

Technologie aus arbeitswissenschaftlicher Sicht

Heinz Bartsch / BTU Cottbus

1. Einleitung

Im Zusammenhang mit der Diskussion über den Begriff „*Technologie*“ gab es in der Vergangenheit aus der Sicht unterschiedlichster Fachrichtungen immer wieder Irritationen und scheinbaren Interpretationsbedarf. Dabei ist die Existenz unterschiedlichster Ansatzpunkte über den Zugang zur Technologie in der wissenschaftlichen Diskussion völlig normal. Normal erscheint dabei auch, daß je Ansatzpunkt und Verwendungszweck immer Interpretationsunterschiede bleiben werden. Dies auch getreu dem wissenschaftlich - praktikablen Grundsatz: Eine Definition ist weder wahr noch falsch, sie muß zweckmäßig sein !

Nachfolgend soll deshalb der Versuch unternommen werden, die Position der Arbeitswissenschaft zur Technologie darzustellen und zu diskutieren.

2. Zum Technologie – Begriff

Die Begriffe „Technik“ und „Technologie“ sind seit Jahrzehnten Gegenstand wissenschaftlicher Diskussionen.

Eine erste Grundlage dafür bot *Beckmann*, der 1777 seine „*Anleitung zur Technologie*“ veröffentlichte.

Daraus abgeleitet, bezeichnet *Technologie* eine übergreifende, Wirtschaft und Gesellschaft umfassende Technikforschung und -lehre.

In jüngerer Zeit wurden bestimmte Grundlagen einer solchen „*Allgemeinen Technologie*“ z.B. von *ROPOHL* / 1 / im Kontext der Systemtheorie vorgelegt.

Sehr häufig werden in der Literatur die Begriffe „*Technik*“ und „*Technologie*“ semantisch gleichgesetzt und damit auf einer Ebene gesehen.

Dieser Auffassung kann sich der Autor, auch im Sinne der Regeln der Formallogik, nicht anschließen.

Er stimmt weitestgehend *HÖRZ* / 2 / zu, wenn der unter *Technik* „... die Gesamtheit der vom Menschen geschaffenen Artefakte (Kunstprodukte – H.d.V.; H.B.) zur Beherrschung der natürlichen, gesellschaftlichen und kulturellen Umwelt und des eigenen Verhaltens.“ verstehen möchte, wenn hier auch der Terminus „*Beherrschung*“ überbetont erscheint (vgl. Hörz 2001, S.13).

Aus der Sicht vorwiegend ingenieurmäßiger Denkweise kann daraus abgeleitet werden, daß „*Technik*“ als Oberbegriff von „*Technologie*“ und „*Konstruktion*“ verstanden wird. „*Technologie*“ und „*Konstruktion*“ sind damit also *technische Wissenschaftsdisziplinen*, wenn man z.B. dann die „*Technologie*“ als die *technische Wissenschaft von den naturwissenschaftlich – technischen Gesetzmäßigkeiten der materiell – technischen Seite des Produktionsprozesses* versteht.

Aus dieser Sicht ist der Begriff Technologie eng an den Begriff Produktionsprozeß gebunden und bietet damit eine konkrete Bezugsebene für ingenieurmäßiges Handeln.

Beachtet werden muß aber dabei, daß jeder Produktionsprozeß nicht nur durch seine materiell - technische, sondern immer gleichfalls auch durch seine *sozial – ökonomische Seite* gekennzeichnet wird. Im Rahmen der prozeßbezogenen Herstellung von Produkten bzw. der Realisierung von Leistungen werden im Sinne eines angestrebten Arbeitsfortschrittes von einem bestimmten Ausgangszustand (z.B. Rohteil) über Zwischenbearbeitungszustände bis zu einem bestimmten Endzustand (Ablauforganisation) u.a. *Menschen* durch die *funktionsbezogene Verkopplung von Arbeitsplätzen miteinander in Beziehung gesetzt*, die den eigentlichen Kern der so wirksamen *sozialen Prozesse mit gleichfalls auch ökonomischen Zielstellungen und Wirkungen* darstellen.

Aus diesen Feststellungen leitet sich die generelle Erkenntnis ab, daß Produktionsprozesse nur in der *Einheit* ihrer *technischen (technologischen), sozialen und ökonomischen Teilprozesse* existent sind. Aus dieser Erkenntnis sollten sich deshalb auch die Anforderungen ableiten, die aus der Sicht einer ganzheitlichen Betrachtung an die Optimierung von Produktionsprozessen gestellt werden müssen.

Aus dieser These ergibt sich z.B. für den Projektanten von technologischen Prozessen die fachliche Kompetenz und soziale Verantwortung dafür, daß er mit der Projektierung technologischer Prozesse aus der Sicht der darin tätigen Menschen in erster Linie zukünftige Tätigkeitsstrukturen und -inhalte festlegt, von denen dann wieder die jeweiligen Anforderungen an die Qualifikation, die physischen und psychischen Leistungsvoraussetzungen und die Wirkungen auf die Zufriedenheit und Identifikation der Mitarbeiter mit den Arbeitsaufgaben (z.B. motivationaler Aspekt) und dem Unternehmen abgeleitet werden. Das schließt gleichfalls immer die ganzheitliche Betrachtung der Wirkungslinie *Mensch – Technik – Organisation* ein.

Im Kontext einer solchen Interpretation des Begriffes „*Technologie*“ schließt sich der Autor den Auffassungen von *HÖRZ* weitestgehend an.

3. Gegenstand und Ziel der Arbeitswissenschaft

In der Fachliteratur gibt es zur Entwicklung der Wissenschaftsdisziplin „*Arbeitswissenschaft*“ unterschiedliche Ansätze und Positionen.

Übereinstimmend wird jedoch festgehalten, daß es bis zum Zeitalter der industriellen Revolution im Prinzip keine wissenschaftliche Auseinandersetzung mit der Beziehung *Mensch – Arbeit* gab.

3.1. Zur „Geschichte“ der Arbeitswissenschaft

Wenn von der „*Geschichte der Arbeitswissenschaft*“ gesprochen (gelesen) wird, dann sollte man zeitlich dort beginnen, wo *menschliche Arbeit und der arbeitende Mensch* zum bewußten Gegenstand von Forschung und Erkenntnis über die *Gesetzmäßigkeiten und Wirkungsbedingungen* wurden und sich demnach in die *Systematik der Wissenschaften* mit einem eigenen Gegenstand und eigener Methodik einordnen lassen.

Die besondere Spezifik: Menschliche Arbeit zeichnet sich durch einen *hohen Grad an Komplexität* aus und muß deshalb vor allem *interdisziplinär* hinterfragt und gestaltet werden. Eine solche Positionierung schließt ein, auch die „*Vorläufer*“ dieser Wissenschaftsdisziplin zu erkennen und zu deuten.

In dem Moment, wo durch systematische Untersuchungen die *Produktivität der menschlichen Arbeit nachgewiesen* werden konnte, bekam auch die „*Menschliche Arbeit*“ einen so hohen Stellenwert, daß gezielt wissenschaftliche Erkenntnisse zur *Verbesserung der menschlichen Arbeitsleistung* genutzt wurden.

Dabei brachte vor allem die industrielle Revolution einschneidende Veränderungen für die menschliche Arbeit mit sich (z.B. Arbeitsteilung, hoher Leistungsantrieb, schlechte und unangepaßte Ernährung).

Erst die dadurch entstehenden Probleme gaben u.a. einen Anstoß, das *Objekt „Menschliche Arbeit“* wissenschaftlich zu durchdringen.

Dabei konnte durchaus nicht gleichzeitig unterstellt werden, daß *Menschenarbeit und Menschenwürde* eine Einheit darstellten.

Eine Position, die sich selbst heute noch nicht überall als Selbstverständlichkeit in der realen Praxis zeigt.

Besonders in der *zweiten Hälfte des 19. Jahrhunderts* waren Bemühungen deutlich, eine erhöhte Präzision, Effektivität und Produktqualität der Maschinen nicht nur durch die Anwendung naturwissenschaftlicher Erkenntnisse zu erreichen, *sondern durch soziologische und psychologische Untersuchungen Erkenntnisse über die Auswirkungen für den in diesen Prozessen eingebundenen Menschen zu gewinnen.*

Der hier gesetzte Terminus „*Psychotechnik*“ wurde Ende der zwanziger Jahre in den komplexeren Begriff „*Arbeitswissenschaft*“ integriert.

Soweit es heute bekannt ist, findet sich der Begriff „*Arbeitswissenschaft*“ in der Literatur zuerst 1858 bei Jastrzebowski, S. 277 ff. / 3 /. Er definiert „*Arbeitswissenschaft*“ als

„ Die Bedeutung des Einsatzes unserer Lebenskräfte, [...], wird für uns zum antreibenden Moment, uns mit einem wissenschaftlichen Ansatz zum Problem der Arbeit zu beschäftigen und sogar zu ihrer [der Arbeit] Erklärung eine gesonderte Lehre zu betreiben [...], damit wir aus diesem Leben die besten Früchte bei der geringsten Anstrengung mit der höchsten Befriedigung für das eigene und das allgemeine Wohl ernten und dem eigenen Gewissen gegenüber gerecht verfahren.“

Eine Definition, die auch heute noch ihre Aktualität besitzt !

Die Psychotechnik war besonders nach 1918 für den Aufbau der durch Krieg und Reparationsforderungen zerstörten deutschen Industrie ein wichtiger Bestandteil von Rationalisierungsmaßnahmen / 4 /.

Als „*Anwendung aller Mittel, die Technik und planmäßige Ordnung bieten, zur Hebung der Wirtschaftlichkeit und damit zur Steigerung der Gütererzeugung, zu ihrer Verbilligung und auch zu ihrer Verbesserung*“ wurden sie als wichtige Mittel in den Statuten des 1921 gegründeten *Rationalisierungskuratoriums für Wirtschaftlichkeit (RKW)* beschrieben.

Um 1900 wurde der Terminus „*Psychotechnik*“ erstmals von *William Stern (1871 – 1938)* verwendet. Stern war Professor für Philosophie und Leiter des psychologischen Labors der Universität Hamburg.

In Zusammenarbeit mit dem Psychologen *Otto Lippmann (1880 – 1933)* gab er die „*Zeitschrift für angewandte Psychologie*“ heraus.

Von Lippmann wurde dann auch 1926 ein „*Grundriß der Arbeitswissenschaft*“ und 1932 ein „*Lehrbuch der Arbeitswissenschaft*“ bekannt.

Die institutionellen Ursprünge der Arbeitswissenschaft in Deutschland können mit dem 1913 von Rubner gegründeten „Kaiser-Wilhelm-Institut für Arbeitsphysiologie“ in Berlin (später: „Max-Planck-Institut für Arbeitsphysiologie“) und die psychologisch ausgerichtete Schule im Umkreis des späteren Ordinarius für Psychiatrie in Heidelberg, Emil Kraepelin (1856-1926) sowie des Psychologen und Philosophen Hugo Münsterberg (1863-1916) gesehen werden.

Münsterberg war ein Schüler von *Wilhelm Wund (1832-1920)*.

Wund gründete 1879 in Leipzig das erste *Institut für experimentelle Psychologie*.

Münsterberg war in den USA direkter Zeuge der „*Taylorismus-Bewegung*“ und hielt 1913 als Harvard-Professor in Berlin Vorlesungen zur Experimentalpsychologie.

Max Weber (1864-1920) beschrieb in der *Psychophysik der industriellen Arbeit“ (1908/1909)* Unzulänglichkeiten bei bisher durchgeführten Ermüdungsmessungen im Arbeitsprozeß und entwickelte einen *soziologischen Ansatz zur Arbeitswissenschaft* in den Erhebungen des *Vereins für Sozialpolitik (gegr. 1872)*.

Ganz entscheidende Impulse erhielt die Arbeitspsychologie insbesondere auch durch die Rationalisierungsbemühungen des amerikanischen Ingenieurs *Frederic Winslow Taylor (1856-1915)*.

Er und sein Schüler Frank Bunker *Gilbreth (1868 – 1924)* befassen sich erstmalig auf wissenschaftlicher Grundlage mit dem *Arbeitsverhalten des Menschen*. Die von ihm entwickelten Methoden bezogen sich sowohl auf die *Verbesserung der Produktionsanlagen* als auch auf die *Reorganisation der Arbeitsabläufe*.

In diesem Kontext gehört auch *Henry Ford (1863-1947)* zu den „Vorläufern“ der Rationalisierung. Er entwickelte schon damals Methoden, die wir teilweise noch vor wenigen Jahren unter „*Lean Production*“ wiederentdeckten.

Maßnahmen zur Rationalisierung und zur Wiederbelebung der Wirtschaft wurden in Deutschland vor allem nach dem Ersten Weltkrieg verstärkt.

Der 1923 gegründete „*Reichsausschuß für Arbeitszeitermittlung*“, heute bekannter unter dem Namen „*REFA, Verband für Arbeitsstudien und Betriebsorganisation e.V.*“ und das bereits 1921 gegründete *Reichskuratorium für Wirtschaftlichkeit in Industrie und Handwerk beim Deutschen Verband technisch - wissenschaftlicher Vereine (RKW)*“ nahmen darauf wesentlichen Einfluß.

Sie sahen ihre Hauptaufgabe darin, alle zur Verfügung stehenden technischen (also auch technologischen - d.Verf.) und betriebsorganisatorischen Mittel mit den unterschiedlichen Produktionszweigen zu verbinden.

3.2. Gegenwärtige Position der Arbeitswissenschaft

Vor dem Hintergrund eines christlich - westlich geprägten Menschenbildes, wonach der Mensch als *autonomes Subjekt* verstanden wird, das *zur Regulierung der eigenen*

Beziehungen zur Umwelt und zur Selbstregulation fähig ist, geht die moderne Arbeitswissenschaft von der zentralen Stellung des Menschen im Arbeitsprozeß aus. Diese Position setzt sich zunehmend in Wissenschaft und Praxis durch.

Neben dem Begriff „Arbeitswissenschaft“ wird, oft sogar gleichbedeutend, der Begriff „Ergonomie“ verwendet.

Das Wort „Ergonomie“ leitet sich aus dem altgriechischen Wörtern „*ergon* (= Arbeit)“ und „*nomos* (= Gesetzmäßigkeit)“ ab und kann, als Synonym verstanden, auch so ausgelegt werden, daß sich die Ergonomie mit den Gesetzmäßigkeiten der menschlichen Arbeit befaßt. Dieser Begriff wurde 1858 ebenfalls durch den Polen *Wojciech Jastrzebowski* erstmals bekannt, setzte sich allerdings in der Folgezeit mit dem von ihm bezeichneten Wissensgebiet nicht durch.

In der Praxis kennzeichnet die Ergonomie allerdings eine *geringere Breite* als die Arbeitswissenschaft. Der zentrale Gegenstand der Ergonomie wird vor allem in der Optimierung von Mensch - Maschine - Systemen gesehen.

Es wird auch häufig die Position vertreten, daß die Ergonomie als das „*Kernstück der Arbeitswissenschaft*“ zu verstehen ist und in erster Linie mit Hilfe ingenieurwissenschaftlicher Instrumentarien und Methoden arbeitet.

Diese Unterschiede können u.a. auch durch einen Vergleich der Bezeichnungen und Gegenstände vergleichbarer Lehrstühle an den Universitäten verdeutlicht werden. Da gibt es z.B. den Lehrstuhl „Ergonomie“ an der Technischen Universität München und den Lehrstuhl „Arbeitswissenschaft“ an der Brandenburgischen Technischen Universität Cottbus.

Die Position des Autors zur Arbeitswissenschaft wird dadurch beschrieben, daß er *alles*, was in der Wechselbeziehung „*Personal /Mensch*“ – „*Betriebsmittel*“ – „*Werkstoffe*“ eines *Arbeitssystems* dazu beitragen kann, *die Wirksamkeit und die Befindlichkeits- und Zustandsveränderungen des Menschen im und durch den Arbeitsprozeß zu verbessern*, zum Gegenstand der Arbeitswissenschaft zählt. Aus der Sicht ganzheitlicher Betrachtungen ergeben sich daraus *notwendigerweise große Schnittflächen* zu anderen Wissenschaftsgebieten, wie z.B. dem *Personalmanagement* oder der *Sicherheitswissenschaft*.

Nach dieser Position ist demnach die „Arbeitswissenschaft“ die Bezugsebene für zumindest der *Ergonomie / Arbeitsgestaltung, Arbeitsorganisation, Arbeits- und Gesundheitsschutz / Arbeitssicherheit, Personalmanagement (Personalplanung, -entwicklung, -führung)*.

Der Begriff *Arbeitswissenschaft*“ könnte auch einfach als die „*Wissenschaft von der Arbeit*“ bezeichnet werden.

Eine solche Erklärung reicht aber nicht aus.

Es muß deutlicher werden, wo die Bezugsebene und wo die Begrenzungen „gesetzt“ werden. Betrachtet man z.B. die Arbeitswissenschaft auf einer denkbaren *Makro-Ebene*, dann wären hier aus *volkswirtschaftlicher Sicht die Bedingungen einer Arbeitsgesellschaft* schlechthin zu berücksichtigen.

Das ist offensichtlich nicht der Hauptbezug der Arbeitswissenschaft.

Wird die Arbeitswissenschaft auf einer ebenfalls denkbaren *Mikro-Ebene* bezogen, dann könnte im Extremfall damit ausschließlich die Wechselbeziehung der Elementarfaktoren

(Personal/Arbeitskräfte, Betriebsmittel, Werkstoffe) in entsprechender zeitlicher und räumlicher Determination gemeint sein.

Das ist durchaus eine Position, von der viele Arbeitswissenschaftler ausgehen.

Damit begrenzt sich der Schwerpunkt ihrer arbeitswissenschaftlichen Betrachtungsweise hauptsächlich auf die *eigentliche Arbeitsplatzgestaltung*.

Wenn eine solche Betrachtungsweise dann auch noch fast ausschließlich aus der Sicht allein der Nutzung der Erkenntnisse der Ingenieurwissenschaften vorgenommen wird, dann beschneidet man sich von vornherein der Möglichkeit, *im Sinne der objektiv vorhandenen Komplexität von zu lösenden Problemstellungen, alle gegebenen Ressourcen zu erschließen*. Es können so nicht alle Lösungspotentiale einer Problemstellung genutzt werden, weil eben wegen der *nicht interdisziplinären Vorgehensweise zur Problemlösung nur „Halbwahrheiten“ erarbeitet und angeboten werden können*.

Die „*Gesellschaft für Arbeitswissenschaft e.V.*“, die Fachgesellschaft aller Arbeitswissenschaftler im deutschsprachigen Raum, versucht, mit nachfolgender Definition diese Schwierigkeiten zu fassen / 4 / :

„Inhalt der Arbeitswissenschaft ist die Analyse und Gestaltung von Arbeitssystemen und Arbeitsmitteln, wobei der arbeitende Mensch in seinen individuellen und sozialen Beziehungen zu den übrigen Elementen des Arbeitssystems Ausgang und Ziel der Betrachtung ist.

Arbeitswissenschaft ist deshalb die Wissenschaft von:

- der menschlichen Arbeit, speziell unter den Gesichtspunkten der Zusammenarbeit von Menschen und des Zusammenwirkens von Mensch und Arbeitsmitteln bzw. Arbeitsgegenständen,
- den Voraussetzungen und Bedingungen, unter denen die Arbeit sich vollzieht,
- den Wirkungen und Folgen, die sie auf Menschen, ihr Verhalten und damit auch auf ihre Leistungsfähigkeit hat,
- den Faktoren, durch die Arbeit, ihre Bedingungen und Wirkungen menschengerecht beeinflusst werden können.

Das zentrale Ziel der Arbeitswissenschaft mündet ein in die praktische Arbeitsgestaltung: die Arbeitswissenschaft will der Praxis – und damit dem Menschen – mit der Arbeitsgestaltung im Rahmen des Arbeitsstudiums Handlungsempfehlungen geben, wie die Arbeit rational und rationell gestaltet werden kann.“

Dieser Position kann sich der Autor weitestgehend anschließen, *allerdings nicht mit der hier formulierten „zentralen Zielstellung“, die zu einseitig auf ökonomische Wirksamkeit ausgelegt wird und die psychologische/soziale Zielstellung als Bestandteil einer „menschengerechten Arbeitsgestaltung“ vernachlässigt*.

4. Arbeitswissenschaftliche Anforderungen für eine menschengerechte Technologie - Gestaltung

Warnecke / 5 / formulierte 1992: „Wenn wir die Zukunft in intelligenten Produktionssystemen sehen, so stellt sich die Frage, wo diese Intelligenz angesiedelt ist. Die Antwort kann nur lauten: im Mitarbeiter, denn der Mensch ist ungeschlagen in seiner Leistungsfähigkeit bei der Verknüpfung von Informationsverarbeitung und zweckmäßiger Reaktion.“

Eine wesentliche Konsequenz aus dieser Erkenntnis muß deshalb sein, in diesem Kontext vor allem Investitionen in Forschung und Nutzung von *menschlicher Intelligenz* und im Verhältnis dazu weniger in „*künstlicher*“ *Intelligenz* vorzunehmen.

Vor allem die Nutzung menschlicher Intelligenz für die Optimierung von Prozessen ist dann wieder ein Kerngegenstand der Arbeitswissenschaft mit den bereits genannten Arbeitsbereichen.

Damit deutet sich auch ein Paradigmenwechsel in der Rationalisierung derart an, daß die Nutzung des Potentials qualifizierter Arbeitskräfte auch ökonomisch sinnvoller sein kann als der Einsatz hochkomplexer Automatisierung.

Einen besonderen Gegenstand arbeitswissenschaftlicher Betrachtungen stellen schlechthin die *Mensch – Technik – Interaktionen*, ihre Analyse, Bewertung und Gestaltung dar.

Wenn wir diesen Zusammenhang auch nur aus der Sicht der *Sicherheitswissenschaft*, die, wie beschrieben, sehr stark mit der Arbeitswissenschaft korrespondiert, sehen würden, dann stellt sich immer wieder generell die Frage nach dem *Risiko*.

Das „objektiv“ bestimmte Risiko, ausgedrückt durch die Multiplikation von Schadensumfang und Schadenseintrittswahrscheinlichkeit, wird dahingehend stark kritisiert, daß die Risikowerte zu ungenau und in zu engem Rahmen gültig sind / 6 /. Dazu kommt, daß bei großen Risikopotentialen der Schadensumfang in der genannten Formel unterbewertet werden kann. Das alles läßt sich aber diskutieren und verbessern. Wichtig ist immer, daß das *Sicherheitsziel* eindeutig ist und zunehmend besser verstanden und praktiziert wird, daß *Sicherheit eben nicht nur eine technische Komponente hat*.

Diese Problemstellung gewinnt nicht nur wegen der Ereignisse vom 11. September 1991 in New York zunehmend an gesellschaftlicher Relevanz. Die *kritische Öffentlichkeit* hat ihre eigenen Bewertungsmaßstäbe zu Risikoeinschätzungen nach solchen Merkmalen wie *Schadenspotential für Katastrophenfälle, soziale Verteilung von Nutzen und Lasten von Risiko - Technologien, Kontrollierbarkeit von Risiken, Freiwilligkeit von Risikoübernahmen* / 6 /.

Risiko und Akzeptanz stehen hierbei in einem engen Zusammenhang und müssen zukünftig stärker beachtet werden.

Ein weitere Aspekt neuer arbeitswissenschaftlicher Aufgabenstellungen ergibt sich zwingend auch aus den Wirkungen der *internationalen Globalisierung, des technologischen Fortschritts und der weiteren wirtschaftlichen Verflechtung der Weltgesellschaft*.

In diesem Kontext befaßt sich *Interkulturalität* mit der Weltgesellschaft und aus ingenieurwissenschaftlicher Sicht insbesondere damit, wie sie für die industriellen und gesellschaftlichen Lebens- und Arbeitssituationen transparent gemacht werden kann / 7 /.

Unterschiedliche Kulturkreise können dabei durchaus von unterschiedlichen Menschenbildern ausgehen und damit auf die Frage nach dem Verhältnis von Kultur und Technik unterschiedliche Antworten geben.

Unterschiedliche Anforderungen aus der Sicht verschiedener Kulturkreise müssen sich dabei zumindest auf die *anthropometrische, physiologische, psychologische, informatorische, organisatorische, sicherheitstechnische und ästhetische Arbeitsgestaltung* beziehen.

Nimmt man allein das Beispiel der anthropometrischen Arbeitsgestaltung, dann wird die Erarbeitung *kulturspezifischer anthropologischer Atlanten*, die als brauchbare Datenbasis angesehen werden müßten und mindestens die Variablen *Physische Akzeleration, Alter, Geschlecht, Ethnische Unterschiede, Soziale Schichten, Körpermassen, Ermüdungsgrad (Vigilanzverhalten), Kleidung* berücksichtigen sollten, noch sehr viel Arbeitsaufwand erforderlich machen. Ähnliches trifft für die anderen genannten Gestaltungsfelder zu.

Eine weitere Anforderung ergibt z.B. daraus, daß die technologische Entwicklung in der zweiten Hälfte des 20. Jahrhunderts eine *neue Kategorie technischer Einrichtungen* zeigte, deren Größe und Komplexität alles übertrifft, was bisher aus der Technikgeschichte bekannt war, *Mit der Herstellung und Inbetriebnahme solcher komplexer groß – technischer Systeme nahm auch sprunghaft das Gefahrenpotential zu.*

Das trifft vor allem für „*wenig fehlerverzeihende Bereiche*“ zu, wo hohe Konzentrationen von Energie oder toxischen Stoffen kontrolliert werden müssen, damit katastrophale Folgen für Umwelt, Bevölkerung und zukünftige Generationen vermieden werden / 9 /.

Typisch dafür stehen die Kerntechnik, die zivile und militärische Luft- und Raumfahrt, Anlagen der chemischen Industrie, Gefahrgütertransport, schienengebundener Schnellverkehr von Gütern und Menschen, die Schifffahrt und die petrochemischen Großanlagen, aber auch die weltweiten Informations- und Kommunikationsnetze, komplexe Nahrungsmittelketten oder medizinische Dienstleistungen (z.B. HIV-verseuchte Blutkonserven).

Eine wesentliche Methode, hierauf Einfluß nehmen zu können, besteht darin, die *Fehlhandlungswahrscheinlichkeit (Fehler)* des Menschen zu minimieren. Technische und menschliche Fehler können die Zuverlässigkeit eines Systems entscheidend beeinflussen. Über eine solche Fehlerdefinition gelangt man zum Begriff der „*Zuverlässigkeit*“.

Wenn danach zwischen *technischer und menschlicher Zuverlässigkeit* unterschieden wird, dann ist der generelle Unterschied vor allem in der Art der Zielgerichtetheit der Informationsverarbeitung von Mensch und Technik zu sehen.

Dabei ist davon auszugehen, daß technische Systeme bzw. Subsysteme *Funktionen* haben, die zwar in den sie aufbauenden Elementen überwacht werden können, bei *Funktionsausfall* jedoch nicht mehr zur Verfügung stehen. Das gilt grundsätzlich auch für selbstreparaturfähige Systeme.

Der Mensch übt dagegen im Mensch – Maschine – System Funktionen aus, indem er *Aufgaben erfüllt*. Im Gegensatz zur Maschine handelt er *zielgerichtet, nicht funktionell*. Das heißt, daß er bei Kenntnis des Produktions- bzw. Missionszieles dieses auch mit anderen Mitteln oder einer geänderten Aufgabenabfolge zu erreichen versucht.

Dabei kann zwar die Wahrscheinlichkeit des fehlerhaften Ausführens einzelner Handlungsschritte hoch, die Wahrscheinlichkeit aber, das Gesamtergebnis nicht zu erreichen, dennoch sehr klein sein.

Der Mensch verfügt eben über die Fähigkeit, sein Handeln selbst zu überwachen und fehlerhafte Handlungsschritte zu korrigieren, **bevor** sie sich auf das System auswirken. In diesem Kontext sind aus der Fachliteratur bisher zwei Definitionen zum Begriff „Menschliche Zuverlässigkeit“ bekannt.

Bubb, 1994, S. 8 - 13 / 9 / definiert z.B.:

„Die menschliche Zuverlässigkeit ist die Fähigkeit des Menschen, eine Aufgabe unter vorgegebenen Bedingungen für ein gegebenes Zeitintervall im Akzeptanzbereich durchzuführen.“

Bartsch, 1997 /10 / versteht unter „Menschlicher Zuverlässigkeit“ :

„Die Befähigung des Menschen im Arbeitssystem, eine geeignete Qualifikation und entsprechende physische und psychische Leistungsvoraussetzungen in einen bestimmten Arbeitsprozeß einzubringen und wirksam werden zu lassen. Damit soll dazu beigetragen werden, daß eine vorgegebene Aufgabenstellung unter spezifischen Bedingungen und in einem vorgegebenen Zeitraum ausgeführt werden kann, wobei technische, wirtschaftliche, humanitäre und ökologische Kriterien sowie ein Fehlerakzeptanzbereich beachtet werden.“

Beide Definitionen sind inhaltlich übereinstimmend und gehen von den gleichen Voraussetzungen aus.

Bartsch erweitert die Definition von Bubb allerdings um die Benennung wertvoller Randbedingungen.

Welche Faktoren dabei *hauptsächlich* die menschliche Zuverlässigkeit beeinflussen, zeigt das nachfolgende Bild:



Bild 1: Einflußfaktoren auf die menschliche Zuverlässigkeit

In der Definition des Begriffes „*Menschliche Zuverlässigkeit*“ von Bartsch wird u.a. deutlich, daß hier von einem „*Menschenrecht auf Fehler*“ bzw. dem Grundsatz „*erare humanum est*“ ausgegangen wird.

Am Lehrstuhl Arbeitswissenschaft der Brandenburgischen Technischen Universität Cottbus wurden in den zurückliegenden Jahren umfangreiche Forschungsarbeiten zu diesen Fragestellungen besonders am Beispiel der Berufszielgruppen *Piloten, Chirurgen* und *Führungskräften* durchgeführt.

Sie belegen bisher durchweg den wesentlichen Zusammenhang und damit Einfluß der menschlichen Zuverlässigkeit in Einheit mit den *Teilzuverlässigkeiten der Technik und der Organisation in Arbeitssystemen auf die Gewährleistung der geplanten Qualität der herzustellenden Produkte bzw. zu realisierenden Leistungen, auf die Effektivität des Gesamtprozesses, auf die Wirkungsbedingungen und die Zustands- bzw. Befindlichkeitsveränderungen der arbeitenden Menschen und nicht zuletzt auf ein umweltschützendes Wirken am Arbeitsplatz.*

Damit sind gleichfalls die generellen wichtigsten Ausgangsgrößen eines jeden Arbeitssystems genannt.

In diesem Kontext wurde deutlich, daß arbeitswissenschaftliche Gestaltungsanforderungen, die *technologiedeterminiert* sind, immer gleichermaßen prozeß- und elementorientiert sein müssen.

5. Zusammenfassung

Mit dem vorliegenden Beitrag sollten beispielhaft die vielfältigen Beziehungen zwischen der Technologie und der Arbeitswissenschaft gezeigt werden. Das kann in einem solchen Beitrag nicht nach dem Prinzip der Vollständigkeit gelingen.

Voraussetzung ist aber, daß man sich eine klare Vorstellung zu dem schafft, was in Verbindung gebracht werden soll bzw. dessen Verbindungen erforscht, analysiert und im Sinne menschlicher Optimierungsvorstellungen für Wissenschaft und Praxis nutzbar angewendet werden kann.

Deutlich wird vor allem dabei, daß eine sinnvolle und erfolgversprechende Verbindung zwischen Technologie und Arbeitswissenschaft nur in einer interdisziplinären Arbeit gelingen kann.

Literatur:

- / 1 / Ropohl, G. ; Allgemeine Technologie, Eine Systemtheorie der Technik, München, Wien 1999
- / 2 / Hörz, H. ; Technologien zwischen Effektivität und Humanität, Thesenmaterial zum Symposium „Allgemeine Technologie – Vergangenheit und Gegenwart“, 12.10.2001, Berlin, Band, S. 13
- / 3 / Jastrzebowski, W.; Rys Ergonomiji. Czyli Nauki o Prazy. Przyroda, przemysl 2 (1858), S. 277 ff.
- / 4 / Luczak, H.; Arbeitswissenschaft, Springer-Lehrbuch, Springer-Verlag, Berlin, Heidelberg, New York, ISBN 3-540-54636-7, 1992
- / 5 / Warnecke, H.-J.; Die Fraktale Fabrik. Berlin, Heidelberg u.a. 1992
- / 6 / Kuhlmann, A.; Wird die Sicherheitswissenschaft den Ansprüchen moderner Techniksysteme gerecht ?, in: World Congress Safety of Modern Technical Systems, Saarbrücken 2001, Köln 2001, S. 9 - 17
- / 7 / Bartsch, H. ; Berücksichtigung interkultureller Aspekte für die Sicherheitsrelevanz von Produktionsanlagen, in: World Congress Safety of Modern Technical Systems, Saarbrücken 2001, Köln 2001, S. 455 – 459
- / 8 / Wilpert, B. ; Der Mensch im Kontext technischer Systeme, in: World Congress Safety of Modern Technical Systems, Saarbrücken 2001, Köln 2001, S. 29 – 43
- / 9 / Bubb, H. ; Menschliche Zuverlässigkeit, Sicherheit und Risikobeurteilung, Zeitschrift für Arbeitswissenschaft, Bd. 48, 1994, Heft 1, S. 8 –13.
- / 10 / Bartsch, H.; Ergonomisches Gestaltungsniveau von Produkten und Prozessen – ein wesentlicher Faktor für Qualität, Effizienz, Humanität und Ökologie, Wissenschaftsmagazin der BTU Cottbus, 3. Jahrgang, Heft 5.2., September 1997 , S. 87 ff.

Verfasser:

Univ.-Prof. Dr. rer. oec. habil. et Dr.- Ing. et Dr.h.c. Heinz Bartsch
Inhaber des Lehrstuhls Arbeitswissenschaft an der Brandenburgischen Technischen Universität Cottbus.