.-M. (2017): Konkurrenz oder doch besser Kooperation? Vom Wert sozialer Unterstützung. In: Busch, Ch.; Ducki, A.; Dettmers, J.; Witt, H. (Hg.): *Der Wert der Arbeit*. Augsburg: Hampp, S. 85–96
- Rau, R. (2015): Risikobereiche für psychische Belastungen. iga-Report 31 (www.iga-info.de/veroeffentlichungen/igareporte/igareport-31/?L=0)
- Schönebeck, B.; Zimmer, K. W.; Kniesche, R. (1985): Cognitive Strain in Text Comprehension and Heart Rate Variability. In: Klix, F.; Näätänen, R.; Zimmer, K. (Hg.): *Psychophysiological Approaches to Human Information Processing*. Amsterdam: Elsevier, S. 345–356
- Strauss, E.-H. (1967): Zur Bestimmung des menschlichen Aktivitätsniveaus mit Hilfe der Infrarotpupillographie. In: *Zeitschrift für Psychologie*, 168, S. 270–279
- Ullsperger, P.; Peikert, D.; Tessin, S.; Gille, H.; Metz, A.-M. (1986): Die P300-Komponente des ereignisbezogenen Hirnpotentials als Indikator in der Psychophysik kognitiver Prozesse. In: *Zeitschrift für Psychologie*, 194 (3), S. 365–375
- Ullsperger, P.; Metz, A.-M.; Gille, H. (1988): The P300 component of the event-related brain potential and mental effort. In: *Ergonomics*, 31 (8), S. 1127–1137
- Weinrich, L. (1968): Signalerkennung als Funktion des psychophysiologischen Aktivitätszustands. In: *Zeitschrift für Psychologie*, 175, S. 217–231