

Die Rückkehr des Analogens: Interaktive Medien in der Digitalen Prozessführung

Michael Herczeg

Zusammenfassung

In diesem Beitrag soll reflektiert und diskutiert werden, wie durch technologische Entwicklungen im Bereich der interaktiven digitalen Medien durch leistungsfähige multimediale und multimodale Interaktionsformen vermehrt naturalistische, analoge Benutzungsschnittstellen zur Verfügung stehen, die auch im Bereich der sicherheitskritischen Prozessführungssysteme zunehmend Einsatz finden. In dieser Betrachtung werden als Ausgangspunkt und konzeptionelle Struktur die drei basalen medialen Paradigmen Werkzeug, Welt und Agent für Mensch-Maschine-Systeme im Hinblick auf Präsentationsformen, Interaktionsprinzipien, Automatisierungsformen, Technologien und mentale Modelle untersucht. Am Beispiel neuerer interaktiver Technologien wie Wearables, Tangibles, Multitouchsysteme, HUDs, Ambiente Systeme und diversen Verschneidungen physischer und digitaler Realitäten sollen die neuen Möglichkeiten und Herausforderungen der Rückkehr analoger und natürlicher gegenüber diskreter und abstrakter Interaktionsformen diskutiert werden. Dazu sollen die genannten Paradigmen, Konzepte und Systemmodelle näher untersucht werden, um sie dann in den Kontext von Mensch-Maschine-Systemen in der Prozessführung zu übertragen. Das Erreichte oder Erreichbare wird jeweils kritisch beleuchtet und die interdisziplinäre Forschungsagenda im Bereich sicherheitskritischer Anwendungen um neue Systemvorstellungen, Kriterien und Entwicklungsmethoden und offene Forschungsfragen erweitert.

1 Einleitung

Ausgehend von der physischen Überwachung, Steuerung und Regelung von Prozessen in frühen Mensch-Maschine-Technologien durch zunächst direkte physische Wahrnehmungen und Beeinflussung von Prozessgrößen, später dann mittels elektronischer Prozessbilder sowie elektromechanischer Sensoren und Stellmotoren und heute durch interaktive Computersysteme wurde der Operateur durch Mechanik, Elektronik und Computertechnologie schrittweise vom physischen Prozess separiert. Anfangs vor allem aus Gründen des Komforts entwickelt, wurde diese Entkopplung später zunehmend zur Leistungssteigerung durch die Realisierung von Logikschichten und komplexen Automatisierungen vorangetrieben (Billings, 1997). Die vom menschlichen Operateur geführten

Regulationsschleifen und Entscheidungsprozesse wurden zunehmend gröber und diskreter. Abgesehen von wenigen verbliebenen sensomotorischen Regulationsaufgaben, wie dem „weichen“ Landen eines Flugzeugs auf der Landebahn oder eines Schiffes an der Kaimauer, besteht die Mensch-Maschine-Interaktion inzwischen vielfach aus vor allem abstrakten Ein- und Ausgaben, oft nur noch aus dem Aktivieren oder Deaktivieren von diskreten Automaten oder der Einstellung von vordefinierten Parametern. Dies entlastet Operateure, fördert die Klarheit der Intentionen wie auch der Interaktionen, geht aber einher mit dem schleichenden Verlust der Einbezogenheit der Operateure in das Prozessgeschehen („*Operator in the Loop*“) sowie der damit verbundenen zunehmenden Entfremdung der Operateure vom Prozess (vgl. u.a. Bainbridge, 1983).

Die Entwicklung innovativer Mensch-Maschine-Systeme im Bereich der Prozessführung ist inzwischen zunehmend von folgenden gegenläufigen Theorien und technologischen Ansätzen gekennzeichnet:

1. komplexe und feinstrukturierte Modellierungen und Simulationen,
2. multimediale und multimodale synästhetische Interaktionen,
3. erlebnishafte (Shedroff, 2001) sowie emotional wirkende Echtzeitfähigkeit mit psychischen Effekten wie Flow (Csikszentmihalyi, 1990) und Immersion (Sherman & Craig, 2003).

Mit den Ansätzen, ein Prozessführungssystem in Form von digitalen physischen Ausprägungen als Werkzeuge (z.B. Sidestick, Multitouchcockpit (Kellerer et al., 2008)), Welten (z.B. Geländesimulation, verfahrenstechnische Simulation) oder Assistenten (z.B. Enhanced Ground Proximity Warning System (EGPWS), emotionales Pkw-Navigationsgerät) auszuprägen, entstehen Systeme, die den Operateur wieder stärker mit der Anwendungswelt, also mit dem zu führenden meist physischen Prozess verbinden und ihn einbeziehen sollen. Diese Ansätze sind meist mit leistungsfähigen Interaktionstechnologien und Systemparadigmen realisiert, die im Grunde genommen altbekannt und natürlich sind und zumindest teilweise eine Umkehr von der zunehmenden Abstraktion der Automatisierung zurück in eine manuelle und analoge Welt eingeleitet haben. Dies kann in der längerfristigen Betrachtung auch als eine grundsätzliche Paradigmenumkehr angesehen werden, für die neben den bisherigen ergonomischen, kognitiven und linguistischen (Herczeg, 2006b; Herczeg, 2009) zunehmend wieder physische, ästhetische und emotionale Merkmale und Kriterien erforderlich sind (Herczeg, 2008). Die Entwicklung kehrt sich im Sinne einer Schwingung zwischen den Extremen des Informationell-Abstrakten und des Physisch-Konkreten wieder um, nämlich vom Zweck zum Mittel, von der Abstraktion zur Konkretion, vom Diskreten zum Analogen (vgl. auch Bild 1). Der Operateur kann dabei wieder mehr von seiner gesamten Leistungsfähigkeit einbringen, die schon immer in einer ganzheitlichen Verknüpfung von Körper und Geist, einer physischen und einer geistigen Welt gelegen hat.

2 Werkzeuge

Werkzeuge sind gegenständliche Hilfsmittel. Sie sollen ihre Benutzer dabei unterstützen, Arbeitsobjekte geeignet zu manipulieren, oder abstrakter gesehen, zu transformieren.

Werkzeuge in der Prozessführung sind vielfältig zu erkennen. Das Lenkrad im Auto zum Drehen der Räder, das Bremspedal zum Anpressen der Bremsklötze an die Bremsscheibe oder der Sidestick im Cockpit zur Einstellung der Ruder. Auch der ferngesteuerte Manipulator für eine „Heiße Zelle“, um mit gefährlichen Substanzen zu hantieren, oder ähnlich aufgebaute telechirurgische Arbeitsstationen sind typische Werkzeuge. Als Grundprinzipien von Werkzeugen können gesehen werden:

- sie sind Manipulatoren und ändern Formen und andere Eigenschaften von Arbeitsobjekten,
- sie sind gegenständlich,
- sie übertragen gerichtete Kräfte.

Der Werkzeugbegriff wurde mit Einführung von Computern zunehmend weiter gefasst. Gelegentlich wurde schon von „Denkzeugen“ gesprochen (Haefner et al., 1987). Dies fand zunächst im Hinblick auf die Nutzung von Computerfunktionalität zur Verarbeitung von Information statt. Das Werkzeug wurde hierbei zum Symboltransformator. Später wurden Werkzeuge aber durch die Abbildung des Gegenständlichen in virtuellen Welten als virtuelle gegenständliche Werkzeuge wiedergeboren. Die jeweiligen mentalen Modelle zu Werkzeugen und ihrer Anwendung unterscheiden sich entsprechend und sind entweder physisch- oder symbolisch-transformativer Natur.

Zunächst waren virtuelle Werkzeuge vor allem, bedingt durch die ersten technologischen Phasen der Informationsverarbeitung, diskrete symbolische Werkzeuge, also letztlich Verarbeitungsfunktionen und ihre Parametrisierungen (Modi). Später fanden sie sich dann wieder als Abbildungen von physischen Umgebungen, beginnend mit Desktop-Systemen (Smith et al., 1982), elektronischen Desktop-Labors (Herczeg, 1988) oder auch mechanischen Simulationen. Im Bereich der Simulatoren und Computerspiele wurden aus den symbolischen digitalen Welten wieder physische und damit analoge digitalisierte Welten. Nicht nur die Computerleistung hat dazu geführt, wieder ins Analoge gehen zu können, es waren vor allem auch diese neuen Paradigmen der Computernutzung, die von der funktionalen und strukturellen Abstraktion wieder in das vertraute und konkrete Gegenständliche führten. Zunächst hat die Entwicklung des Symbolischen ausgehend vom klassischen physischen Werkzeug im sensomotorischen Handlungsprozess zur gesteuerten Automatik geführt, die den Menschen vom physischen Prozess entkoppelt und teils entfremdet hat (Bainbridge, 1983). Inzwischen ist die zwar digitale, aber naturalistische Übersetzung und physisch-sensomotorische Präsentation und Interaktion ins Analoge

wieder vorstellbar, machbar und oftmals erwünscht. Die Automation verschwindet innerhalb einer unsichtbaren sensomotorischen Unterstützungsfunktion, die das jetzt wieder analoge Werkzeug verstärkt und kontrolliert. Nicht das System lenkt und bremst im vollautomatisierten Prozess, sondern der Fahrer hat die Initiative und wird dabei eher passiv – zumindest in der Wahrnehmung – unterstützt und überwacht. Gibt er die Kontrolle ab oder verliert er sie, so übernimmt das System als aktives Werkzeug bedarfs- und schrittweise die Kontrolle. Aus der diskret gestuften Automatik mit unterschiedlich ausgeprägter Arbeitsteilung zwischen Mensch und Maschine (Billings, 1997) wird das analoge kontinuierliche Unterstützungssystem, das man nicht ein- oder ausschaltet, sondern das immer aktiv bleibt und ein Kontinuum von der manuellen Kontrolle bis zur Vollautomatisierung bieten kann (Flemisch, 2004). Der Operateur bleibt in der Prozesswelt und damit auch im Loop, es sei denn, er kann oder will dies in bestimmten Situationen nicht leisten und gibt die Kontrolle schrittweise oder auch im Notfall abrupt ab.

Das mentale Modell des Operateurs von einem solchen anlogenen digitalen Werkzeug kann sich nur teilweise an der bekannten physischen Welt orientieren. Ein Hammer fällt aus der Hand und verliert seine Funktion, wenn man ihn loslässt. Ein Fahrzeug sollte aber seine Funktionsfähigkeit und Spurführung nicht verlieren, wenn dem Fahrer das Lenkrad entgleitet. Wie kann sich ein Mensch das komplementäre und ersetzende aktive Werkzeug vorstellen? Wie können wir es in einer Weise motivieren und trainieren, so dass das Mensch-Maschine-System als Ganzes zuverlässig funktioniert? Worauf darf sich ein Mensch und worauf muss sich die Maschine verlassen können?

Die Antworten können heute noch nicht einfach gegeben werden, und unzählige Beispiele von Incidents und Accidents im Zusammenhang mit experimentellen oder schon zum Produkt erhobenen Mischformen von passiven und aktiven Automatisierungen zeigen die Problematik deutlich. Wir benötigen zunächst Theorien und Modelle dieser neuen aktiven Werkzeuge in Verbindung mit analoger menschlicher Sensomotorik. Empfindung, Wahrnehmung, Gefühl (vgl. Foley & Matlin, 2010) und Emotion bei der Bedienung eines Werkzeugs müssen in einer neuen Weise mit Kognition, Delegation und Handlung verknüpft werden.

Die einst klare sensomotorische Regulationsschleife führt in eine synchronisierte Doppelschleife aus menschlicher und maschineller Regulation. Der rein physische Prozess wird durch einen mehr oder weniger versteckten, also auch mehr oder weniger bewussten zeichenverarbeitenden Prozess über- oder unterlagert. Aus dem klassischen physisch-analogen Werkzeug wird ein digital-analoges Werkzeug. Es erlaubt über die pure Kognition hinaus eine sensomotorisch-gefühlmäßige Einbezogenheit und emotional-affektiv beeinflusste Handlung des Operateurs bei gleichzeitiger Echtzeitalgorithmik und Teilautomatisierung durch die Maschine. Während früher die symbolische Verarbeitungsfunktion oberhalb

der sensomotorischen als problemorientierte Steuerung oder Automatik gelegen hat, liegt sie jetzt unsichtbar unterhalb dieser.

3 Welten

Werkzeuge werden naturgemäß zur Manipulation von Objekten in Weltkontexten verwendet. Welten werden aus meist strukturierten Objekten und darin wirkenden Akteuren modelliert. Werkzeuge erlauben den Benutzern diese Objekte zu manipulieren, also zu transformieren. Weltmodelle weisen üblicherweise folgende Eigenschaften auf:

- sie sind physische (physikalische) Modelle,
- sie bestehen aus Objektstrukturen und Akteuren,
- in ihnen wirken Constraints (Kräfte, Naturgesetze) auf Objekte und Akteure,
- Akteure finden sich in diese Welten einbezogen (Immersion).

In der Prozessführung ist als Welt zunächst die „Anwendungswelt“, also der zu steuernde, meist physische Prozess relevant. Solche Prozesswelten wurden oft ganz oder teilweise im Sinne der Abstraktionsebenen von Rasmussen (1985) von der physischen Ebene auf die Ebene der Zielstellungen und Bewertungen abstrahiert (Bild 1). So ist auf der abstraktesten, der intentionalen Ebene (*Functional Purpose*) nicht die Bewegung eines Verkehrsmittels von A nach B, sondern ausschließlich seine Transition relevant. Umgekehrt benötigt der Operateur eine möglichst konkrete physische Ebene, um den Bewegungsprozess zu steuern, insbesondere wenn Abweichungen auftreten.

Prozessführungssysteme vermitteln im Sinne von Medien zwischen Operateur und Prozess. Sie transformieren den Prozess indem sie ihn in beiden Richtungen bedarfsweise abstrahieren oder konkretisieren können. Der Operateur beeinflusst den Prozess auf verschiedenen Abstraktionsebenen. Weltmodelle und die darin befindlichen Objekte sind im Normalfall analoge und kontinuierliche Modelle. Je präziser sie im Rahmen der menschlichen Wahrnehmungsmöglichkeiten präsentiert werden, desto weniger wird der Operateur durch Diskontinuitäten (z.B. Raster, Stufen und andere digitale Artefakte, Bounding Boxes) abgelenkt. Dies erklärt zumindest, warum es weiterhin Sinn zu machen scheint, den Naturalismus im Sinne der höheren Auflösung und der damit verbundenen Präzision weiter zu treiben. Dies findet in der Entwicklung von Fahrzeugsimulatoren genauso Anwendung wie in der Produktion von Filmen oder Computerspielen. Die Grenzen des Wahrnehmbaren werden in Einzelmedien inzwischen deutlich überschritten, in synästhetischen, also wahrnehmungssynchronen multimedialen und multimodalen Umgebungen gelingt dies jedoch bislang nur sehr eingeschränkt.

Weltmodelle sollen Operateuren helfen, möglichst einfache Transformationen von Intentionen in Handlungen zu bewerkstelligen. Sie orientieren sich an den natürlichen Fähigkeiten des Menschen, sich in physischen Umgebungen zurechtzufinden und handlungsfähig zu sein. Weltmodelle sind meist verbunden

mit physischen, d.h. analogen Constraints (z.B. Gravitation, Impulse, Entropie), die das Verhalten (z.B. Bewegung) und die Eigenschaften (z.B. physische Form, Materialeigenschaften) von Objekten, aber auch von Akteuren in der Welt bestimmen.

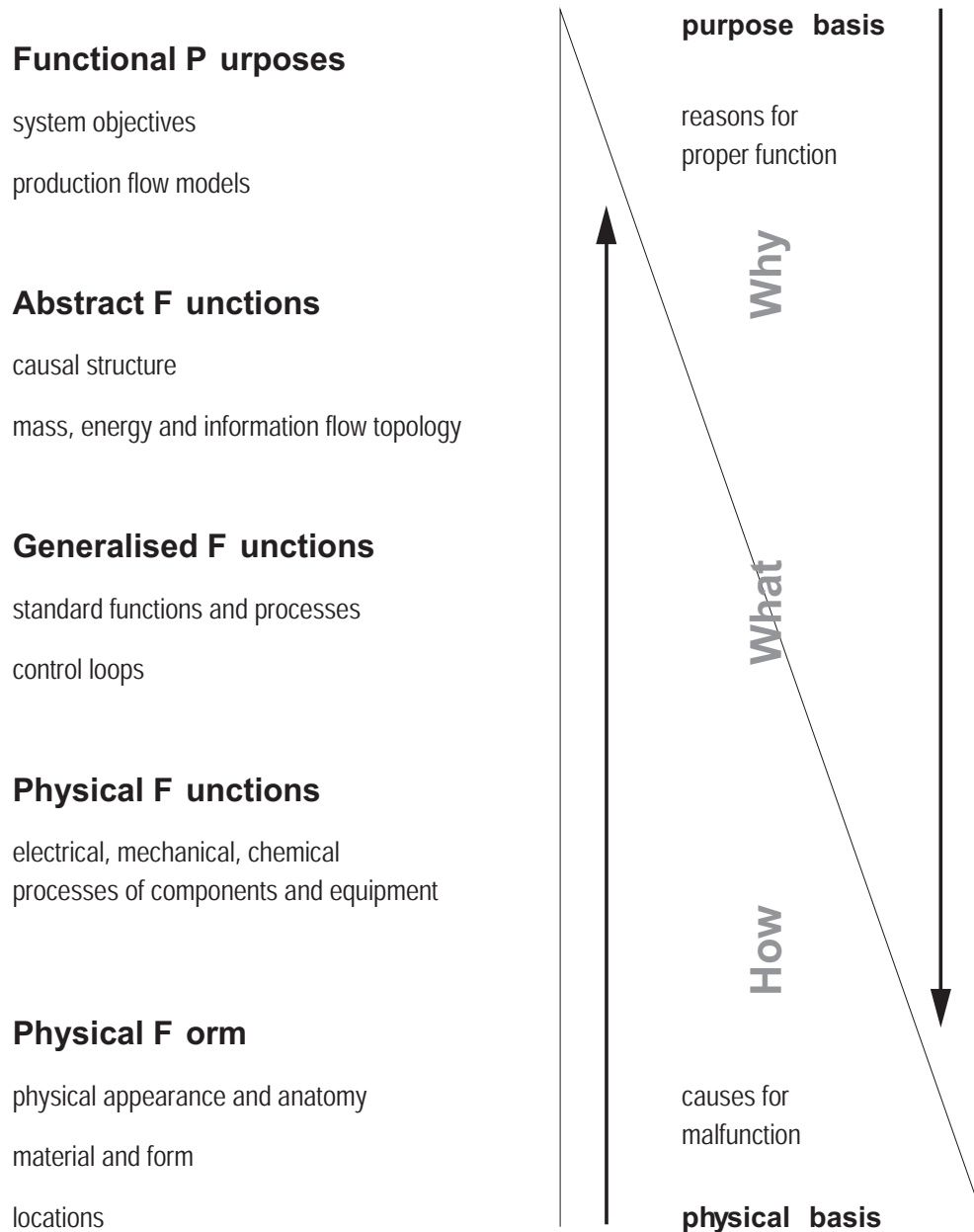


Bild 1: Abstraktionsebenen in der Prozessführung (nach Rasmussen, 1985)

Die Schwierigkeiten mit der Entstehung und Anwendung mentaler Modelle bei interaktiven Systemen wurden u.a. von Dutke (1994) und Sutcliffe (2002) diskutiert. Während bei den bisherigen, eher abstrakten interaktiven Systemen vor allem strukturelle Abbildungen zwischen Modell und Original (isomorphe Modelle) im Vordergrund standen, kommen bei multimedialen Systemen, die nach einem Weltmodell gestaltet sind, auch den Abbildungen von Materialeigenschaften (isophyle Modelle) größere Bedeutung zu (vgl. dazu auch die

Systemtheorie von Stachowiak (1973)). An dieser Stelle fügen sich auch die mentalen Modelle für Werkzeuge in die Weltmodelle ein.

Im Zusammenhang mit interaktiven Medien sprechen wir bei Weltmodellen auch von ambienten Systemen. Die Ambienz ist dabei eine reale oder virtuelle Räumlichkeit, in die meist auch der Operateur eingebettet ist. Das System generiert diesen Raum oder ergänzt einen physischen Raum durch weitere wahrnehmbare Eigenschaften oder nutzbare Funktionalitäten. Die möglichen Verschneidungen zwischen realen und virtuellen Raumeigenschaften können als kontinuierlich angesehen werden. Reale Räume werden bei erweiterten Realitäten (*Augmented Realities*) durch digitale Eigenschaften angereichert. Virtuelle Realitäten werden bei erweiterten Virtualitäten (*Augmented Virtuality*) durch physische Elemente ergänzt. Milgram et al. (1994) beschreiben diese Verschneidung als ein Kontinuum (Bild 2).

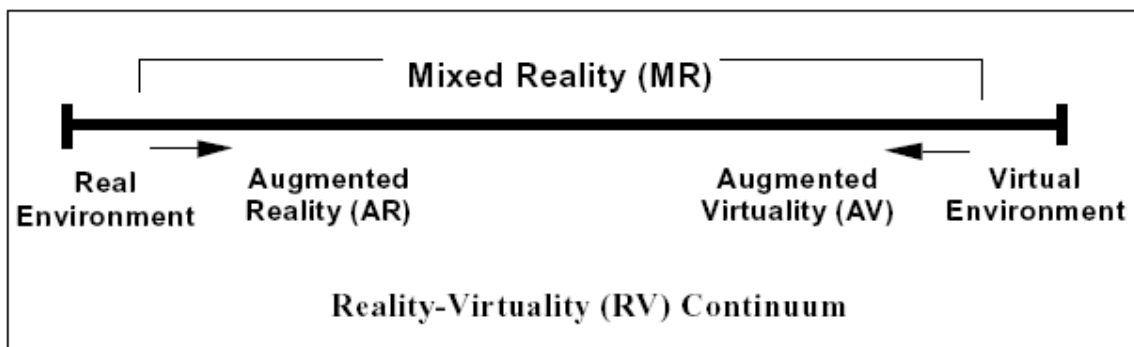


Bild 2: Das Realitäts-Virtualitäts-Kontinuum (Milgram et al., 1994)

Das Kontinuum von Milgram berücksichtigt aufgrund seiner Eindimensionalität nur die Frage von Realität (Physikalität) versus Virtualität. Möchte man berücksichtigen, wie die Abbildung von Objekten oder einer Umgebung aus der physischen in die digitale Welt erfolgt, benötigt man ein zweidimensionales System (Bild 3).

Bezugnehmend auf die Granularität der Abbildung aus dem Physischen in das Digitale (vgl. Ishii & Ullmer, 1997) findet die physische Granularität (Atome, physische Objekte, physische Welten) eine Entsprechung im Digitalen (Bits, Objektmodelle, Weltmodelle). In einer beliebigen Abstufung zwischen Objekten und ihren Bausteinen lässt sich so das Analoge in das Digitale mit vorgegebenen Anforderungen an die Abbildungstreue übersetzen. So werden heute in der Filmproduktion beispielsweise auch digitale Partikelsysteme eingesetzt, um analoge Partikelsysteme zu simulieren (z.B. für Flüssigkeiten, Feuer, Rauch). Dies geschieht zunehmend im Bereich der Computerspiele auch in Echtzeit, so dass es offenbar eine zunehmende Annäherung der Abbildung von der Objektgranularität bis auf die atomare Ebene gibt. Selbst Echtzeitsimulationen sind in eingeschränkten Anwendungsdomänen so realistisch modelliert, dass der Betrachter keinen Unterschied zur Realität mehr zu erkennen glaubt. Neben den bekannten Hochleistungsgraphikprozessoren (*Graphics Processing Units, GPUs*)

kommen inzwischen auch Physikprozessoren (*Physics Processing Units, PPU*s) zur schnellen Verarbeitung von Objektkollisionen, Windbewegungen, Nebel-effekten oder auch Bewegungen in Kraftfeldern zum Einsatz. Es ist leicht vorherzusagen und teilweise schon zu finden, dass weitere Spezialbeschleuniger zusätzliche physische bzw. sensorische Modalitäten mit natürlichen, sprich analogen Verhaltensweisen ausstatten werden.

Ausmaß der Virtualität

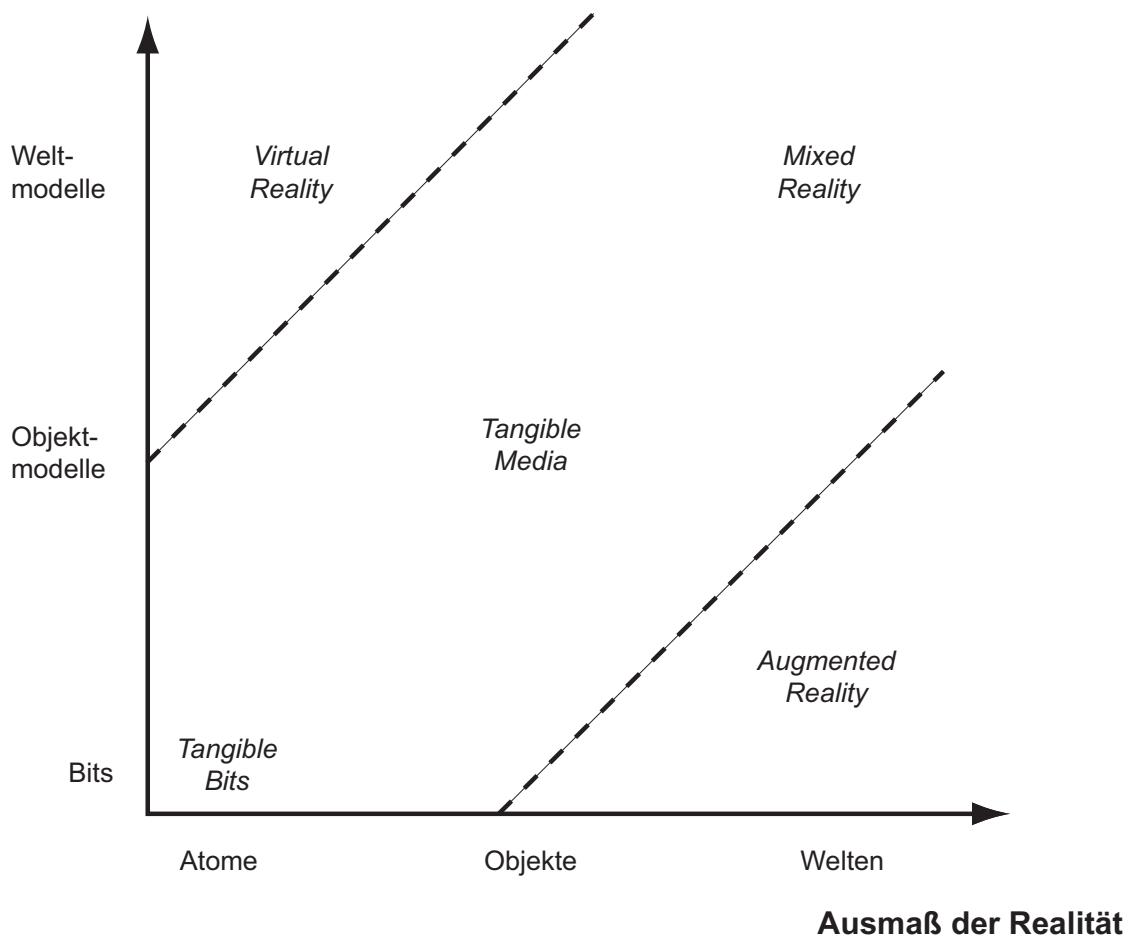


Bild 3: Zweidimensionales Realitäts-Virtualitäts-Kontinuum (Herczeg, 2006a)

4 Akteure

Neben Objekten befinden sich in Welten auch Akteure. Künstliche Akteure (Agenten) können als Assistenten oder Helfer gestaltet sein. Sie unterstützen den Benutzer in Form menschenartiger Dialogpartner bei der Durchführung von Aufgaben.

In der Prozessführung tauchen Agenten in vielfältiger Form auf. So unterstützen Kommunikations- und Navigationssysteme den Fahrer im Pkw durch Sprachein- und -ausgabe bei der Orientierung und Routenfindung. Gesprochene Hinweise, oft in emotionaler Prosodie, erlauben dem Fahrer, sich auf den Verkehr zu konzentrieren und sich wie von einem menschlichen Beifahrer leiten zu lassen. Warnsysteme wie EGPWS melden sich ausdrucksvoll visuell und auditiv

(Warntöne und Sprache) und weisen die Piloten auf Gefahrensituationen hin. Manche Agenten werden über die Sprache hinaus anthropomorph dargestellt. Man nennt sie auch Embodied Conversational Agents oder kurz ECAs (Cassell et al., 2000). Als Talking Heads, Veepers (*Virtual Persons*) oder Avatare werden ECAs für den Operateur in 2D/3D-computergraphischer oder videotechnischer Form präsentiert. Dies hat in der Prozessführung noch wenig Anwendung gefunden, ist aber eine zumindest technologisch-kulturelle Konsequenz, sobald die technischen Funktionen und Ressourcen für solche Präsentationen im Überfluss vorhanden sind. Naheliegenderweise werden solche anthropomorphen Assistenten in ihrer weiteren Entwicklung – bislang meist noch prototypisch – auch den Operateur beobachten, gestische und mimische Artikulationen aufnehmen und diese als Kommandos oder Information interpretieren. Als Grundprinzipien solcher Agenten sind zu sehen:

- sie sind Dialogpartner,
- sie treten anthropomorph (visuell, sprachlich) in Erscheinung,
- sie sind wachsame Helfer und unterstützende Assistenten.

Das mentale Modell eines Benutzers von anthropomorphen Assistenten soll in mehr oder weniger ausgeprägter Form das eines menschlichen Assistenten sein. Dies ist letztlich das metaphorische Entwicklungskonzept. Dass dies nicht immer gelingt, ist meist Folge diverser Schwächen in der technischen Ausführung. Assistenzsysteme in Form menschlicher Partner vermeiden die Transformationsdistanzen in der syntaktischen Ausführung von Aktionen oder der Wahrnehmung von Systemreaktionen. Die Verwendung von quasi-natürlicher Sprache erspart das Erlernen und Anwenden einer formalen Interaktionssyntax mit allen damit verbundenen Problemen und Aufwänden. Schwierigkeiten mit diesem Ansatz reichen von abstrahierten, cartoon-artigen Darstellungen, über Defizite in der Generierung und vor allem Erkennung natürlicher Sprache, Gestik und Mimik bis hin zur semantischen Kluft zwischen den Erwartungen der Benutzer hinsichtlich der Intelligenz der Assistenten, die sich am besten an 50 Jahren Forschung im Bereich von NL-Systemen (Natürlichsprachliche Systeme) der Künstlichen-Intelligenz-Forschung (KI) nachvollziehen lassen. Die Überbrückung dieser Kluft wird noch Jahrzehnte dauern, während die Erfolge vor allem im Bereich der geschickten Nutzung domänenbeschränkter Systeme zu sehen sind (z.B. Expertensysteme). Da der Bereich der Prozessführung sich typischerweise, oft streng formalisiert, an engen Anwendungsdomänen orientiert, ist das Anwendungspotenzial für anthropomorphe Assistenzsysteme selbst mittelfristig noch als erheblich einzuschätzen. Probleme mit Spracheingabe in sicherheitskritischen Anwendungsdomänen werden u.a. von Mentler et al. (in diesem Band) diskutiert.

Wie schon bei Welten, werden Spezialalgorithmen teils mit spezieller Hardwareunterstützung eingesetzt, um anthropomorphe Akteure und ihre Form, Bewegung und Artikulation so natürlich wie möglich zu präsentieren.

5 Medien

Die beschriebenen Ausprägungen Werkzeug, Welt und Akteur sind nichts anderes als unterschiedliche Interaktions- und Kommunikationsparadigmen, mediale Ausprägungen von Maschinen, insbesondere symbolverarbeitender Computersysteme. Welches sind die grundlegenden gemeinsamen medialen Eigenschaften dieser Paradigmen?

Medien sind zunächst einfach Vermittler. Sie sollen Information von einem Sender an einen Empfänger übermitteln, möglichst ohne dabei selbst störend wahrgenommen zu werden und ohne die übertragene Information zu verfälschen. Medien sind einerseits theoretischen Konstrukte der Kommunikation und repräsentieren einen Kommunikationskanal samt seiner Kodierungs- und Dekodierungsregeln sowie Zeichenrepertoires. Andererseits können mediale Systeme verstanden werden als die Minimalisierung der Erscheinung technischer Systeme, also letztlich als das Verschwinden oder die Unsichtbarkeit von Technik. Medien verknüpfen den Menschen mit anderen Menschen oder einer realen bzw. künstlichen Anwendungswelt.

In der Prozessführung gibt es dafür einige klassische Anwendungen, zum Beispiel Kommunikationssysteme wie den Sprechfunk. Auch wenn ein Funkgerät z.B. in Form eines Headsets durchaus als Gerät (Hardware) sichtbar ist, soll es von seiner Konzeption und gedachten Form her eigentlich unsichtbar sein. Durch die Miniaturisierung und Einbettung solcher Systeme ist dies heute zunehmend der Fall. Das Sprechfunkgerät wird so Teil eines Helms, eines Anzugs (*Wearable*), eine minimale Applikation am Kopf oder ein unsichtbar im Cockpit oder der Leitwarte integriertes Freisprechsystem (ambientes System). Damit ist am Beispiel auch die prinzipielle Idee eines Mediums beschrieben:

- es ist Vermittler,
- es ist unsichtbar,
- es überträgt kodierte Information.

McLuhan (1964) hat wiederholt darauf hingewiesen, dass technische Medien nie neutral sein werden. Sie verändern und verfälschen nicht nur die übertragene Information, wie schon Shannon und Weaver feststellten (1949), sie verändern oder erzwingen auch in einer bestimmten Weise die Interpretation der übertragenen Information. Selbst im standardisierten Sprechfunk, wie beispielsweise beim Informationsaustausch zwischen Fluglotse und Pilot, werden nicht einfach Informationen ausgetauscht. Das Medium wird in einer bestimmten kultivierten Weise benutzt, die nicht einfach durch ein digitales Datensystem ersetzt werden kann. Nicht nur, dass sich Controller und Pilot begrüßen oder verabschieden, sie verhandeln auch und werden die übertragene Information auch emotional interpretieren, manchmal mit gutem oder schlechtem Ausgang auch relativieren. Prozessführungssysteme machen heute schon vielfach Gebrauch von medienierenden Funktionen. Ein TCAS-System vermittelt graphisch-visuell und zusätzlich sprachlich-auditiv die mehr oder weniger bedrohliche Annäherung

eines anderen Luftfahrzeugs. Die Visualisierung zeigt das Bedrohungsausmaß und vermittelt handlungsleitende Information an den Piloten. Spätestens das Luftfahrtunglück bei Überlingen im Jahr 2002 zeigt, welche Wirkung unterschiedliche Kultivierungen von Sprechfunk gemischt mit graphisch und sprachlich mediiert taktischer Lageinformation besitzen. In einem der Flugzeuge wurde die Information über Sprechfunk, im anderen Flugzeug die Information des TCAS-Systems zur Referenz für die Entscheidung der Piloten.

Verbesserte technische Möglichkeiten reduzieren die Transformationsaufwände vom Sender in das Medium hinein und umgekehrt. Immersive Systeme wie gestenbasierte Multitouchlösungen (siehe Kindsmüller et al. im selben Band) oder erweiterte Realitäten wie Head-Up-Displays (HUDs) lassen die Operateure in eine pseudo-physische Realität eintauchen, die im Wesentlichen analogen Charakter hat. Abstrakte Kodierungen haben dort nur ergänzende oder präzisierende Funktion. Der Mensch kommt wieder dort an, wo er anthropologisch herkommt, nämlich aus einer physischen Welt, die er mit seinen natürlichen Sinnen und seiner vielfältigen Motorik mit hoher und robuster Wahrnehmungs- und Regulationsleistung bewältigen kann. Diese Fähigkeiten möchte man sich wieder mit den neuen Interaktionsformen stärker als bislang zunutze machen, ohne auf die maschinellen Unterstützungsfunktionen zu verzichten.

6 Analoge versus Digitale Medien

Natürliche Medien sind analog. Das bedeutet, sie finden in der physischen Welt statt und kodieren mit physischen, meist kontinuierlichen Funktionen. Die Sprachübertragung über die Luft, die schwingende Nadelausrichtung eines Kompasses, der Blick aus dem Cockpitfenster oder das Bewegen eines Lenkrades und Bremspedals sind kontinuierliche Prozesse, die sehr nah an den natürlichen, teils unterbewussten Wahrnehmungs- und Handlungsfähigkeiten des Menschen liegen.

Das Ablesen oder Einstellen einer digitalen Funkfrequenz, das Einschalten des Lichts, das Ausfüllen eines Bildschirmformulars, das Festlegen einer Route auf einer Karte sind hingegen diskrete Prozesse, die sehr wenig mit den natürlichen sensomotorischen Fähigkeiten eines Menschen zu tun haben. Über die eigentliche analoge, physische Information wurde eine diskret kodierte, abstrakte Informationsschicht gelegt, die den Menschen vom Prozess entkoppelt, teils auch entfremdet. Die Verwendung von Computersystemen als die informationsverarbeitenden Komponenten computergesteuerter Prozessführungssysteme hat vielfältig zur Realisierung auch mehrfach gestufter diskreter und abstrakter Informations- und Funktionsebenen geführt. Symbolsysteme sind gut für solchen Schichtungen und Abstraktionen geeignet. Die eigentliche physische Prozessregulation wird von einer informationellen Prozesssteuerung, oft von einer Prozesskommandierung abgelöst. Der Mensch kommandiert eine digitale Automatik, die Regulation in vorgegebener, programmierter Weise zu leisten. Der Operateur entfernt sich dabei oft über mehrere Abstraktionsebenen vom Prozess.

Nach Rasmussen et al. (1994) verlagert sich die Aufgabe vom „Wie (*How*)“ über das „Was (*What*)“ zum „Warum (*Why*)“ (vgl. Bild 1). Der Mensch konzentriert sich bei dieser Entwicklung mehr auf die Ziele und weniger auf die Umsetzung und Ausführung. Dies entspricht der Verlagerung von der sensomotorischen Physikalität auf die bewusste, kognitive Informationsverarbeitung. Auf dieser Grundlage wäre es wenig nachvollziehbar, wollte man den Operateur aus dieser komfortablen Rolle aufgrund technologischer Machbarkeit wieder zum sensomotorischen Akteur reduzieren, der sich um das „Wie“ anstatt um das „Warum“ zu kümmern hat.

Wann und in welcher Expression können die neuen digitalen analogen Medien einen Mehrwert für einen Operateur bringen? Nur auf einer solchen Grundlage macht es Sinn, Operateure mit diesen innovativen analogen Medien in sicherheitskritischen Applikationen auszustatten. Mehrwerte lassen sich einerseits aus den Begrenzungen bisheriger digitaler diskreter Medien und andererseits aus Potenzialen analoger Medien ableiten. Dabei ist es wieder hilfreich, die Ausprägungen Werkzeug, Assistent und Medium zu betrachten.

Bei der Anwendung von digitalen Werkzeugen, z.B. in Form von desktopartigen Anwendungen werden nur wenige handlungsrelevante Sinne wie der visuelle (Bildschirm) und minimal der auditive (Warntöne) und der kinästhetische und haptische Sinn (Tastatur- und Mausbewegungen) angesprochen. Anthropotechnisch gesehen waren es aber gerade der haptische und der gesamtkörperlich kinästhetische Sinn, die den Charakter und Nutzen eines Werkzeugs bestimmt haben. Durch synästhetische, analoge digitalisierte Werkzeuge unter synchronisierter Ausprägung von Bild, Ton und Kraft sowie ihren temporalen Verläufen als Animation, Melodie und Forcefeedback entstehen wieder natürlichere Werkzeuge, die es erlauben, die menschliche Sensomotorik umfassender anzusprechen. Im Sinne von Tangible Media werden die Werkzeuge (Objekte) materialisiert und mit digitalen Eigenschaften versehen (Ishii & Ullmer, 1997). Die Übersetzung einer physischen Handlung geht dabei nicht mehr über das zweidimensionale, stereotype E/A-System Bildschirm-Tastatur-Maus. Die physische „Handlung“ findet im wahrsten Sinne direkt manuell mit der ganzen „Hand“ statt. In der Prozessführung hat die „manuelle“ Regulation schon immer eine große Rolle gespielt (z.B. Steuerungsinstrumente, Schalter, Regler) und man hat dort die neuen sensomotorischen Eingabemöglichkeiten unter Berücksichtigung der Stabilität, Präzision und Robustheit der Ein-/Ausgabesysteme teilweise schon aufgegriffen. Durch meist gut trainierte Operateure sind Effizienz und Sicherheit der Interaktionen besser zu erreichbar, als in jedem anderen Anwendungsbereich. Diese werden neben den symbolischen und abstrakten Interaktionsformen die weitergehende Körperlichkeit der Interaktion mit ihren Werkzeugen am ehesten auch zu schätzen und zu nutzen wissen.

Analoge Weltmodelle, wie sie heute in Computerspielen und Fahrzeugsimulatoren Einsatz finden, entwickelten sich vom frühen einfachen

Bauklötzchenmodell zum immersiven naturalistischen Weltmodell. Auch hier werden zunehmend computergraphische Modellierungen, wie sie für die Filmindustrie entwickelt wurden, vom Offline-Rendering zum Online-Rendering umgesetzt. Dabei können ebenfalls wieder Methoden aus der Filmindustrie Einsatz finden, wie die Virtuelle Kamera oder Cinematic Computing, die jüngst den Filmregisseuren bereits am Set die Möglichkeit geben, ihre realen und virtuellen Akteure auf Monitoren bereits im künstlichen computergenerierten Kontext zu sehen. Andere Entwicklungen sind die Darstellung feingranularer animierter Strukturen mittels Partikelsystemen (Feuer, Staub, Nebel, Flüssigkeiten) oder spezialisiertem Rendering (Oberflächen, Vegetation, Lichtverhältnisse), die es ermöglichen, naturalistische analoge Szenen zu generieren, die der Realität, mit der natürlichen menschlichen Sensorik wahrgenommen, praktisch kaum mehr nachstehen. Aus Computerspielen gibt es schon die ersten Wirkungen auf die menschliche Erfahrungswelt, so dass künstliche Welten relevanter als die reale Welt wahrgenommen werden und es zu Verhaltensübertragungen aus der künstlichen in die reale Welt kommt. Man könnte dies als eine Art „Übersprechen“ zwischen künstlichen und natürlichen medialen Kanälen und Kontexten bezeichnen. Fast beliebige Mischformen künstlicher und realer Welten finden in die Prozessführung schnell Einzug. Das HUD ist in diversen Bereichen der Luftfahrt, bald auch im Straßenverkehr nicht mehr wegzudenken. Simulatoren werden mit zunehmender „High Fidelity“ von den trainierenden Operateuren während der Trainings nicht mehr von der realen Welt unterschieden. Durch die noch besseren feingliedrigen Modellierungen der Weltstrukturen wie auch der physischen Constraints sind die dynamischen Visualisierungen zunehmend als naturalistisch zu bezeichnen. 3D-Kino und Simulator haben letztlich dasselbe Ziel: die totale Illusion einer realen, naturalistischen Welt.

Digitale Akteure in Form von ECAs erfahren ihre Begrenzungen durch ihre Abbildung auf einem Bildschirm sowie durch eine semiformale natürliche Sprachein- und -ausgabe. Heutige Systeme erlauben es mit Mitteln, die im wesentlichen aus der computergraphischen Filmproduktion stammen (*CGI – Computer Graphics Imagery*), naturalistische, auch dreidimensionale Darstellungen von virtuellen Personen zu erzeugen, die mit Hilfe von prosodisch angereicherter Sprachgenerierung den Eindruck eines menschlichen Akteur erzeugen. Die Spracherkennung selbst bleibt ein Problem, das nur sehr langsam Fortschritte macht. Mori hat bereits früh auf das Problem hingewiesen, dass je besser anthropomorphe Systeme an die Realität angenähert werden, desto unheimlicher werden sie dem Betrachter, das „The Uncanny Valley“ (Mori, 1970). Diese Effekte zeigen sich inzwischen tatsächlich in Film, Computerspiel und anthropomorphen Informationssystemen. Inwieweit entsprechende Lösungen im Bereich der Prozessführung erfolgreiche Einsatzmöglichkeiten erfahren werden, scheint im Moment noch offen. Allerdings gibt es einigen Anlass anzunehmen, dass anthropomorphe, analoge Assistenten in allen Bereichen der

Prozessführung Einsatz finden können, insbesondere dort, wo die Operateure aufgrund ihrer Ausbildung mit den Begrenzungen dieser „echt“ erscheinenden Helfer sinnvoll umgehen können.

Die Realisierung der neuen analogen digitalisierten Medien findet durch die zunehmende und weitgehend realisierte Konvergenz der Medien statt (Herczeg, 2007). Bild, Ton, Haptik, Kinästhetik, künftig selbst Geruch und Geschmack und ihre zeitbasierten Sequenzierungen (Animationen, Melodien, Kraftverläufe, Bewegungsverläufe) finden konvergente, sich gegenseitige einbettende digitale Modellierungen und Realisierungen.

Die starken Wirkungen synästhetisch medialer Erlebnisse (siehe Film, Musik, Simulatoren) auf emotionale Zustände sowie ihre steuerbaren zeitlichen Verläufe erzeugen Flowerlebnisse bei den Akteuren (Csikszentmihalyi, 1990; Shedroff, 2001). Die Bedeutung emotionaler Ausprägungen auch auf die Fähigkeiten von Operateuren ist im Vergleich zu physischen und kognitiven Wirkungen noch wenig untersucht. Dies wird im Zusammenhang mit stärker naturalistischen, analogen medialen Ausprägungen jedoch ein wichtiger Faktor für das Verständnis von Motivation, Aufmerksamkeit, Leistung und Einstellung in solchen operativen Umgebungen sein.

7 Zusammenfassung

Nach einer langjährigen Entwicklung computertechnisch realisierter Automatisierungen und Abstraktionen findet aufgrund medientechnischer Machbarkeit und Konvergenz das andere Ende, die analoge Modellierung einer quasi-physischen Welt, in der Prozessführung verstärkten Einzug. Paradigmen wie Werkzeuge (z.B. als Tangible Media), Welten (z.B. als Ambiente Systeme) und Akteure (z.B. als Embodied Conversational Agents) finden feinstrukturierte, naturalistische Ausprägungen, die es Operateuren erlauben können, mit hoher Einbezogenheit und Körperlichkeit Teil des Prozessgeschehens zu werden. Sie befinden sich so nicht nur im „Kognitiven Loop“ (Aufmerksamkeit, Situation Awareness, Problemlösung), sondern auch wieder stärker im „Physischen Loop“ (Sensorik, Mimik, Gestik). Nach etwa fünf Jahrzehnten Abstraktion und Automatisierung sehen wir eine Rückbesinnung, eine Art Renaissance des Physischen und Analogen in der Technik, realisiert mit für den Operateur unsichtbaren Mitteln der medialen Konvergenz durch Digitalisierung und Hochleistungsalgorithmik. Inwieweit dies für die Effektivität, Effizienz, Sicherheit und Zufriedenheit der Operateure in ihren Anwendungsdomänen geeignet ausfallen wird, ist zu beobachten und bedarfsweise zu optimieren.

Literatur

- Bainbridge, L. (1983). The Ironies of Automation. *Automatica*, 19, 775-779.
- Billings, C.E. (1997). *Aviation Automation - The Search for a Human-Centered Approach*. Hillsdale: Lawrence Erlbaum Associates.

- Cassell, J., Sullivan, J., Prevost, S. & Churchill, E. (eds.) (2000). *Embodied Conversational Agents*. Cambridge: MIT Press.
- Csikszentmihalyi, M. (1990). *Flow: The Psychology of Optimal Experience*. New York: Harper and Row.
- Dutke, S. (1994). *Mentale Modelle. Konstrukte des Wissens und Verstehens - Kognitionspsychologische Grundlagen für die Software-Ergonomie*. Göttingen: Verlag für angewandte Psychologie.
- 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 (pp. 49-71). Bonn: Deutsche Gesellschaft für Luft- und Raumfahrt e.V.
- Foley, H.J. & Matlin, M.W. (2010). *Sensation & Perception*. Fifth Ed., Boston: Pearson Education.
- Haefner, K., Eichmann, E.H. & Hinze, C. (1987). *Denkzeuge Was leistet der Computer? Was muss der Mensch selbst tun?* Basel: Birkhäuser.
- Herczeg, M. (1988). ELAB: Direkt manipulative Simulation elektrischer Schaltungen. In Gunzenhäuser, R. & Böcker, H.-D. (Hrsg.), *Prototypen benutzergerechter Computersysteme*. (pp.19-34), Berlin: Walter de Gruyter.
- 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, pp. 531-562.
- Herczeg, M. (2007). *Einführung in die Medieninformatik*. München: Oldenbourg-Verlag.
- Herczeg, M. (2008). Vom Werkzeug zum Medium: Mensch-Maschine-Paradigmen in der Prozessführung. In M. Grandt & A. Bauch (Hrsg.), *Beiträge der Ergonomie zur Mensch-System-Integration*, DGLR-Bericht 2008-04 (pp. 1-11). Bonn: Deutsche Gesellschaft für Luft- und Raumfahrt e.V.
- Herczeg, M. (2009). *Software-Ergonomie*. 3. Auflage. München: Oldenbourg-Verlag.
- Ishii, H. & Ullmer, B. (1997). Tangible Bits: Towards Seamless Interfaces between People, Bits and Atoms. In *Proceedings of ACM CHI 1997*, (pp. 234-241), New York: ACM Press.
- Kellerer, J., Eichinger, A., Sandl, P. & Klingauf, U. (2008). Panoramic Displays – Anzeige- und Bedienkonzept für die nächste Generation von Flugzeugcockpits. In M. Grandt & A. Bauch (Hrsg.), *Beiträge der Ergonomie zur Mensch-System-Integration*, DGLR-Bericht 2008-04 (pp. 341-356). Bonn: Deutsche Gesellschaft für Luft- und Raumfahrt e.V.
- Milgram, P., Takemura, H., Utsumi, A. & Kishino, F. (1994). Augmented Reality: A Class of Displays on the Reality-Virtuality Continuum. *Telemanipulator and Telepresence Technologies, SPIE Vol. 2351*, pp. 282-292.
- Mori, M. (1970). Bukimi no tani [The Uncanny Valley]. *Energy*, 7, pp. 33-35. [in japanischer Sprache]
- Rasmussen, J. (1985). The Role of Hierarchical Knowledge Representation in Decisionmaking and System Management. *IEEE Transactions on Systems, Man, and Cybernetics*, SMC-15(2), 234-243.
- Rasmussen, J., Pejtersen, A.M. & Goodstein, L.P. (1994). *Cognitive Systems Engineering*. New York: Wiley.
- Shannon, C.E. & Weaver, W. (1949). *The Mathematical Theory of Communication*. Urbana: University of Illinois Press.

- Shedroff, N. (2001). *Experience Design*. Indianapolis: New Riders.
- Sherman, W.R. & Craig A.B. (2003). *Understanding Virtual Reality*. San Francisco: Morgan Kaufmann.
- Smith, D.C., Irby, C., Kimball, R. & Harslem, E. (1982). Designing the Star User Interface. *Byte*, 7(4), 242-282.
- Sutcliffe, A. (2002). On the Effective Use and Reuse of HCI Knowledge. In J.M. Carroll (ed.), *Human-Computer Interaction in the New Millennium* (pp. 3-29). New York: ACM Press.
- Stachowiak, H. (1973). *Allgemeine Modelltheorie*. Berlin: Springer.

Autor

Prof. Dr. M. Herczeg

Universität zu Lübeck

Institut für Multimediale und Interaktive Systeme

Kontakt:

herczeg@imis.uni-luebeck.de