

Zum technologischen Charakter der Schiffsführung (1)

Diethard Kersandt

Ist die Schiffsführung in ihrer heutigen Ausprägung geeignet, die Qualität der Führung eines Schiffes über See nachhaltig zu verbessern ? Sind die wissenschaftliche Profilierung, die Anforderungen an die Lehre und Forschung, Bildungsabschlüsse, berufliche Tätigkeit, postgraduale Bildung, Training und die interdisziplinäre wissenschaftliche Arbeit zeitgemäß und zukunftsorientiert ? Wird die Schiffsführung als ingenieurwissenschaftliche Disziplin in ihren Möglichkeiten erkannt und ausreichend für die Prozessgestaltung und Erzeugnisentwicklung genutzt ?

1. HERAUSBILDUNG DER TECHNOLOGIE

In **historischer Betrachtung** haben sich die technischen Wissenschaften bis etwa in die Gegenwart über vier Perioden entwickelt. In der **ersten, der vorwissenschaftlichen Periode**, die zeitlich etwa zwischen der Urgesellschaft und der Renaissance liegt, findet man technische Kenntnisse und praktisch-methodisches Wissen als empirische Beschreibungen vor. Gegen Ende des 13. Jahrhunderts wird die Bussole, eine Kompaßart eingeführt; ab dem 14. Jahrhundert gibt es den Magnetkompaß von Flavio Goija; ab 1300 existieren Seekarten (1306: Karte des Marino Sanuto) und ab 1400 verwendet man Segelhandbücher, die sogenannten Portulani, in denen das empirische Wissen der Seeleute niedergeschrieben wurde.

Die **zweite Periode** beginnt in der zweiten Hälfte des 15. Jahrhunderts und dauert bis zum Anfang des 18. Jahrhunderts. Die Wissenschaft dringt in die praktische Sphäre ein; es bildet sich die experimentelle Methode heraus. In dieser Zeit werden Reflexionsinstrumente und Chronometer für die Seefahrt erfunden. Mit Beginn des 18. Jahrhunderts bis in die siebziger Jahre des 19. Jahrhunderts prägen neue wissenschaftliche Theorien in der Naturwissenschaft, insbesondere die Mechanik, als unverzichtbare Voraussetzungen das Entstehen der technischen Theorie.

Die Schiffahrt, so schreibt GELCICH im Jahre 1882, *"hat gleich jeder anderen Kunst und Wissenschaft eine Jahrhunderte lange Schule durchzumachen gehabt, sie hat sich nicht vom Abend auf den Morgen entwickelt und bedurfte der Mitwirkung fast aller Zweige menschlichen Wissens bevor sie ihre heutige Vollkommenheit erreichte. Hand in Hand mit der Mathematik und Astronomie, mit der Physik und Mechanik, mit der Baukunst und Technologie stieg sie nur langsam von Stufe zu Stufe ..."* / 1, S. 3 /

Die **dritte Periode, auch als klassische Periode** bezeichnet, beginnt in den siebziger Jahren des 19. Jahrhunderts und erstreckt sich bis in die Mitte des 20. Jahrhunderts. Die Forschungsbereiche und -gegenstände sind fest umrissen; es bilden sich Wechselbeziehungen zwischen Naturwissenschaften und technischen Wissenschaften heraus. Im Ergebnis der industriellen Revolution entwickelt sich das gesellschaftliche Bedürfnis, die im einzelnen vorliegenden Fertigkeiten, Kenntnisse und Erfahrungen zu einer Wissenschaft zusammenzufassen. Von solchen Definitionen wie *techne des logos* (griech. = Kunst der Rede), *logos der techne* (Kunst oder Lehre von der Technik, den Künsten bzw. Gewerben), haben sich bis heute solche Begriffe wie *Schiffbaukunst* oder *Steuermannskunst* erhalten. Das erste Lehrbuch über die Wissenschaft Technologie im Sinne einer beschreibenden Lehre ist vom Göttinger Professor Johannes Beckmann Ende des 18. Jahrhunderts. BECKMANN nimmt die Gegenstandsbestimmung der Wissenschaft Technologie wie folgt vor: *"Technologie ist die Wissenschaft, welche die Verarbeitung der Naturalien, oder die Kenntnis der Handwerke, lehrt ... die Technologie (gibt), in systematischer Ordnung, gründliche Anleitung, wie man zu eben diesen Endzwecken, aus*

weiteren Grundsätzen und zuverlässigen Erfahrungen, die Mittel finden, und die bey der Verarbeitung vorkommenden Erscheinungen erklären und nutzen soll." / 2, S. 12 /

Die heutige **vierte Periode** bildet vor allem durch die Integration naturwissenschaftlichen und technischen Wissens die Basis für die Entwicklung neuer, großer Disziplinen und Wissenschaftskomplexe.

Auf dem jetzte zu beobachtenden Übergang zur **fünften Periode** sind es vor allem ergonomisch-kognitiv orientierte Wissensinhalte, die zur Gestaltung und Beherrschung komplexer, dynamischer und zufälliger Prozesse mittels Information dienen und damit Ersatz-, Ergänzungs- bzw. Unterstützungsfunktionen des Menschen betreffen. Prozessergebnisse werden vorrangig über die Qualitätsbestimmung in imateriellen Prozessen erbracht. Die dafür erforderliche Integration von Wissenskomplexen verlangt die Synthese der Wissenschaften und die außerordentlich enge und anspruchsvolle Gestaltung des Verhältnisses Wissenschaft- Mensch- Technik-Umwelt (Praxis) mittels informationeller, wechselseitiger Beziehungen.

Die Notwendigkeit für eine Wissenschaft Technologie wächst mit den Anforderungen an die Qualität der Produktionsprozesse. Entwicklungsbedingte Übergangsprozesse sind stets der Nährboden für das Auftreten und die Entwicklung von Widersprüchen. Dazu gehören :

1. Veränderungen des Charakters der Tätigkeit der Nautiker an Bord

- Zunahme des Zeitaufwandes für die indirekte Prozessüberwachung bei gleichzeitiger Abnahme der verfügbaren Zeit für die direkte Prozessüberwachung in der Seewache (Folge : erhöhter Zeitaufwand für Dekodierungsleistungen, Reduzierung der Zeit für die Entscheidungsfindung)
- Erhöhung der Menge der angebotenen Signale ist nicht gleichzeitig mit ihrer qualitativen Verbesserung, d.h. mit der Erhöhung ihres handlungsrelevanten Charakters (z.B. durch die Interpretation ihrer Bedeutung) verbunden
- Überbetonung der Quantität hat die Erkennung komplexer Abbilder von Situationen eher verhindert als gefördert („Prozessentfremdung“, fehlende Lerneffekte und fehlende „innere“ Vergleichsvorgänge)
- Vorteil, den Prozess numerisch immer schneller und exakter beschreiben zu können, wird dadurch aufgebraucht, dass der Mensch diesen Vorteil nicht mehr umzusetzen in der Lage ist. Trotz hohen gerätetechnischen (und finanziellen) Aufwandes, wird der Prozess nicht sicherer und auch nicht wirtschaftlicher.

2. Die Anforderungen an die Verbesserung der Prozessqualität (Sicherheit, Wirtschaftlichkeit) laufen nicht einher mit dem Angebot, die Qualität planen, berechnen und gestalten zu können (fehlende „Werkzeuge“ der Prozessanalyse und Situationsdiagnose)

3. In der Aus- und Fortbildung sowie im Training von Nautischen Schiffsoffizieren und in der Forschung treten auf humanwissenschaftlichen, psychologischen und arbeitswissenschaftlichen Gebieten Lücken auf.

Die Zeiträume von der Entstehung eines neuen Wissenszweiges bis zu seiner Verwandlung in eine neue wissenschaftliche Disziplin haben sich in den letzten 100 Jahren erheblich verkürzt. Es

ist zu beobachten, daß sich bestimmte Zweige der Wissenschaft besonders schnell entwickelt haben (z.B. Informations- und Kommunikationstechnologien) und eine führende Funktion bezüglich des gesamten wissenschaftlichen Fortschritts auszuüben in der Lage sind.

Für die Jahre 2010 – 2015/20 kann für die Entwicklung und den Betrieb von komplexen, integrierten Prozessführungssystemen (Luftfahrt, Leitwarten, Seefahrt / Schiffsführung, Schienen- und Straßenverkehr) die Gruppe der Ergonomie und Psychologie als maßgeblicher „Führer“ für neue Erkenntnisse und Wirkungen hinsichtlich der Informationsverarbeitung angeführt werden (vergleiche / 3 / , / 4 /).

Im 19. Jahrhundert begann die Wissenschaft die Technik einzuholen und gleichzuziehen und hat sie heute überholt : **die Wissenschaft wurde zur unmittelbar wirksamen produktiven Kraft.**

Die Weitergabe von Wissen, Erfahrungen, Fertigkeiten und Verhaltensnormen über viele Generationen war ideale Quelle des Fortschritts in der Geschichte der Seefahrt. Über viele Generationen hat sich erwiesen, dass Erfahrungen niemals ganz falsch sein können und geeignet sind, eine stetig wachsende Vervollkommnung der Schiffsführung zu unterstützen. Das ist ihre Stärke, die sich allerdings häufig als Hemmschuh bei der Entwicklung und Einführung neuer Technologien erweist, da sie die Komponente der Hervorbringung und Beherrschung wissenschaftlich-technischer Kenntnisse nicht beinhaltet. Diese Eigenschaft besitzt allein die Wissenschaft. Wenn in einer technischen oder technologischen Disziplin kein verallgemeinerter Charakter erreicht werden kann und nur für spezielle Situationen spezielle Anweisungen angehäuft werden würden, käme sie aus dem Stadium der "empirischen Formeln" nicht heraus. Sie könnte keine gesetzmäßigen Prinzipien der Organisation von Systemelementen, ihrer Kopplungen und Funktionen hervorbringen, also keine technische Theorie sein.

Die Wissenschaft muss die Empirie in der Schiffsführung theoretisch fundieren und die theoretischen Einsichten in Beziehungen und Gesetze von Natur und Technik nutzen, um technische Lösungen (z.B. ganzheitliche, humanorientierte, aufgabenspezifische und verlässliche Mensch-Maschine-Systeme auf der Brücke) auf einer neuen qualitativen Stufe hervorzubringen.

Historisch betrachtet, entwickelte sich das technische Instrumentarium für die Schiffsführung immer schneller als die zur Ausschöpfung seiner vollen Wirksamkeit notwendige Technologie.

Technologie blieb in der Regel hinter dem technischen Niveau der Ausrüstung zurück.

Eine Wissenschaft wird durch ihren Gegenstand als Objekt, den Wissenschaftler und ihre Grundsätze, Auffassungen und Methoden gekennzeichnet. Sie dient der Erlangung, Reproduktion und Anwendung von empirischem und theoretischem Wissen und stellt sich über begrifflich geordnete Erfahrungen und theoretisch vertiefte Erkenntnisse in Form eines sich ständig entwickelnden Systems von Begriffen, Aussagen, Hypothesen und Theorien dar.

Technikwissenschaften müssen existierende technische Systeme empirisch und theoretisch analysieren, die Ergebnisse verallgemeinern, natur- und technikwissenschaftlich begründen und mathematisch fundieren. Vorausschauend müssen sie in der Lage sein, neue technische Objekte und Prozesse ideell vorwegzunehmen und anforderungsgerecht zu gestalten.

2. STELLUNG UND FUNKTION DES NAUTIKERS

SEEMANN erkennt Anfang des 20. Jahrhunderts : "*Je mehr der Mensch lernt, durch Entwicklung der Nautik die Elemente zu beherrschen, um so mehr Anforderungen stellt die Handhabung der Nautik selbst.*" / 5, S. 27 /

.Mit Beginn der Automatisierung im Schiffsmaschinenbetrieb und in der Schiffsführung zu Beginn der 50- er Jahre vollzog sich ein grundlegender Wandel in der Funktion und Stellung des Menschen. Der Operator wurde von den technischen Mitteln räumlich getrennt und stand bei der Steuerung und Kontrolle nicht mit diesen in direkter Wechselwirkung sondern vollzog seine Handlungen nach Informationsmodellen. Das führte zu einer Verringerung seiner physischen Belastungen und zu einer Vergrößerung der Forderungen an seine psychologischen Funktionen. Die neue Tätigkeitscharakteristik verlangte noch mehr Sachkenntnis über den Prozeßzustand, den Prozeßablauf, die zugrunde liegenden Algorithmen, das jeweilige Arbeits- und Betriebsregime, den Systemaufbau, den Kopplungsmechanismus zwischen einzelnen Elementen, die Sicherheitsreserven u.v.a.m. als die direkte Prozeßsteuerung, wie sie über Jahrhunderte in der Schiffsführung üblich war.

Die Leistungsfähigkeit der technischen Systeme (Sensoren, Rechner) ist groß. Menschen nutzen Rechner, um ihre intellektuellen Leistungsgrenzen hinauszuschieben, um ihre Möglichkeiten zu erweitern und die von ihnen abhängigen Prozesse besser beherrschen, effektiver leiten und produktiver gestalten zu können. Da die dem Menschen angebotene Informationsmenge aber nicht in vollem Umfang wahrgenommen und verarbeitet werden kann, geht ein großer Teil der Effektivität wieder verloren.

Schiffsführung ist, abstrakt betrachtet, ein Steuerungsprozess, "d.h. die zielgerichtete Beeinflussung dynamischer Systeme mit dem Ziel, das System zu stabilisieren; seine qualitative Bestimmtheit zu bewahren, sein dynamisches Gleichgewicht mit der Umwelt zu erhalten, das System zu vervollkommen, eine vorgegebene Effektivitätskenngröße zu erreichen bzw. zu optimieren." / 6 /

Beim Fällen von Entscheidungen besteht die Aufgabe, "... aus einem Feld real gegebener und erkannter Möglichkeiten jene Variante auszuwählen, die unter den gegebenen Bedingungen der fixierten Zielfunktion am besten entspricht oder zu entsprechen scheint. ... Als geistiger Prozeß ist die Entscheidung also ein vermittelndes Glied zwischen Erkennen und Handeln. Sie beruht wesentlich auf dem Sammeln, Aufnehmen, Speichern, Vergleichen und Verarbeiten von Informationen, also auf Funktionen, die auch künstlich intelligente Systeme auszuführen vermögen." / 7 /

Die Richtigkeit der Bewertung einer Situation hängt davon ab, wie gut notwendige Informationen ausgewertet werden und wie stark die ausgewerteten Ergebnisse mit der objektiven Realität übereinstimmen. Zeitliche Verzögerungen von Handlungen beruhen vor allem auf nicht oder zu spät erkannten Veränderungen der Umwelt. Das mehrstufige taktische Verhalten des Systems wird zur Zeit ausschließlich durch den Wachoffizier bestimmt. Ein informationelles System kann ein Problem nur dann verlässlich lösen, wenn es über ein Modell verfügt, das die realen Umweltverhältnisse entsprechend abbildet. Da die Modelle vom Menschen selbst erstellt und im praktischen Gebrauch weiterentwickelt werden, ist er durch die Verlagerung von Entscheidungsakten auf den Rechner keinesfalls aus seiner Verantwortung entlassen.

PRIEN schreibt 1896 : " ... Die Mittel zur Lösung der Aufgaben der Seefahrt liefert der Mensch zum Theil sich selbst, nämlich durch Kenntnis der See, durch Geschicklichkeit in der Schiffsführung und durch richtige Vertheilung von Kühnheit und Vorsicht, theils liefert sie ihm das Glück, indem es ihm fernhält, was er nicht bekämpfen kann. ... " / 8 /

Trotz der zu beobachtenden Nachteile des Menschen in der Verarbeitung riesiger Daten- und Signalmengen verfügt er insbesondere in Störfällen über zwei wichtige Eigenschaften, die sein Entscheidungsverhalten prägen :

- er kann auf eine große Wissensbasis zurückgreifen, die prozedurale Anteile (mögliche Operationen, Dynamik der Prozesse) und deklarative Komponenten (Fakten über Objekte und Relationen zwischen ihnen) enthält;
- er kann allgemeine und spezifische Strategien des Problemlösens anwenden.

Auf diese Weise „ausgerüstet“, kann der Nautiker bei nicht vorhergesehenen Situationen durch logisches Schließen angemessen reagieren, Wissen ansammeln und damit Kenntnisse und Fähigkeiten erweitern, durch Assoziation Wissen und Strategien kontextabhängig anwenden und auf unterschiedlichen Abstraktionsebenen Problemlösungen finden.

Wachsende Komplexität und Kompliziertheit, die Zusammenführung von Arbeits- und Handlungsoperationen, die Verringerung der Anschaulichkeit und der unmittelbaren sinnlichen Wahrnehmung führen u.a. dazu, dass die Steuerung und Regelung von Prozessen zunehmend über Signale, Stellglieder usw. erfolgen. Diese Entwicklung bedingt höhere Anforderungen an die Beherrschbarkeit der theoretischen Grundlagen komplexer technologischer Prozesse, da ihre tatsächliche Wirkungsweise nur zu verstehen ist, wenn der nautische Schiffsoffizier über ein theoretisches Modell der Prozessabläufe verfügt, sich seiner Stellung im System Mensch-Technik-Umwelt und der in diesem System ablaufenden Wechselbeziehungen bewusst ist.

In seiner **Steuerungsfunktion** hat der Nautiker vor allem eine Reihe psychologischer Prozesse zu bewältigen. Das können sein :

Empfindungen, Erscheinungen, Erkennung und Identifizierung, Kodierung, Klassifizierung, Bewertung, Herstellung eines Zusammenhanges, Logische Handlungen, Entscheidungsfindung, Problemlösung, Ausführung der Handlungen entsprechend des gewählten technologischen Ablaufes. Seine Tätigkeit in der Seewache hat folgende psychologisch bedeutsamen Eigenschaften (nach / 9 /): sie ist **b e w u ß t** und **z i e l g e r i c h t e t**; sie ist auf die Verwirklichung eines Zieles als **v o r w e g g e n o m m e n e s** Resultat gerichtet, das vor dem Handeln **i d e e l l** gegeben war; sie ist **w i l l e n s m ä ß i g** auf das bewußte Ziel hin **r e g u - l i e r t**; sie ist bezüglich ihrer wesentlichen Merkmale **g e s e l l s c h a f t l i c h** bestimmt und bei der Verwirklichung eines Zieles als vorweggenommenes Resultat (Produkt) **f o r m t** sich die Persönlichkeit sowohl hinsichtlich der Fähigkeiten und Fertigkeiten als auch des Charakters.

3. TECHNOLOGISCHER PROZESS und GRUNDPRINZIPE

Technologie muss heute viel stärker als effiziente Umwandlung von Erkenntnissen über Beziehungen und Gesetze der Natur, Gesellschaft und des Menschen zu „Werkzeugen“ der Beherrschung komplexer Steuerungsprozesse entwickelt und angewendet werden.

Diese Zielstellung hat eine große Bedeutung nicht nur für die existierende, sondern vor allem für die entstehende zukünftige Technik. Mit anderen Worten : hier verbergen sich tiefe Ursachen für die Entwicklung ganzheitlicher Systeme, für die Verlässlichkeit des Betriebes und für die Übereinstimmung zwischen den menschlichen Eigenschaften und den Möglichkeiten und dem Charakter technischer Erzeugnisse.

Gegenstand der Schiffsführung als technologisch orientierte Wissenschaftsdisziplin ist das zielgerichteten Zusammenwirkens der Nautiker mit den technischen Mitteln zur Führung eines Schiffes über See.

Insbesondere die gewollte und bewußte Wechselwirkung und Nutzung der technischen Mittel zur Selektion, Bewertung, Gewinnung, Speicherung und Verarbeitung von Informationen einschließlich des Einsatzes von Assistenzsystemen ist ein Hauptinhalt seiner Tätigkeit während der Seewache.

Entsprechend der drei Klassen technologischer Prozesse - stoffliche, energetische, informationelle – haben sich in der Schiffsführung schwerpunktmäßig **informationelle Prozesse** als Grundform der Wechselwirkung materieller Systeme herausgebildet. In Abhängigkeit von ihrer konkreten Realisierung gilt die Information als Arbeitsgegenstand. Die technologischen Grundverfahren Gewinnen, Speichern / Lagern, Verarbeiten / Umwandeln und Transportieren / Übertragen repräsentieren die Grundformen der Bewegung für alle Klassen technologischer Prozesse. Technologie kann sich als Modell eines technologischen Ablaufes bzw. eines Prozesses, letztlich auch als algorithmische Beschreibung, äußern. Diese „Vergegenständlichung“ der Technologie eröffnet alle Möglichkeiten zur Gewinnung von „seemännischem“ Wissen und ist eine wesentliche Voraussetzung für ihre Weiterentwicklung.

Die **allgemeine Charakterisierung der Schiffsführung als „technologischer Prozess“** kann wie folgt begründet werden :

- Schiffsführung ist ein durch Menschen gestalteter arbeitsteiliger Prozess mit betriebswirtschaftlichem oder speziellem, einsatzbedingtem Nutzeffekt (Ziel).
- Für die Schiffsführung werden informationelle Arbeitsmittel genutzt, die die Leistungsfähigkeit des Menschen erhöhen oder Teilfunktionen ersetzen.
- Trotz aller Dynamik und Zufälligkeit sind Schiffsführungsprozesse ganz bzw. partiell wiederholbar, typisierbar und mit bestimmten Einschränkungen auch standardisierbar.
- Schiffsführungsprozesse haben Abbildcharakter und können mittels technologisch orientierten wissenschaftlichen Methoden (z.B. aus der Ergonomie, der Informatik, der Psychologie) konstruktiv bearbeitet werden.

Die Entwicklung der wissenschaftlichen Grundlagen für die Gestaltung von Schiffsführungsprozessen durch eine technologischen Wissenschaftsdisziplin ist mit der Spezialisierung der Wissenschaftler und der Differenzierung der Wissensgebiete verbunden. Diese Differenzierung ist sehr wichtig für eine praxisbezogenen Forschung, Lehre und Fortbildung und führt zu einem anerkannten Platz in der Disziplinstruktur der Wissenschaft Technologie. Dazu muss ein zentraler Begriff gefunden werden, dem die verschiedenen Formen des Wissens zugeordnet werden können. Hierfür könnte der Begriff „Prinzip“ verwendet werden. Unter Prinzip ist ein allgemeiner Grundsatz zu verstehen, den man aus der Verallgemeinerung von Gesetzen und wesentlichen Eigenschaften der objektiven Realität ableiten kann.

Zu den **Grundprinzipen der Schiffsführung** als Technologie gehören :

- Elementarisierung des Schiffsführungsprozesses in technologische Grundbausteine (partielle Prozesse) durch systematische Anwendung technisch- technologischer, naturwissenschaftlicher, mathematischer und humanwissenschaftlicher Erkenntnisse mit dem Ziel einer möglichst exakten Widerspiegelung der objektiven Realität
- Verallgemeinerung der Kenntnisse über das optimale Zusammenwirken partieller Systeme und Prozesse im ganzheitlichen Schiffsführungsprozess (in der Regel mittels Prozessanalyse)

- Kenntnis bzw. Definition von Kenngrößen (Parametern) für die quantitative und qualitative Bewertung von Prozesszuständen mit dem Ziel der Prozesssteuerung
- wirtschaftliche Schiffsführung unter Berücksichtigung spezifischer Betriebsbedingungen
- Sicherheit und Stabilität des Schiffsführungsprozesses unter Beachtung partieller Prozesszustände und -bedingungen (zum Beispiel über die Quantifizierung von Sicherheitskenngrößen, Expertenwissen u.a.)

LITERATUR :

- / 1 / Gelcich, E. : Studien über die Entwicklungsgeschichte der Schifffahrt mit besonderer Berücksichtigung der nautischen Wissenschaften nebst einem Anhang über die nautische Literatur des 16. und 17. Jahrhunderts und über die Entwicklungsgeschichte der Formeln zur Reduction der Monddistanzen.- Laibach: Druck und Verlag Ig. v. Kleinmayr u. Fed.; Bamberg, 1882
- / 2 / Beckmann, J. : Anleitung zur Technologie oder zur Kenntnis der Handwerke.- Fabriken und Manufakturen... – Göttingen : Vandenhoeck, 1780
- / 3 / Onken, R.,
Schulte, A. : System-Ergonomic Design of Cognitive Automation
Dual-Mode Cognitive Design of Vehicle Guidance and Control Work Systems
Studies in Computational Intelligence ISSN 1860-949X
Library of Congress Control Number: Applied for © 2009 Springer-Verlag Berlin Heidelberg
- / 4 / - : ERGOSHIP 2011 : The first conference on Maritime Human Factors
September 14-16 2011 in Göteborg, Sweden
- / 5 / Seemann, E. : Aufgaben und Lage des Schiffskapitäns in früherer Zeit und in der Gegenwart.- Inaugural-Dissertation, Landesuniversität Rostock, 1914
- / 6 / Müller, J.A. : Der Mensch im Steuerungssystem.- In : Messen, Steuern, Regeln. - Berlin 16 (1973) 11. – S. 416
- / 7 / Schuttpelz, P. : Computertechnik – Entscheidung – moralische Verantwortung. – In: Deutsche Zeitschrift für Philosophie.- Berlin 35 (1987) 6. – S.493
- / 8 / Prien, R. : Der Zusammenstoß von Schiffen.- J.Guttentag Verlagsbuchhandlung.- Berlin, 1896
- / 9 / Hacker, W. : Allgemeine Arbeits- und Ingenieurpsychologie.- VEB Deutscher Verlag der Wissenschaften.- Berlin.- 1980

Zum technologischen Charakter der Schiffsführung (2)

Diethard Kersandt

Ist die Schiffsführung in ihrer heutigen Ausprägung geeignet, die Qualität der Führung eines Schiffes über See nachhaltig zu verbessern ? Sind die wissenschaftliche Profilierung, die Anforderungen an die Lehre und Forschung, Bildungsabschlüsse, berufliche Tätigkeit, postgraduale Bildung, Training und die interdisziplinäre wissenschaftlichen Arbeit zeitgemäß und zukunftsorientiert ? Wird die Schiffsführung als ingenieurwissenschaftliche Disziplin in ihren Möglichkeiten erkannt und ausreichend für die Prozessgestaltung und Erzeugniserwicklung genutzt ?

(Teil 1 : Herausbildung der Technologie / Stellung und Funktion des Nautikers / Technologischer Prozess und Grundprinzipie)

4. ZUM CHARAKTER VON DEFINITIONEN

Eine (Prozess-)Definition ist eine notwendige, wenn auch noch nicht hinreichende Bedingung für die praktische Verständigung, die wissenschaftliche Arbeit und die Bestimmung von Bildungsinhalten. Definitionen führen zwar keine Veränderungen herbei, stellen aber für eine gewisse Dauer die Grundlage für die Verständigung dar.

(Prozess-)Definitionen sind notwendige Voraussetzung für die Charakterisierung von Prozessen in ihrer Gesamtheit und in ihren Abgrenzungen sowie die dazugehörigen qualitativen Anforderungen an Planung, Gestaltung und Realisierung.

Aus **praktischer Sicht** beschreibt eine Prozessdefinition den Hauptgegenstand ihres Wirkungsfeldes, die Art und Weise sowie das Zusammenwirken der funktionalen Einheiten Mensch, Technik und Umwelt auf einem spezifischen Gebiet mit seinen prozesstypischen Gliederungsstufen unter Beachtung vorgegebener Prozessziele (Aufgaben und Qualität ihrer Erfüllung) und Bedingungen.

In der **wissenschaftlichen Betrachtung** dienen (Prozess-)Definitionen der Bestimmung und Beschreibung von tatsächlichen oder angestrebten Eigenschaften der Prozessbestandteile, ihrer prozesstypischen Abgrenzung sowie ihrer Entwicklung und Weiterentwicklung.

In der **bildungsbezogenen Orientierung** stellen (Prozess-)Definitionen die Grundlage für Aus- und Fortbildungsinhalte, deren Art, Struktur und Inhalt sowie das pädagogisch-didaktische Methodengerüst für die Realisierung ganzheitlicher komplexer Studienziele dar.

Unter den heutigen globalen Bedingungen der Existenz und Wirkungsweise von Technologien, ihrer Eigenschaften und Ziele kommt **die wissenschaftlich-bildungspolitische Betrachtung und Gestaltung** von (Prozess-)Definitionen hinzu. Sie dient vor allem der Beachtung und Ausnutzung gesellschaftsspezifischer Ressourcen, ihrer Gestaltungsinhalte und Verwertungsbedingungen sowie der Wissensgewinnung und –verarbeitung.

Die **sozial-psychologische Orientierung** von (Prozess-)Definitionen ist eng an **gesellschaftlich-kulturelle Zielstellungen** gebunden. Sie dient der Bestimmung des Inhaltes des Wertzuwachses des Prozesses selbst, der Formulierung von Wachstumsbedingungen und -zielen sowie der Orientierung auf Effizienz des Prozesses anstelle von ungebremstem quantitativen Wachstum der im Prozessverlauf entstehenden materiell-finanziellen Produkte.

5. MERKMALE und DEFINITION „SCHIFFSFÜHRUNG“

Die **speziellen Eigenschaften** des Schiffsführungsprozesses, technologisch zu sein, ergeben sich aus folgenden Grundmerkmalen :

- Durch die ständige Zustandsänderung während der Ortsveränderung des Schiffes entstehen stets neue subjektive Abbilder der objektiven Realität, die eine besondere Form der Rückmeldung mit speziellen Richtigkeitskriterien erforderlich machen.
- Das Ziel des Seetransportprozesses ist bereits vor dessen Beginn durch den Reiseauftrag bzw. Fahrplan weitgehend festgelegt. Die eigentliche Denkaufgabe besteht im Finden des dahin führenden Weges unter Berücksichtigung der jeweils herrschenden Bedingungen und auftretenden Situationen.
- Trotz der eindeutigen Zielbestimmtheit existiert bei der Führung eines Schiffes über See eine Vielzahl objektiver Freiheitsgrade in der Zielerreichung. Das Vorhandensein nur einer möglichen Lösung ist der Ausnahmefall.
- Bei der Steuerung des Prozesses sind Probehandlungen ausgeschlossen. Auf Grund der Notwendigkeit des rechtzeitigen Handelns durch den Menschen und der zeitlichen und örtlichen Begrenzung werden die Richtigkeit und der Erfolg einer Handlung hauptsächlich vom Zeitpunkt ihrer Durchführung bestimmt.
- Fehlerhafte Entscheidungen führen nicht nur zu Zeitverlusten hinsichtlich des festgelegten Fahrplanes, sondern teilweise zu irreversiblen Folgen. Diese Tatsache verleiht dem Handelnden bei der Auswahl der anzuwendenden Lösungen eine besondere Verantwortlichkeit. Möglichkeiten zur Aufstellung und systematischen theoretischen Überprüfung von Hypothesen sind nicht oder nur sehr gering vorhanden.
- Die Vielzahl von Einflußgrößen und Störungen erschwert die Steuerbarkeit des Schiffsführungsprozesses und weist auf den großen Einfluß des Zufalles hin. Dieser Einfluß hat objektive und subjektive Ursachen.
- In der Schiffsführung treten eine Reihe von schwer formalisierbaren, d.h. auch schwer algorithmierbaren Situationen auf, was an die Verallgemeinerung und Standardisierung dieser Situationen hohe Anforderungen stellt und den Einsatz neuer Erkenntnismittel erforderlich macht.

Innerhalb der drei Klassen technologischer Prozesse wird die Information als widergespiegelte strukturelle Vielfalt der objektiven Realität aufgefasst und kann in der Technologie der Schiffsführung auch als eine Denk- und Beschreibungsmethode von Prozess-Zuständen und Zustandsfolgen verwendet werden. Ihr Gegenstandsbereich sind die technischen und informationellen Systeme sowie die für einen wirtschaftlichen und sicheren Betrieb erforderliche Technologie einschließlich der kognitiven Eigenschaften des Menschen.

Als wissenschaftliche Zielstellung können die Bewertung, Klassifizierung und Verallgemeinerung von technologischen Abläufen zur optimalen Funktionsverteilung zwischen Mensch und Technik für eine wirtschaftliche und sichere Schiffsführung (ganzheitliche, aufgabenorientierte und ergonomisch basierte Mensch-Maschine-Umwelt- Systemlösungen) und der dafür erforder-

liche Erkenntnisgewinn genannt werden. Die Methoden sind anwendungsorientiert, komplex, integrierend und berücksichtigen Zweck-Mittel- sowie Ziel- Bedingungs-Relationen. Funktionsgesetze, Regeln und Verfahren mit anwendungsoptimalen Abstraktionsgrad sind das Ziel bei der Entdeckung und Formulierung gesetzmäßiger Zusammenhänge.

Der **Charakter des Schiffsführungsprozesses** ist durch ein bewußt planmäßig und rationell organisiertes Netz natur-, technik- und humanwissenschaftlich bestimmter Operationen zur wirtschaftlichen und sicheren Ortsveränderung (Realisierung anderer Transport-, Produktions- und Spezialprozesse) des Schiffes gekennzeichnet. Dabei werden die für die Prozeßsteuerung notwendigen Informationen durch den Menschen und die Informationsmaschinen so in Handlungen und Aktionen umgewandelt, daß dem jeweiligen Qualitätskriterium Rechnung getragen wird. Die Technologie der Schiffsführung ist als Ergebnis wissenschaftlicher Arbeit ein Modell des operativen Schiffsführungsprozesses und seiner Teilprozesse bzw. eine algorithmische Beschreibung. Gegenstand dieser Technologie ist das zielgerichtete Zusammenwirken von Mensch und Technik sowie der effektive Einsatz technischer Mittel zur effektiven Betriebsführung unter Nutzung informationeller Mittel. Der komplexe ingenieurmäßige Charakter der Schiffsführung ist der Arbeits- und Tätigkeitsstruktur sowie der prozeßadäquaten Widerspiegelung im operativen Abbildsystem des Nautikers geschuldet. Er wird durch folgende **Merkmale** bestimmt :

- Wechselwirkungen zwischen den technischen Systemen und dem Menschen sowie Prozesse zwischen Mensch-Schiff-Umwelt; die technologische Betrachtungs- und Vorgehensweise ist prozeßorientiert;
- Ausgangspunkt für die Analyse von Prozessen und Betriebszuständen ist die Funktion /Aufgabe des Schiffsführungsprozesses (funktionelle bzw. aufgabenorientierte Elementarisierung)
- Aufgliederung des Schiffsführungsprozesses in einzelne Bausteine bis hin zu Aufgaben, Handlungen, Operationen, Abläufen;
- Gewinnen, Speichern, Verarbeiten und Übertragen von Informationen repräsentiert eine typische Klasse technologischer Prozesse traditioneller Arbeitsmittel.

Schiffsführungsprozesse sind komplex, zeitvariant, nichtlinear, haben Zufallscharakter und zeichnen sich durch eine Vielzahl interaktiver Wechselwirkungen (informationelle, strukturelle und funktionelle Kopplungen) der Systemkomponenten und der Störereignisse aus.

Daraus ergibt sich die Charakteristik eines unscharfen Entscheidungsproblems : es sind mehrere Lösungsalternativen vorhanden, die durch (unscharfe / unsichere) Attribute beschrieben werden können. Der Entscheider muss mit seinen Präferenzen und Zielen für einzelne Ausprägungskombinationen diejenige Alternative finden, die er für optimal hält.

Die Notwendigkeit einer Entscheidung bei unscharf formulierten Problemen ist ein charakterisierendes Merkmal seefahrtspezifischer Problemlösungsprozesse.

Die Gesamtwirkung der Schiffsführung als Technologie kommt auch durch ihre Funktionen zum Ausdruck:

- Vermittlungsfunktion zwischen naturwissenschaftlichen Erkenntnissen und deren Nutzung (z.B. Technische Mechanik, Hydrodynamik, Hydrometeorologie und ihre Nutzung beim Manövrieren),

- Integrationsfunktion zwischen den einzelnen Teilprozessen der Schiffsführung (z.B. Kollisionsverhütung und Bahnführung) im Sinne einer wirtschaftlichen und sicheren Schiffsführung,
- Stimulierungsfunktion zur Entwicklung neuer Systeme, Verfahren und Technologien,
- soziale Funktion mit ökonomischen, sozialpolitischen, ergonomischen und ästhetischen Wirkungen,
- strategische Funktion, die sich heuristisch (Abläufe, Varianten, Systematisierung~Kombinationen mit höherem Wirkungsgrad) und prognostisch (neue Handlungs- und Entscheidungsstrategien, neue Verfahren, neue Formen der Funktion des Menschen in großen Steuerungssystemen) äußert.

Unter **SCHIFFSFÜHRUNG** ist die Steuerung der Bewegung (Bewegung wird im kybernetischen Sinn als Zustandsänderungen über die Zeit verstanden) des Schiffes vom Ausgangs- zum Zielhafen zu verstehen.

Sie bedient sich dabei der Gesamtheit von Prinzipien, Verfahren und Methoden zur Aufnahme, Verarbeitung, Speicherung und Weitergabe von Informationen zwischen den für die Prozesssteuerung notwendigen Elementen in ihrer Art und Weise, zweckmäßigen Auswahl und rationellsten Kombination. Im Ergebnis der Informationsverarbeitung mittels technischer und nichttechnischer Mittel entstehen Abbildungen der realen Situation, die mit den individuellen Vorstellungen über den anzustrebenden Prozesszustand (Ziel) verglichen werden. Bei nichttolerierbaren Abweichungen werden Aktionen (Prozesseingriffe) durchgeführt, die den Sollzustand herzustellen in der Lage sind.

Zum System „Schiffsführung“ gehören Individuen (Nautiker), Gruppen (Art, Anzahl und Qualität der Brückenbesetzung), Organisationen (Reeder, Behörden, Leitstellen), Organisationsumwelt (Regularien, Gesetze, Ordnungen), natürliche Umwelt (See, Land, Wetter) und Technik (technische Brückensysteme), die unter sich interaktiv wirken, auf Anforderungen reagieren und gewollte Wirkungen planen und gestalten.

Schiffsführung ist ihrem Wesen nach eine wirtschaftszweiggebundene **spezielle Technologie**, da sie sich mit dem Gang und der Folge von Operationen befasst, die für die sichere und wirtschaftliche Führung eines Schiffes über See erforderlich sind. Sie ist damit wirtschaftlichen, rechtlichen, sozialen, sicherheitsspezifischen und umweltbezogenen Zielen und Bedingungen untergeordnet.

Der **Steuerungsprozess** hat unter den organisationellen Bedingungen des Seetransportes, den umgebungs- und funktionsbedingten Beanspruchungen sowie unter Berücksichtigung der technischen Charakteristika der Arbeitsmittel und der psychischen und physischen Einflussfaktoren auf die menschliche Arbeitskraft während einer vorgegebenen Zeitdauer und in einem vorgegebenen Raum den Forderungen nach **Verlässlichkeit** mit den verlangten **Qualitäten für Wirtschaftlichkeit und Sicherheit** zu genügen und damit die **Stabilität des Systems in seiner Gesamtheit** zu bewahren.

Die geplante „Prozessgüte“ ist im Rahmen des aktiven Gestaltungsauftrages des Nautikers abhängig von allgemeingültigen Regeln guter Seemannschaft, ergänzt oder spezifiziert durch Vorgaben des Reeders oder des Kapitäns, die Lehrmeinung für den Trainingsinhalt oder / und die Zertifizierung von Trainingsabläufen. Wissen, Fähigkeiten, Fertigkeiten, aktuell abrufbare Erfahrungen und die augenblickliche Leistungsbereitschaft bzw. –fähigkeit bestimmen die Güte des Informationsverarbeitungsprozesses und damit die Qualität eines komplexen und dynamischen Prozesses.

Prozesstypische Fehlhandlungen und Qualität

Fehler in der Handlungsregulation beruhen in erster Linie auf Schwächen in der Informationsverarbeitung und dadurch entstehendem mangelhaftem Situationsbewußtsein in Verbindung mit fehlenden oder nicht rechtzeitigen oder falschen Entscheidungen.

Der besondere wissenschaftliche Anspruch der Schiffsführung besteht in naher Zukunft darin, die unter bestimmten Bedingungen gesetzmäßig auftretenden **Fehlhandlungen** möglichst zu vermeiden. Werden die Bedingungen nicht erkannt oder unterschätzt, besteht eine erhöhte Wahrscheinlichkeit für das Auftreten von Seeunfällen. Gefahren zeigen sich zunächst in mehr oder weniger auffälligen Qualitätsverlusten in einem oder in mehreren partiellen Prozessen.

Werden diese Qualitätsverluste oder erste Anzeichen derartiger Verluste (Vorzeichen) bei hinreichender „situation awareness“ rechtzeitig erkannt, können geeignete Gegenmaßnahmen gefunden und umgesetzt werden.

Im Training stehen Problemerkennung und -lösung im Mittelpunkt der Anstrengungen von Instrukteur und Trainierenden. Die angestrebten Ergebnisse sind erfolgsorientiert und erschweren die Analyse psychischer Bedingungen und ihrer mentalen Folgen auf die Handlungsregulation des Nautikers. In der Praxis lassen sich selbst bei geringen Abweichungen vom Situationsverlauf „angelernte“ Lösungen selten erreichen. Jede Situation ist ein neuer Problemfall !

Welche Bedingungen führen nun zu Fehlhandlungen der Brückenbesatzung ?

- Übergroße Verarbeitungsmenge von Informationen : Der Nautiker muss seine Aufmerksamkeit bei der Tätigkeit auf der Brücke auf verschiedene Überwachungs-, Kontroll- und Steuerungsaufgaben verteilen und sich zusätzlich auf die Erfüllung von qualitativen Zielen konzentrieren. Dazu muss er eine Vielzahl von Informationen aufnehmen und verarbeiten, obwohl seine mentale Kapazität sehr begrenzt ist. Da das Gehirn nicht wirklich geistig doppelt arbeiten kann, muss zwischen den geistigen Aktivitäten je nach erkannter Notwendigkeit schnell und häufig gewechselt werden. Unter diesem Aspekt führt jede Vermehrung (ohne qualitativen Wandel) von Informationen auf der Brücke, die „eigentlich“ zu verarbeiten sind, zu einer höheren Wahrscheinlichkeit von Fehlhandlungen.
- Zeitliche Überforderung der verfügbaren mentalen Kapazität : Bei ständiger und fast ausschließlicher Beobachtung z.B. des Radarbildes oder der elektronischen Seekarte als zugewiesene Teilaufgabe eines Wachoffiziers und damit verbundener konzentrierter Zuwendung auf z.B. Details einer Begegnungssituation oder eines Kursverlaufes ist die mentale Kapazität für diese Daueraufmerksamkeitsleistung nach etwa einer Stunde erschöpft und bei der Erfassung von Signalen und ihrer Interpretation werden Fehler gemacht. Die konzentrierte Zuwendung auf Einzelheiten einer Begegnungssituation (z.B. des Passierabstandes) oder die ununterbrochene Beobachtung der Bahnabweichung (xte) von einer geplanten Kurslinie sind mögliche Bedingungen für den Verlust der Aufmerksamkeit (durch Unterforderung).
- Mißachtung von Verhaltensstereotypen bei der Gestaltung von Anzeigen und Bedienelementen : Werden die beim Menschen stabil existierenden allgemeinspsychologischen Verhaltensmuster (Populationsstereotypen) – das sind wirksame, erlernte und gefestigte Reaktionsgewohnheiten – bei der Gestaltung von Brückensystemen (hard- und softwareseitig) nicht beachtet, kann es zur Häufung von Fehlhandlungen kommen. Eine geforderte und situationsgerechte Reaktion, die nicht dem Stereotyp entspricht, wird in

der Regel nicht wirksam, da die stereotypische Verhaltensweise einen größeren Einfluß hat.

Auch Erwartungsfehler gehören in diese Kategorie. Charakteristisch für Erwartungsfehler ist die Annahme von Situationen und von Verhaltenseigenschaften anderer Personen, die den eigenen Vorstellungen entsprechen. Der Kapitän / Wachoffizier „legt sich die Welt zurecht“, wie er sie haben möchte und handelt nicht danach, wie sie tatsächlich ist.

- Überforderung des Gedächtnisses : Werden im Gedächtnis vorhandene Sachverhalte und Verhaltensweisen (z.B. Vorschriften, Regeln) nicht situationsgerecht/zeitgerecht aktiviert und beachtet bzw. antrainierte Eigenschaften nicht in die Erinnerung gebracht, ist ihre Existenz allein noch keine Garantie für das Ausbleiben von Fehlhandlungen. Erinnerungsdefizite gehören zu den objektiv vorhandenen Mängeln des Menschen.
- Überforderung der Urteilsfähigkeit : Die Abschätzung von Gefahren / Risiken und ihrer wahrscheinlichen Entwicklung ist auf Grund des Charakters der Schiffsführung (komplex, dynamisch, zufällig) und der zu verarbeitenden Einzel-Informationen nur selten zutreffend bzw. überhaupt möglich. Fehleinschätzungen des Risikos in Verbindung mit der fehlerhaften und unvollständigen Einschätzungen von qualitativen Prozesszuständen führen zur erhöhten Wahrscheinlichkeit von Fehlhandlungen. Häufig ausgeführte Tätigkeiten können zu einer Unterschätzung von Risiken führen.
- Überforderung der Aufmerksamkeit : In der Schiffsführung laufen viele Prozesse routinemäßig ab. Das betrifft sowohl situative Ereignisfolgen als auch Handlungsrouinen. Diese Abläufe, ohne ständige Rückfragen und Rückversicherungen, ob etwas gefährlich sei oder nicht, regulieren die Handlungen des Nautikers. Das ist deshalb möglich, weil sich die Ablauffolgen in ihren wesentlichen Bestandteilen gleichen. Die objektiv vorliegende Redundanz von Ereignisfolgen wird vom Nautiker unbewußt erkannt und führt zur Herausbildung entlastender Routinen in Erkenntnis und Handlung. Dieser mentale Automatisierungsprozess erfährt seine Grenze bei der Änderung von Handlungsbedingungen und kann ursächlich für Fehlhandlungen sein. Handlungsalternativen werden nicht mehr mit der notwendigen Aufmerksamkeit und Zuwendung in Erwägung gezogen. Je besser eine Situationsfolge (z.B. das Anlaufen eines speziellen Hafens im Fahrtgebiet) in Praxis und Simulation beherrscht wird, um so wahrscheinlicher ist das Auftreten von Fehlhandlungen bei einem plötzlichen Bedingungswechsel (z.B. Wetteränderung, Änderung der Manövriereigenschaften, Änderung des Fahrwasserverlaufes)

Wenn eine Gesetzmäßigkeit für die Herausbildung von Fehlhandlungen existiert, müssen die sie begründenden Bedingungen messbar sein. Sie sind es aber nicht !

Für die Ermittlung übergroßer Verarbeitungsmengen von Informationen, die zeitliche Überforderung der verfügbaren mentalen Kapazität, die Mißachtung von Verhaltensstereotypen bei der Gestaltung von Anzeigen und Bedienelementen, die Überforderung des Gedächtnisses, der Urteilsfähigkeit und der Aufmerksamkeit existieren keine für den operativen Entscheidungsprozess des Nautikers anwendbaren Messverfahren.

Was soll der Nautiker aber mit einer nicht „greifbaren“ Gesetzmäßigkeit anfangen ? Soll er darauf warten, dass es ihn eines Tages trifft und eine „gesetzmäßig“ entstandene Fehlhandlung in die Kathastrophe führt ?

Oder soll er krankhaft immer wieder alle Entscheidungen in Frage stellen, sich wieder und wieder rückversichern, auf Routinen verzichten und sich seinen Selbstzweifeln hingeben ?

In Ausbildung, Fortbildung und Training haben stets der Erfolg und darin eingeschlossen die Vermeidung von Fehlern die Zielstellungen bestimmt. Ein Chance, aus Fehlern zu lernen, gab es selten. Und an Bord wird diese Chance wahrscheinlich auch nicht kommen oder nicht bewußt

wahrgenommen werden können. Immer geht es darum, trotz der gesetzmäßig vorhandenen (und nicht messbaren) Bedingungen, Höchstleistungen zu vollbringen.

Ein Ausweg für die Verbesserung der Prozessführung wird darin gesehen, verlässliche Systeme zu entwickeln, die die **Gesamtwirkung von Mensch und Maschine** zum Inhalt haben. Dazu gehören **Unterstützungssysteme**, die in der Lage sind, eine sehr hohe Anzahl von Signalen und Daten zu erfassen und in einer Weise zu verarbeiten, die zur Berechnung quantifizierbarer qualitativer Prozesskenngrößen geeignet ist.

„**Qualität** wird laut der EN ISO 9000:2008, als „**Grad, in dem ein Satz inhärenter Merkmale Anforderungen erfüllt**“, definiert. **Die Qualität gibt damit an, in welchem Maße ein Produkt** (Ware oder Dienstleistung) **den bestehenden Anforderungen entspricht**. Die Benennung „Qualität“ kann zusammen mit Adjektiven wie schlecht, gut oder ausgezeichnet verwendet werden. Inhärent bedeutet im Gegensatz zu „zugeordnet“ einer Einheit innewohnend, insbesondere als ständiges Merkmal. Nicht inhärent sind subjektiv zugeordnete Beschreibungen wie „schön“ oder auch der Preis weil diese eben nicht objektiv messbar sind. Der Preis oder ein persönliches Urteil sind also nicht Bestandteil der Qualität.

Durch die Definition einer Zielgruppe und Meinungsumfragen kann das subjektive Empfinden dieser Zielgruppe ermittelt, ein inhärentes Merkmal definiert und damit „messbar“ und Bestandteil der Qualität werden.

Dieser Sachverhalt bildet einen der Hintergründe für die „wissensbasierte“ Berechnung der Qualität von Schiffsführungsprozessen. Er weist auf die Möglichkeit der Verwendung von Expertenwissen für die Zustandsbewertung hin.

Nach der IEC 2371 ist **Qualität** die Übereinstimmung zwischen den festgestellten Eigenschaften und den vorher festgelegten Forderungen einer Betrachtungseinheit.

... Qualität ist die Übereinstimmung von *Ist und Soll*, also die Erfüllung von Spezifikationen oder Vorgaben (Fulfilment of a specification) im Gegensatz zu der Erfüllung von Erwartungen und Zielen als dem übergreifenden Qualitätsanspruch (Fitness for Purpose). In der Produktion werden hierbei heute Kennzahlen zur Qualität über rechnergestützte Systeme bestimmt.“ (<http://de.wikipedia.org/wiki/Qualit%C3%A4t>)

Qualitative Prozesskenngrößen haben das Ziel, den erreichten Prozesszustand aktuell zu ermitteln und zu bewerten, den Operateur von der Aufnahme und Selektion vieler Einzelsignale und ihrer Zuordnung zu entlasten und ihm die Auswertung bewerteter Zustände als vorrangige intelligente Aufgabe zu überlassen.

Prozessindikatoren müssen in der Lage sein, eine aufgabenstrukturierte, betriebszustandsabhängige, möglichst einfache, fachlich verständliche, ganzheitliche, **qualitative Abbildung der Schiffsführung** zu ermöglichen. Man unterscheidet zwischen Gestaltungsindikatoren und Einflussindikatoren. Während die Gestaltungsindikatoren die beeinflussbaren Qualitätskenngrößen repräsentieren, bringen die Einflussindikatoren vorrangig die operativen Prozessbedingungen zum Ausdruck, unter denen die Schiffsführung stattfindet. Beide Indikatorengruppen bilden eine Einheit, weil sie für die Definition bzw. Standardisierung der Prozessbedingungen und für die Berechnung der Qualität der unter diesen Bedingungen erbrachten Ergebnisse / Leistungen erforderlich ist.

Gestaltungsindikatoren sind: ANTI-GROUNDING; COLLISION AVOIDANCE; TRACK KEEPING; MET.-HYD. ENVIRONMENT; VOYAGE ECONOMY

Einflussindikatoren sind: HUMAN CAPABILITY; TRAFFIC CONDITIONS; AVAILABILITY MAIN ENGINE & STEERING GEAR; MET.-HYD. ENVIRONMENT

Art und Inhalt der Aufgabenstellungen sowie der Tätigkeit des Nautikers in der Seewache zeichnen sich durch charakteristische Merkmale, Bedingungen und spezifische Besonderheiten aus. Die Betriebszustände OPEN SEA; COASTAL AREA; TRAFFIC SEPARATION SCHEME; APPROACHING; FAIRWAY; AT ANCHOR bilden die operationelle Basis für eine Seewache, da sie den Einsatz personeller, technischer und organisationaler Mittel bestimmen und die Aktivierung spezifischen Wissens erforderlich machen.

6. ZUSAMMENFASSUNG

1. Technikwissenschaften haben die Aufgabe, existierende technische Systeme empirisch und theoretisch zu analysieren, entsprechende Ergebnisse zu verallgemeinern, natur- und technikwissenschaftlich zu begründen und mathematisch zu fundieren. Sie sollen dazu beitragen, neue technische Objekte und Prozesse auf der Grundlage wissenschaftlicher Erkenntnisse und vorhandener Erfahrungen gedanklich zu synthetisieren und entsprechend den gesellschaftlichen Erfordernissen zu gestalten, zu bewerten und zu optimieren.

2. Entsprechend der drei Klassen technologischer Prozesse - stoffliche, energetische, informationelle - haben sich unter Beachtung der jeweils bestimmenden Seite dieser Prozesse drei Klassen technologischer Wissenschaftsdisziplinen herausgebildet. Die Einbeziehung informationeller Prozesse in die technologische Betrachtungsweise als eine grundlegende Form der Wechselwirkung materieller Systeme erweitert das historisch gewachsene Technologiekonzept, das sich traditionell auf stoffliche Prozesse orientierte.

3. Die technologische Betrachtungs- und ingenieurmäßige Vorgehensweise ist prozeßorientiert, zunehmend systemorientiert. Ausgangspunkt für die Analyse und Gestaltung des Prozesses ist die durch ihn zu realisierende Funktion / Aufgabe (funktionelle Elementarisierung; Aufgabenorientierung). Dabei ist das Baustein- bzw. Modularprinzip das grundlegende Konstruktions- und Realisierungsprinzip technologischer Funktionen, Aufgaben und Prozesse. Die verallgemeinerten technologischen Grundverfahren: Gewinnen, Speichern/ Lagern, Verarbeiten/Umwandeln und Transportieren/Übertragen repräsentieren die Grundformen der Bewegung für alle Klassen technologischer Prozesse, in diesem Zusammenhang insbesondere die der informationellen Klasse.

4. Moderne technische Systeme mit dem Zugriff auf rechnergestützte Entscheidungen haben bisher nicht die Herauslösung des Menschen aus dem Schiffsführungsprozeß nach sich gezogen ; im Gegenteil : die Bedeutung des subjektiven Faktors wird erhöht, die Rolle des Menschen in komplizierten Steuerungsprozessen wächst. Effektivität, Sicherheit und Zuverlässigkeit der Steuerung werden maßgeblich durch die kognitiven Leistungen des Menschen bestimmt. Entscheidungssituationen auf der Grundlage angebotener oder erlangter Informationen sind durch produktive und aktive intellektuelle Prozesse gekennzeichnet. Durch die Verlagerung von Entscheidungsakten auf Rechner ist der Mensch keineswegs aus seiner Verantwortung entlassen.

5. Die Steuerung eines Prozesses nach seinem Informationsmodell stellt neue Anforderungen an die schöpferische Arbeit, die Entschlußkraft, die Konzentration und nervliche Stabilität, das Verantwortungsbewußtsein sowie die Prozeß- und Systemkenntnis im Normalfall und ganz besonders bei unvorhergesehenen Situationen, resultierend aus stochastischen Störeinflüssen, wie sie in der Schiffsführung typisch sind.

Im Mensch-Maschine-System erfüllt der Mensch eine besonders folgenreiche Funktion, da von der Angemessenheit und der Schnelligkeit seiner Entscheidungen die Arbeitsweise eines vielgegliederten Systems abhängt. Defekte in der Beherrschung dieser komplexen und komplizierten Prozesse und Systeme werden gegenwärtig durch die Kategorie "subjektiver Fehler / "menschliches Versagen" ausgedrückt.

6. Dem Schiffsführungsprozeß ist, wie ganz allgemein Systemen biologischer oder sozialer Ordnung, Maschinensystemen, technologischen Prozessen u.a., auf der Abstraktionsebene der Kybernetik die Steuerung gemeinsam, d.h. die zielgerichtete Beeinflußung dynamischer Systeme mit dem Ziel, das System zu stabilisieren, seine qualitative Bestimmtheit mit der Umwelt zu erhalten, das System zu vervollkommen, eine vorgegebene Effektivitätskenngröße zu erreichen bzw. zu optimieren.

7. Optimales Verhalten und Auswahl geeigneter Aktivitäten bedingen eine ständige Überprüfung und Auswertung der aus der Umwelt ankommenden Informationen nach ihrem Gehalt über die realen Eigenschaften dieser Umwelt. Die Verringerung des Risikos hängt davon ab, wie gut die Informationen ausgewertet werden und die ausgewerteten Ergebnisse mit der objektiven Realität übereinstimmen. Der Erkenntnisprozeß des Nautikers vollzieht sich über die Erkennbarkeit der Umwelt mittels Gerätetechnik und/oder visueller Beobachtung. Zeitliche Verzögerungen von Handlungen beruhen vor allem auf nicht oder zu spät erkannten Veränderungen der Umwelt.

8. In immer größerem Maße sind für die wirtschaftliche und sichere Schiffsführung die qualitative Voreinschätzung möglicher Gefahren für die Erfüllung von geplanten Zielen und Normen sowie die Ermittlung aktueller Prozesszustände für die operative Steuerung notwendig. Ein solches Herangehen löst die Versuchs- und Irrtumsphilosophie wie auch die Praxis globaler Sicherheitszuschläge mehr und mehr ab.

9. Für den Erkenntnisgewinn und die daraus abzuleitenden Schlußfolgerungen für die Praxis ist das gegenwärtige Instrumentarium der traditionellen, zur Schiffsführung gehörenden Disziplinen nicht mehr ausreichend. Es ist notwendig, den Schiffsführungsprozeß in seiner Komplexität zu beschreiben, den Gegenstand, die Ziele und Methoden zu definieren und Verfahren zur Analyse von Betriebszuständen zu entwickeln, um daraus Erkenntnisse für die sichere Prozeßgestaltung sowie die Funktionsverteilung von Mensch und Maschine zu gewinnen und umzusetzen.