

# Vom Werkzeug zum Medium: Mensch-Maschine-Paradigmen in der Prozessführung

Michael Herczeg

## Zusammenfassung

Die Entwicklung von Mensch-Maschine-Systemen im Bereich der Prozessführung ist von einem Systemverständnis geprägt, bei dem sich der Mensch der Technik im Sinne eines funktionalen Werkzeugs bedient. Die Gebrauchstauglichkeit eines solchen Systems wird mittels Methoden der Ergonomie gesichert und optimiert. Durch die zunehmende Medialisierung von Prozessführungssystemen und den damit verbundenen multimedialen und multimodalen Interaktionsmöglichkeiten bietet es sich an, in Zukunft nicht nur das bisherige Werkzeugparadigma als Grundlage zu wählen, sondern vielmehr auch medienorientierte Konzepte und Paradigmen, die dem Operateur ein ganzheitliches Gefühl der Involviertheit in den Prozess vermitteln. Der Beitrag erläutert einige entsprechende Interaktionskonzepte im Kontext von Mensch-Maschine-Systemen in der Prozessführung. Dabei soll die Forschungsagenda in diesem Bereich um neue Systemvorstellungen, Kriterien und Entwicklungsmethoden erweitert werden, die teils schon vorhandene und geleistete Entwicklungen aus einer alternativen Perspektive erscheinen lassen, und neue Entwicklungen stimulieren.

## 1 Einleitung

Die Entwicklung von Mensch-Maschine-Systemen erfordert insbesondere auch die Modellierung und Realisierung der Schnittstelle zwischen Mensch und Maschine. Diese *Benutzungsschnittstelle* kann nach unterschiedlichsten Systemparadigmen ausgeprägt werden (Herczeg, 2006a). Verbreitete Paradigmen basieren auf den Grundmodellen *Kommunikationspartner* oder *Handlungsraum*. Ausprägungen für Kommunikationspartner sind *Intelligente Assistenten*, *Embodied Conversational Agents (ECAs)* und auch *Roboter*. Ausprägungen für Handlungsräume sind *Ressourcen*, *Werkzeuge*, *Direkt Manipulative Systeme* sowie *Erweiterte*, *Gemischte* und *Virtuelle Realitäten*. Weitergehende Ansätze und Mischformen, insbesondere unter Nutzung interaktiver digitaler Medien, sollen im Folgenden als *Mediale Systeme* bezeichnet werden. Sie vermitteln flexibel *Information* (primäre Medienfunktion) sowie dazugehörige *Konstellationen des Gebrauchs* (sekundäre Medienfunktion). Dies sind die Grundelemente, wie sie auch in Prozessführungssystemen in komplexen Anwendungskontexten

benötigt werden. Im Folgenden soll die zunehmende Verschiebung von frühen handlungsorientierten Paradigmen, wie vor allem dem Werkzeugparadigma, auf stärker mediale Paradigmen diskutiert werden. Auf Systeme nach dem Modell eines Kommunikationspartners soll an dieser Stelle nicht näher eingegangen werden. Sie stellen allerdings eine wichtige Dimension auch in der Gestaltung von Prozessführungssystemen dar. Gerade die damit verbundenen Aspekte der *Automatisierung* und *Delegation* zwischen Mensch und Maschine sollen an dieser Stelle nicht thematisiert werden.

Die Entwicklung von Mensch-Maschine-Systemen im Bereich der Prozessführung ist, historisch gesehen, gekennzeichnet von einem stark mechanistisch geprägten Systemverständnis. Der Mensch benutzt Technik im Sinne eines *Werkzeugs*. *Funktionale Werkzeuge* sollen hier als Weiterentwicklung des frühen menschlichen Werkzeugverständnisses um weitere Abstraktions-, Komplexitäts- und Automatisierungsstufen verstanden werden. *Prozessführung* wird hier begriffen als die Überwachung und Steuerung *dynamischer Prozesse*, wie sie bei der Fahrzeug-, Flugzeug- oder auch Produktionssteuerung benötigt werden. *Prozessführungssysteme* sind technische Systeme, die menschliche Aktivitäten zur Prozessführung ermöglichen und unterstützen. Zusammen mit dem handelnden Subjekt, hier dem *Operateur*, und dem zu steuernden Prozess bilden sie gemäß der *Systemtheorie der Technik* (z.B. Ropohl, 1979) ein *Handlungssystem*. Durch Handlungen werden Situationen (Prozess), aber auch das Subjekt (Operateur) selbst transformiert bzw. verändert. Die technische Systemtheorie strukturiert Systeme hierarchisch in zusammenwirkende Teilsysteme. Der menschliche Operateur wird in einem Handlungssystem auf diese Weise selbst zur Systemkomponente und letztlich zur *Funktion*, die diese Transformation, geleitet durch *Information (Inputs)* auf Grundlage ihrer *Ziele (Zustand)* mit Hilfe von *Werkzeugen (relational gekoppelte technische Funktionen)* realisiert und *Ergebnisse (Outputs)* erzeugt. Die *Ergonomie*, heute aufgrund computergestützter Systeme auch die *Software-Ergonomie* (Herczeg, 2005), bemüht sich dabei um die gebrauchstaugliche, also die anwendungs- und benutzergerechte Ausprägung derartiger Arbeitsmittel. Dabei stehen vor allem die beiden Hauptkriterien *Effektivität* und *Effizienz* im Vordergrund, auch wenn von der *Zufriedenstellung* der Benutzer als drittem Hauptkriterium die Rede ist (vgl. ISO 9241 Teil 11). Letzteres konnte bislang im Rahmen einer systemtheoretischen Betrachtung selbst im Rahmen einer psychologischen Modellbildung nie befriedigend geklärt und operationalisiert werden.

Dieses grundlegende technische Mensch-Technik-Systemmodell sowie die primären Gebrauchstauglichkeitskriterien der Ergonomie entstammen vor allem einem ingenieurwissenschaftlichen Weltbild und bestimmen seit langer Zeit die Konzeption, Realisierung, Bewertung und Optimierung sicherheitskritischer Hochtechnologien, wie wir sie auch in der Prozessführung vorfinden. Dieses mechanistische, kybernetische und letztlich rationalistische Modell erschien auch ausreichend anwendbar und belastbar in den frühen Phasen der Computerisierung

dieser Systeme. Mensch und Maschine werden in der systemtheoretischen Modellierung gegenseitig austauschbar. Bisherige analoge, vor allem elektromechanische Komponenten und Funktionen zur Steuerung und Regelung wurden dabei von zunehmend leistungsfähigeren und flexibleren digitalen Systemkomponenten und Softwarefunktionen ersetzt oder erweitert, ohne das grundsätzliche systemtechnische Modell in Frage stellen zu müssen.

Im Gefolge der weiteren *Digitalisierung in der Prozessführung* stoßen wir auf einen anderen theoretischen und methodischen Technikansatz, nämlich dem der *Medialisierung* des Verhältnisses von Mensch und Maschine. Dabei kommt der *Schnittstelle zwischen Mensch und Maschine* nicht wie bislang die Rolle der Verknüpfung zweier Systemkomponenten, nämlich des Operateurs mit technischer Funktionalität, sondern die der *Vermittlung multisensorischer ganzheitlicher Wahrnehmung und Einbezogenheit* zu. Erst mit der *Konvergenz der medialen Ausprägungen* (Bild, Ton, Haptik, etc.) durch die Digitalisierung werden die damit verbundenen Schnittstelleneigenschaften und neuen Qualitäten deutlicher sichtbar. So finden sich andere Informations-, Steuerungs- und Regelungskonzepte, wie z.B. in der Flugführung *Tunnel-in-the-Sky* (Mulder et al., 1999), *Head-Up-Displays* oder *H-Mode* (Flemisch, 2004). Diese Konzepte können im Bereich der Prozessführung als Beispiele für ein erweitertes, vielleicht aber auch verändertes Verständnis der Verknüpfung von Mensch und Maschine angesehen werden. Sie gehen deutlich über die Beschreibungsmöglichkeiten und Zielsetzungen der heutigen Ergonomie hinaus und erfordern neue oder zumindest erweiterte Ansätze und Methoden in der Entwicklung und Nutzung künftiger Prozessführungssysteme. Mediale Systeme sind nicht mehr einfach durch rationalistische Aufgabenmodelle, Belastungs- und Effizienzkriterien beschreib- und bewertbar, sondern müssen auch nicht-rationale Phänomene und Wirkungsformen wie *Extensionalität*, *Immersion*, *Synästhesie* und *Ästhetik* erfassen oder modellieren. Im Folgenden sollen diese über die klassische funktionale Modellierung und Ergonomie hinausgehenden Interaktionskonstrukte diskutiert werden.

## 2 Extensionalität

Marshall McLuhan beschreibt in seinem 1964 erschienenen Buch „*Understanding Media: The Extensions of Man*“ die besondere Bedeutung der damals gerade erst im Ansatz erkennbaren elektr(on)ischen Medien. Dabei unternimmt er eine umfassende Abstraktion, indem er nicht nur von diesen neuen Medien als Erweiterung menschlicher Möglichkeiten und Fähigkeiten spricht, sondern auch lange etablierte technologische Entwicklungen einbezieht. So beschreibt er u.a. auch das Automobil als eine mediale Extension des Menschen, das diesem ermöglicht, nicht nur seinen Körper durch eine viel schnellere Fortbewegungsmöglichkeit zu erweitern, sondern er beschreibt es gleichzeitig auch als eine moderne Kombination aus Pferd, Rüstung und Hochmut. Dies kann man als allgemeine Technologie des flexiblen, geschützten und zielgerichteten Fortbewegens verstehen oder aber auch als Erweiterung des menschlichen Körpers

um ein kulturspezifisches Instrumentarium zur uniformierten und statusgerechten Präsentation und Fortbewegung. In der weiteren Kultivierung dieser Technologie haben wir es heute mit Fahrzeugen zu tun, die den menschlichen Operateur, also den Fahrer, in ein mechanisch und elektronisch vielschichtiges System einbetten und ihm dabei das Gefühl vermitteln, einen um mehrere Kubikmeter erweiterten, mechanisch belastbareren, physikalisch auf feine Weise steuerbaren, komfortabel geharnischten und schnell fortbewegbaren Körper zu besitzen. Der Autofahrer spürt mit einer solchen Erweiterung haptisch die Glätte einer vereisten Straße, hört beim Einparken auditiv die Annäherung „seiner“ hinteren Stoßstange an den hinter ihm parkenden Wagen oder genießt die Fahrt als raum-zeitlichen Fluss in einem bequemen, stimmungsvoll beleuchteten und beschallten Raum.

Eine solche Extension ist nicht einfach als das Abarbeiten von Aufgaben mit Hilfe von technischen Funktionen zu beschreiben. Sie bildet ein ganzheitliches, sensorisches und kultursensitives Erlebnis, dessen Gestaltung dem Hersteller eines Automobils, vor allem gemessen am ökonomischen Markterfolg, mehr oder weniger erfolgreich gelungen ist. Die Effektivität und Effizienz der Fortbewegung selbst erlangt dabei allenfalls untergeordnete Bedeutung. Die klassische Systemtechnik und die Ergonomie können hierzu zwar Beiträge, nicht aber umfassende Entwicklungsmethoden beitragen. Deshalb ist heute in diesem Bereich die Rolle des Produktdesigners, der die Produktgestaltung in einem die Funktionalität weit umfassenden Sinn betreibt, viel bedeutungsvoller geworden, als die des Ingenieurs oder Ergonom. Aber auch das klassische Produktdesign stößt mit seinen Methoden heute schon deutlich an die Grenzen des durch die digitale Computer- und Medientechnologie Möglichen. Die neuere Herausforderung, inzwischen auch Disziplin des *Interaktionsdesigns* (Thackara, 2005; Herczeg, 2006a; Moggridge, 2007) oder des *Experience Designs* (Shedroff, 2001) genannt, besteht darin zu versuchen, hier die weitergehenden Qualitäten eines hochinteraktiven Mediums in komplexen Kontexten zu verstehen und zu konstruieren. So ist es heute mehr der Konsument, gleichzeitig Operateur, der solche Qualitäten eines Produkts intuitiv zu prüfen und zu bewerten hat, als der Ingenieur oder Ergonom mit seinen objektivierten, rationalen Methoden. Dass es dabei zu vermeintlich irrationalen Formen des Ablehnens oder Ignorierens gut gedachter Lösungen (z.B. Sicherheitsgurt mit elektronischem Gurtstraffer) oder des Anerkennens und Annehmens objektiv schlechter Lösungen (z.B. rot-blaue Instrumentenbeleuchtung, zentraler Drehzahlmesser bei seitlich verlegtem Tachometer) kommt, zeigt nur umso mehr die veränderten Priorisierungen und gleichzeitig die Mängel und Lücken der heute praktizierten Entwicklungsprozesse und Entwicklungsmethoden.

### 3 Immersion

Beobachtet man einen versierten Autofahrer in einem modernen Automobil beim Fahren, so wird man kaum beobachten können, dass es beim Fahren um das schrittweise und reflektierte Vornehmen einzelner Handlungen in Abarbeitung

eines der gegebenen Aufgabe angemessenen Handlungsplanes geht. Vielmehr sieht man den Fahrer „aufgehen“ oder „eintauchen“ in einer Vielzahl sensorischer Einbettungen, die mehr oder weniger unbewusst und ganzheitlich wahrgenommen und genutzt werden. Der Fahrer ist in das Geschehen innerhalb und außerhalb des Automobils „einbezogen“. Vergleichbares gilt auch für Operateure anderer hochdynamischer Systeme. Wir sprechen hierbei auch von *Immersion*.

Dieses Phänomen der Immersion wurde vor allem im Zusammenhang mit *virtuellen Realitäten* als Zielkriterium formuliert. Der Nutzer taucht in eine meist virtuelle Welt ein und vergisst die „reale Umwelt“. Hierbei wurde in verschiedenen Modalitäten der Wahrnehmung differenziert (Sherman & Craig, 2003):

*Immersion: "sensation of being in an environment"*

*Mental Immersion: "state of being deeply engaged"*

*Physical Immersion: "bodily entering into a medium"*

Nun ist es keinesfalls das Ziel bei sicherheitskritischen Prozessführungssystemen, die reale Umwelt zugunsten einer artifiziellen Handlungsumgebung aus den Augen zu verlieren. Ganz im Gegenteil soll die Handhabung des Prozessführungssystems (z.B. des Cockpits) so erfolgen, dass die Operateure sich voll auf den Prozess, also zum Beispiel auf einen Überhol- oder einen Landevorgang, konzentrieren. Immersion muss hier nur als enge mentale oder auch körperliche Kopplung mit einem Prozessführungssystem unter Praktizierung möglichst vieler antrainierter oder natürlich gegebener Automatismen verstanden werden. Ergonomisches Ziel wäre hier darüber hinaus die *situationsgerechte Aufmerksamkeit* und eine *unmittelbare, zeitgerechte und vorausschauende Handlungsfähigkeit* im Prozessgeschehen (*Situation Awareness*) (vgl. Endsley & Garland, 2000).

Wie und nach welchen Kriterien kann und sollte Immersion in der Prozessführung konstruiert und evaluiert werden? Ein wichtiges Konzept entstammt einer der frühen Theorien interaktiver Systemgestaltung und wird dort als *Direkte Manipulation* (Shneiderman, 1983) bezeichnet. Direkte Manipulation wird in einem zweidimensionalen Gestaltungsraum definiert (Hutchins et al., 1986). Die erste Dimension, die sogenannte *Einbezogenheit (Engagement)* soll als *Weltmodell*, das heißt als metaphorische Abbildung der realen Welt ausgestaltet werden. Während es exemplarisch zu Beginn noch Bürooberflächen auf Bürocomputerbildschirmen waren, können wir dies im Bereich der Prozessführung beispielsweise in 3-dimensionalen Flugführungsanzeigen, wie *Tunnel-in-the-Sky*, wiederfinden. Ein virtueller Tunnel führt dabei von der augenblicklichen Position z.B. zum Aufsetzpunkt auf der Landebahn, und der Operateur hält das Flugzeug steuerungstechnisch innerhalb dieses virtuellen Tunnels. Höhe und Fluglage wird dabei in die Metapher des Durchfliegens dieses Tunnels mit seinen vertikalen und horizontalen Begrenzungen abgebildet. Der Pilot ist in diesen Vorgang des Durchfliegens des Tunnels einbezogen. Als die zweite, bei direkter Manipulation

wichtige Dimension wird die *Direktheit* (*Directness*) genannt. Sie beschreibt, wie direkt oder indirekt sich die Einflussnahme des Operators auf das Systemverhalten gestaltet. Das Steuern mittels eines 2-DOF-Sidesticks wäre für eine 3-dimensional modellierte Situation direkter als das Bedienen von 1-DOF-Tasten, -Schaltern oder -Drehreglern. Wird das Annähern an die Begrenzungen des Tunnels z.B. durch eine Kräfte rückkopplung (Force-Feedback) gegenüber einer visuellen oder auditiven Anzeige geleistet, erhöht sich die Direktheit weiter.

Ein wichtiges Prinzip, das die Immersion erhöht, ist die *Ambienz* oder das Entstehen einer *räumlichen Atmosphäre*. Eine räumlich-mediale Einbettung und Stimulation des Rezipienten soll ein kontinuierliches und komfortables Wahrnehmen und Wirken des Operators im System ermöglichen. Ambiente Systeme versuchen den Operator in einen interaktiven, komfortablen Handlungsraum körperlich und mental einzubetten. Dieses Prinzip wird teilweise bei Cockpits oder ihren Simulatoren verfolgt, die den Körper des Operators so weit wie möglich einbetten sollen. Durch *Mixed-Reality* (*gemischte Realitäten*) im gesamten räumlichen Handlungskontext soll der Anteil zwischen physischen und digitalen Elementen im Handlungsraum besser balanciert und verknüpft werden (vgl. Milgram & Kishino, 1994). Dies muss auch auf die Objektebene des Handlungsraumes übertragen werden. Während bei elektromechanischen Steuerungen dem Operator eine ausschließlich physische, meist nach Ein- und Ausgabe getrennte Schnittstelle angeboten wurde, ermöglichen computerbasierte mediale Systeme die unmittelbare Verknüpfung von Ein- und Ausgaben, von Information und Einflussmöglichkeiten (*Affordances*). Im Forschungsfeld der *Tangible User Interfaces* (*TUIs, Tangibles*), einem Teilbereich von Mixed-Reality, werden physische Objekte auf vielfältige Weise mit digitalen Informationen angereichert (Ishii & Ullmer, 1997). TUIs sind digital-physische Objekte, bei denen die physischen und die digitalen Eingabesysteme ohne räumliche Trennung direkt mit den Ausgabesystemen verknüpft werden. Beispiele sind Steuerungsobjekte, auf deren Oberflächen Information in geeigneter Weise (z.B. visuell oder haptisch) „gerendert“ (dargestellt) werden. Sie bilden die Bausteine für neue Formen räumlicher, immersiver Mensch-Maschine-Schnittstellen.

#### 4 Synästhesie

Während systemtechnisch konzipierte Mensch-Maschine-Systeme vor allem zur effizienten Abarbeitung von Aufgaben konstruiert werden (Herczeg, 2001), verfolgen medial konstruierte Systeme letztlich das Ziel, *ganzheitliche Wahrnehmungs- und Handlungsumgebungen* zu erzeugen und zwischen Mensch und einem externen Prozess zu „vermitteln“. Sie leisten dies mit Hilfe zwar einzelner, aber eng verknüpfter Medien (medialer Kanäle). Für das ganzheitliche

Zusammenwirken solcher Teilmedien wurden u.a. Begriffe wie *Synästhesie*<sup>1</sup> (Herczeg, 2005; Herczeg, 2006b) oder *simultane Synthese* (Klimsa, 2002) verwendet.

Synästhesie steht in diesem Kontext für eine unmittelbare, synchrone und nahtlose multimodale Wahrnehmung. Die Konstruktion muss also *Synchronität*, *Echtzeitfähigkeit* und *Kontinuität* leisten. In Folge dieser Anforderungen kann Synästhesie als ein Prinzip zur Realisierung von *Immersion* angesehen werden.

Die *Synchronität mehrerer Medien* ist im Bereich der technischen Medien am besten bekannt aus der Synchronität von Bild und Ton, wie sie seit 1927 mit teils aufwändigen Methoden und Techniken zuerst im analogen, dann im digitalen Tonfilm erfolgreich realisiert wurde. Selbst kleine Schwankungen in der Synchronität im Bereich einiger Millisekunden führen zu einer gestörten Wahrnehmung. Der Betrachter wird dann aus der immersiven Wirkung des betrachteten Films herausgerissen und versucht die mangelnde Synchronität durch bewusste kognitive Zuordnung auszugleichen. Dies wird bis zu einer gewissen Latenz gelingen, danach reißt die synästhetische Wahrnehmung des vertonten Bewegtbildes ab. Vergleichbares gilt auch für andere Multimedien, wie zum Beispiel gekoppelter visueller und haptischer Medien bei der Steuerung eines Bewegungsablaufes, bei der die Steuerimpulse aus visuellen Wahrnehmungen abgeleitet werden und dann in einer sensomotorischen Rückkopplungsschleife reguliert werden. Immersive mediale Extensionen erfordern eine Synchronität medialer Präsentationen und Einwirkmöglichkeiten, um die natürlichen menschlichen Wahrnehmungs- und Handlungsmodalitäten zu nutzen.

Die *Echtzeitfähigkeit* eines Mediums für die Prozessführung wird einerseits durch die beschriebene, ausreichende Synchronität der verwendeten Teilmedien wie auch der zeitgerechten Präsentation der dynamischen Prozesszustände sowie der zeitgerechten Verarbeitung von Steuerungsimpulsen zur Beeinflussung dieser Zustände bestimmt. Die zulässigen und tolerierten Latenzen sind in Abhängigkeit von der jeweiligen Modalität teilweise aus der Steuerungs- und Regelungstechnik bekannt. Neue multimediale Modalitäten bei der Interaktion, wie z.B. *Tangible Media*, erfordern aber neue empirische Untersuchungen und Gestaltungsmodelle.

Nicht zuletzt hängt die Synästhesie einer medialen Schnittstelle auch davon ab, inwiefern die Medien kontinuierlich, d.h. unterbrechungsfrei und nahtlos ablaufen und zusammenwirken. Während die *Kontinuität* des Ablaufes noch enge Bezüge zur Echtzeitfähigkeit und Synchronität aufweist, haben wir es in heutigen Lösungen oft mit einem zusätzlichen Aspekt, nämlich vielfältigen *Medienbrüchen* zu tun. So ist beispielsweise das gleichzeitige Nutzen von papierbasierter Navigation (Landkarte) und elektronischer Navigation (skalierbares, dynamisches

---

<sup>1</sup> Synästhesie ist hier nicht zu verwechseln mit demselben Begriff, der auch für Wahrnehmungsstörungen verwendet wird, bei denen Menschen z.B. Farben schmecken u.ä. (Cytowic, 2002).

Display) von einem Medienbruch gekennzeichnet. Beim Übergang von einem auf das andere Medium muss ein ausgeprägter Wechsel des Wahrnehmungs- und Handlungsmodus durchgeführt werden: von der starren, aber großflächigen, hochaufgelösten Papierkarte hin zum dynamischen, kleinen Navigationsdisplay mit eventuell auditiven Anweisungen. Da auch die für die Navigation verwendeten Zeichensysteme dabei wechseln, muss auch die mentale lexikalische Dekodierfunktion gewechselt werden. Fehlende oder eingeschränkte Synästhesie erfordert je nach Häufigkeit der jeweiligen Nutzung eine mehr oder weniger bewusste Auseinandersetzung des Nutzers mit den unterschiedlichen medialen Schnittstellen und beeinträchtigt oder zerstört den Eindruck der Immersion und damit auch der flüssigen und effizienten Nutzung des Mensch-Maschine-Systems.

## 5 Ästhetik

Nach der Diskussion von Synästhesie soll auch auf die Begrifflichkeit und Bedeutung von *Ästhetik* im hier betrachteten Kontext eingegangen werden. Der Begriff, letztlich abgeleitet aus dem griechischen „*aisthesis*“ für „*Wahrnehmung*“ oder „*Empfindung*“, hat im Bereich von Gestaltung, insbesondere auch Medien-gestaltung, eine besondere Bedeutung erlangt. Ästhetik ist, wie auch Immersion und Synästhesie, bislang mehr ein subjektiver Eindruck des Betrachters oder hier des Benutzers oder Operateurs, als eine objektiv messbare Eigenschaft. Ästhetik verstanden als *Sinnlichkeit* und *Sinnhaftigkeit* – nicht zu verwechseln mit *Schönheit* – ist bereits vor mehr als 50 Jahren von Max Bense und Abraham Moles auch auf informationstechnische und kybernetische Systeme übertragen worden. Dabei wurden mathematisch gefasste Objektivierungen des Ästhetikbegriffs entwickelt, die ihn z.B. als „*ästhetisches Maß*“ zu einem informationstechnischen Konstrukt machen. Der Ästhetik als einem Quotienten aus *Ordnung* und *Komplexität* kommt gerade bei hochfunktionalen Systemen eine besondere Bedeutung zu. Die Ausgestaltung von Prozessführungssystemen wie Flugzeugcockpits oder Leitwarten folgt neben pragmatischen und ergonomischen Kriterien oft auch ästhetischen Kriterien. Die zugreifbare Funktion bzw. die dargestellte Information soll nicht nur gebrauchstauglich dargeboten werden, sondern sie soll auch tradierten, akzeptierten und erwünschten Mustern und Ordnungen folgen. Die dabei entstehenden technischen Ästhetiken hatten und haben dabei nicht immer eine die Nutzung unterstützende Wirkung. Oftmals repräsentieren sie vor allem *Kultivierungen des Gebrauchs und der Persönlichkeit*, gepflegt von Herstellern und Anwendern in Form eines *Markendesigns*. Dies gilt insbesondere, aber nicht ausschließlich für Consumersysteme, wie es Automobile darstellen. Die ergonomisch gesehen objektiv schlechte Wahl der Darstellungsfarben Rot und Blau im Nachtdesign eines bekannten Automobilherstellers findet letztlich in einer der Ergonomie übergeordneten Ästhetik ihre Begründung.

Für künftige, stark medial geprägte Systeme wird sich die Bedeutung der Ästhetik oft den messbaren Kriterien teils unbemerkt überlagern und so unerkannte und auch ungewollte Wirkungen erzielen. Es ist daher wichtig, diesen Aspekt

systematisch einzubeziehen, um eine riskante Beeinträchtigung der für eine sichere und effiziente Nutzung wesentlichen ergonomischen Eigenschaften eines Prozessführungssystems zu vermeiden.

## **6 Engineering von funktionalen medialen Prozessführungssystemen**

Wie schon diskutiert, zeigen mediale Systeme neben ihren Besonderheiten auch viele Bezugspunkte zu klassischen, systemtheoretisch konzipierten Mensch-Maschine-Systemen (siehe dazu auch Herczeg, 2006b und Herczeg, 2007). So ist die Echtzeitfähigkeit eines Prozessführungssystems eine Voraussetzung für seine effektive und effiziente Nutzung, unabhängig vom gewählten Paradigma. Ähnliches gilt zumindest teilweise für das Gestalten und Evaluieren in Kontexten mit Aufgaben, die dann als Bezugspunkte für die Effektivität und die Effizienz eines Systems dienen. Bezug nehmend auf die sensomotorischen und kognitiven Fähigkeiten und Grenzen des Menschen hat man im Bereich der Ergonomie (insb. auch Software-Ergonomie) sowie im Cognitive-Engineering (insb. auch Usability-Engineering) (Norman, 1986; Woods & Roth, 1988; Rasmussen et al., 1994) ein Methodenrepertoire erarbeitet, um die erfolgreiche Entwicklung systemtheoretisch und aufgabenbezogen strukturierter Systeme mit Benutzerzentrierung zu bewältigen.

Wie aber sieht es im Bereich der medialen Systeme aus? Wie schon erwähnt, finden sich dort für ausgewählte Medien und verbreitete, meist altbekannte Medienkombinationen vielfältige Erfahrungen und Methoden, wie diese geeignet konzipiert und realisiert werden können. Durch die erst in jüngerer Zeit erfolgte digitale Konvergenz der Medien finden sich allerdings nur wenige medienübergreifende, generische Verfahren und Techniken, die methodisch gesichert helfen könnten, ein multimediales Prozessführungssystem systematisch mit den erforderlichen extensionalen, immersiven, synästhetischen und ästhetischen Eigenschaften zu entwickeln. Stattdessen finden sich eher fragmentierte Vorgehensweisen, die einzelne Medien und weniger komplexe Medienkombinationen zu modellieren und zu realisieren erlauben. Als Folge davon entstehen heute multimediale und multimodale Prozessführungssysteme methodisch eher „bottom-up“ aus bestehenden Lösungen als „top-down“ in einem ganzheitlichen Entwurf. Vorhandene Systeme werden iterativ durch mediale Lösungen ergänzt und angereichert. Beispiele für solche ad-hoc-Systeme mit ihren ständigen Medienbrüchen und Paradigmenwechseln sind zahlreich zu finden:

- Leitwarten in Kernkraftwerken mit Mischungen aus klassischer Leittechnik und computerbasierter Anzeigesysteme;
- Schiffsbrücken mit zum Teil Dutzenden unabhängig konzipierter Teilsysteme;
- Flugzeugcockpits mit einer Mischung aus Bildschirmen, klassischen Anzeigeelementen, Schalterpanels und analogen haptischen Steuerungselementen;

- Automobilcockpits, bei denen die Integration und Anordnung von Displays und Unterstützungssystemen eher von füllbaren Lücken im Cockpit oder von marktgerechten Ästhetiken als von systematisch entwickelten, gebrauchstauglichen Lösungen geprägt sind;
- Industrieleitwarten, in denen der verfügbare Raum ausgehend von einigen Sitz-, Tisch- und Wandpositionen mit Wandbildern, Computerbildschirmen und Schalttafeln gefüllt wird;
- Flugsicherungskonsolen, bei denen die vorher noch vorhandene freie Fläche über dem Kopf des Controllers mit einem PC-Bildschirm mit hellem Hintergrund zum hellkeitsgedämpften Gesamtambiente ergänzt wurde und die Computermaus nicht mit der Schräge der Konsole harmoniert.

Diese kulturtechnischen Übergangslösungen sind zahlreich, ja sie sind derzeit praktisch bestimmend für den State-of-the-Art beim Übergang vom fragmentierenden systemtheoretischen Werkzeugparadigma zum integrierenden synästhetischen Medienparadigma. Es kann daher als eine der wichtigen Aufgaben für Hersteller und Systementwickler als Konstrukteure, genauso wie für Anwender und Operateure als Entscheidungsträger oder Nutzer angesehen werden, sich ein neues Bild von den Möglichkeiten und Methoden zu machen, um aus den neuen Potenzialen nicht ein mehr oder weniger zufälliges Sammelsurium und Nebeneinander an Lösungen mit vielfältigen medialen Brüchen werden zu lassen. Dabei muss es zu einer Synthese von ingenieurwissenschaftlichen und medienwissenschaftlichen Modellen, Methoden und Prozessen kommen.

## 7 Zusammenfassung und Ausblick

Die Entwicklung und Gestaltung von Prozessführungssystemen befindet sich im Umbruch. Durch die zunehmende Computerisierung von Funktionalität und die gleichzeitige Konvergenz der digitalen Medien finden sich immer mehr mediale interaktive Elemente in den bislang vor allem funktionalen Prozessführungssystemen.

Diese Entwicklung bietet neue oder besser ausgeprägte extensionale, immersive, synästhetische und ästhetische Systemeigenschaften. Diese Eigenschaften müssen jedoch methodisch im Zusammenhang entwickelt werden, um die neuen Systeme mit neuen Eigenschaften zu versehen, ohne die bisherigen, vor allem die Gebrauchstauglichkeit bestimmenden Eigenschaften zu verlieren. Die bisherige Systemtheorie und die Ergonomie müssen dazu um medientheoretische und medientechnische Elemente zu einer umfassenderen Methodik erweitert werden.

## Literatur

- Cytowic, R.E. (2002). *Synaesthesia: A Union of the Senses*. Cambridge: MIT Press.
- Endsley, M.R. & Garland, D.J. (Eds.) (2000). *Situation Awareness - Analysis and Measurement*. Mahwah: Lawrence Erlbaum Associates.

- Flemisch, F.O. (2004). Die Erhöhung der Verlässlichkeit von Mensch-Fahrzeug-Systemen: Die H-Metapher als Richtschnur für Fahrzeugautomation und -interaktion. In M. Grandt (Hrsg.), *Verlässlichkeit der Mensch-Maschine-Interaktion* (DGLR-Bericht 2004-03, S. 49-71). Bonn: Deutsche Gesellschaft für Luft- und Raumfahrt e.V.
- Herczeg, M. (2001). A Task Analysis Framework for Management Systems and Decision Support Systems. *ACIS International Journal of Computer & Information Science*, 2(3), pp. 127-138.
- Herczeg, M. (2005). *Software-Ergonomie*. München: Oldenbourg-Verlag.
- Herczeg, M. (2006a). *Interaktionsdesign*. München: Oldenbourg-Verlag.
- Herczeg, M. (2006b). Analyse und Gestaltung multimedialer interaktiver Systeme. In U. Konradt & B. Zimolong (Hrsg.), *Ingenieurpsychologie, Enzyklopädie der Psychologie, Serie III, Band 2* (S. 531-562). Göttingen: Hogrefe.
- Herczeg, M. (2007). *Einführung in die Medieninformatik*. München: Oldenbourg-Verlag.
- Hutchins, E.L., Hollan, J.D. & Norman, D.A. (1986). Direct Manipulation Interfaces. In D.A. Norman & S.W. Draper (Eds.), *User Centered System Design* (pp. 87-124). Hillsdale: Lawrence Erlbaum Associates.
- Ishii, H. & Ullmer, B. (1997). Tangible Bits: Towards Seamless Interfaces between People, Bits and Atoms. In *Proceedings of CHI 1997*. New York: ACM Press, pp. 234-241.
- Klimsa, P. (2002). Multimediantzung aus psychologischer und didaktischer Sicht. In L.J. Issing, & P. Klimsa (Hrsg.), *Information und Lernen mit Multimedia und Internet* (S. 5-17). Weinheim: Beltz - Psychologische Verlags Union.
- McLuhan, M. (1964). *Understanding Media: Extensions of Man*. Cambridge: MIT Press.
- Milgram, P. & Kishino, F. (1994). A Taxonomy of Mixed Reality Visual Displays. *IEICE Transactions on Information Systems*, Vol. E77-D, No. 12.
- Moggridge, B. (Ed.) (2007). *Designing Interactions*. Cambridge: MIT-Press.
- Mulder, M., Mulder, J.A. & Stassen, H.G. (1999). Cybernetics of Tunnel-in-the-Sky Displays. In: *Proceedings IEEE International Conference on Systems, Man, and Cybernetics*, Vol. 5, S. 1082-1093.
- Norman, D.A. (1986). Cognitive Engineering. In D.A. Norman & S.W. Draper (Eds.), *User Centered System Design* (pp. 31-61). Hillsdale: Lawrence Erlbaum Associates.
- Rasmussen, J., Pejtersen, A.M. & Goodstein, L.P. (1994). *Cognitive Systems Engineering*. New York: Wiley.
- Ropohl, G. (1979). *Eine Systemtheorie der Technik*. München: Carl Hanser.
- Shedroff, N. (2001). *Experience Design*. Indianapolis: New Riders.
- Sherman, W.R. & Craig, A.B. (2003). *Understanding Virtual Reality*. San Francisco: Morgan Kaufmann.
- Thackara, J. (2005). *In the Bubble - Designing in a Complex World*. Cambridge: MIT Press.
- Woods, D.D. & Roth, E.M. (1988). Cognitive Systems Engineering. In M. Helander (Ed.), *Handbook of Human Computer Interaction* (pp. 3-43). Amsterdam: Elsevier.

## **Autor**

Prof. Dr. M. Herczeg

Universität zu Lübeck  
Institut für Multimediale und Interaktive Systeme  
herczeg@imis.uni-luebeck.de