

Einige Anmerkungen zur Definition von Anforderungen an integrierte Systeme zur Führung eines Schiffes über See

(ISSOS – Integrated System for Ship Operation at Sea)

Dr.Ing.habil. Dipl.Ing.oec. Kapitän AG Diethard Kersandt, Rostock

Bezug : Empfehlung der AG Integration der DGON an das BMVBS zum Draft INS Performance Standard.

Wenn wir die Möglichkeit haben, Anforderungen an die technische Entwicklung und den Betrieb von integrierten Schiffsführungssystemen neu zu definieren, müssen wir das mit einem ausreichenden „Vorhaltungswinkel“ tun und uns nicht davor scheuen, die Erfahrungen und Erkenntnisse aus anderen Fachdisziplinen schöpferisch anzuwenden. Der vorliegende praktische Erfahrungshorizont der traditionellen Schiffsführung reicht nicht mehr aus, die Grenzen eigener Befangenheit im Denken und Handeln zu überschreiten. Ziel einer neuen Definition muss immer die Befähigung der Nutzer sein, die Verlässlichkeit des komplexen Systems in seiner Gesamtheit zu verbessern und die Maßstäbe für eine hohe Qualität der Prozessergebnisse (Sicherheit, Wirtschaftlichkeit) auszuweiten.

1. Widersprüche

Die Qualität der **Schiffsführung als Risikoprozess** kann durch das Maß an Sicherheit und Wirtschaftlichkeit des Schiffes als autonomes Mensch-Maschine-Umwelt-System, als Element des wirtschaftlichen, technischen und sozialen Gefüges eines Schifffahrtsunternehmens und als Teilnehmer am internationalen Seeverkehr bestimmt werden.

Die Vermittlung und die Analyse von Kenntnissen über die Funktionsweise eines Mensch-Maschine-Umwelt-Systems im allgemeinen und des Schiffes im besonderen aber werden heute fast ausschließlich auf die Beherrschung von technischen Komponenten durch die Nautiker ausgerichtet.

Das ist unter anderen Gründen eine der Ursachen, warum im Verlaufe von Seeunfalluntersuchungen in der Regel nach „**menschlichem Versagen**“ gesucht und das technische System als eigentlich funktionierende Einheit dargestellt wird.

Schon lange reichen Methoden und Inhalte der traditionellen maritimen Fachgebiete nicht mehr aus, um die Probleme der Beherrschbarkeit des Schiffsführungsprozesses in seiner Gesamtheit darzustellen und neue Erkenntnisse in der Steuerung von Risikoprozessen zu vermitteln.

Kenntnisse in den traditionellen Fachdisziplinen müssen durch das Wissen sowohl über die veränderte Funktion und das **Tätigkeitsprofil** des Nautikers als auch durch die Erkennung von **Fehlerursachen** und die Methoden der **Gefahrenabschätzung** ergänzt werden.

Bei der Führung eines Schiffes über See sind im Verlaufe einer Seewache eine Vielzahl von **Informationen** durch den Nautiker aufzunehmen, zu verarbeiten und in Entscheidungen umzusetzen. Die **Seewache** ist das taktische, die **Reise** das strategische Gestaltungs- und Spannungsfeld zwischen Mensch, Technik und Umwelt. Um in diesen dynamischen und komplexen Prozessen das Schiff in der geplanten Qualität führen zu können und die Wirkungsmechanismen zwischen den Systemelementen zu verstehen und mit zu gestalten, ist die **Verlässlichkeit** des

Menschen in seiner Einheit mit der Technik die Voraussetzung für eine moderne „**gute Seemannschaft**“.

Aus der veränderten Stellung und Funktion des Nautikers im Zusammenwirken von Mensch, Technik und Umwelt hat sich ein neues Tätigkeitsprofil entwickelt.

Die Schiffsführung muss deshalb vor allem aus qualitativer Sicht neu definiert und daraus eine **aufgabenorientierte Prozess-Struktur** entwickelt werden, deren partiellen Bestandteile vor allem durch das Zusammenwirken und die Verflechtungen einer Vielzahl von Informationen gekennzeichnet sind.

Die Stellung des Nautikers in der Seewache und die anforderungsgerechte Planung, Überwachung und Gestaltung des Schiffsführungsprozesses begründet sich gegenwärtig und in Zukunft mit seiner Fähigkeit, Informationen aufzunehmen, zuzuordnen, zu bewerten, zu speichern und daraus solche Entscheidungen abzuleiten, die eine sichere und wirtschaftliche Führung des Schiffes gewährleisten.

Bei der Erfüllung dieser Aufgabe stößt der Nautiker nicht selten an seine **Leistungsgrenzen**, die vor allem mit Mängeln im **Situationsbewußtsein** und in der **Situationseinschätzung** begründet und im allgemeinen Sprachgebrauch als „**menschliches Versagen**“ oder „**menschliche Fehler**“ klassifiziert werden.

Bei der Definition neuer Anforderungen an integrierte Systeme muss die **Verlässlichkeit** der Schiffsführung einen Schwerpunkt bilden. Daraus leiten sich Konsequenzen für die Gestaltung ab, nach denen der Mensch eine Funktion und Stellung einnehmen kann, die seine objektiven Leistungsgrenzen berücksichtigt und sein außerordentlich großes Leistungsvermögen als Bestandteil eines Risikosystems ausschöpft.

Die alte Philosophie : **Funktionell orientierte** (z.B. Ortsbestimmung, Bahnführung, Kollisionsverhütung) **technische Einzelsysteme** werden entsprechend der traditionellen Arbeits- und Organisationsstruktur der Schiffsführung strukturiert und konfiguriert und mittels Datenverbindungen zu einer physikalisch integrierten Einheit, dem integrierten Navigationssystem bzw. der **Integrierten Brücke**, zusammengeschlossen.

Dabei wird eine hohe Genauigkeit, Zuverlässigkeit und Verfügbarkeit der Sensorebene angestrebt und angenommen, dass der Operateur die sich immer mehr erweiternde **Datendichte** in der spezifisch **verfügbaren Zeit** beherrscht und zu einem **situationsgerechten Abbild** der Realität verarbeiten kann.

Das Vorhandensein und die Güte eines Vergleichsmodells, das die Grundlage für das Erkennen von Abweichungen zwischen Ist- und Sollzuständen bildet und für die Handlungsregulation verantwortlich ist, wird als Bedingung für die Handhabung des Systems durch den Nautiker vorausgesetzt.

Die neue Philosophie : **Situativ und operationell orientierte Zustandsdiagnosen** der die Schiffsführung charakterisierenden Elemente (Bahneinhaltung, Kollisionsverhütung, Verhinderung von Grundberührungen, menschliche Leistungsfähigkeit, Umwelt, Verkehrslage, Verfügbarkeit der technischen Anlagen, Reiseplan u.a.), repräsentiert als vergleichbare quantitative und qualitative Aussagen über die in den ablaufenden Prozessen bestehenden **Gefahrenhöhen** mit ihren konkurrierenden

Wirkungen und Abhängigkeiten, ergänzt durch alphanumerische und grafische Informationen.

Dabei werden die von den Sensoren gelieferten Daten einem **wissensbasierten Zustandsmodell** zugeführt, das in der Lage ist, komplexe Situationen abzubilden und mit dem Sollzustand zu vergleichen. In zeitkritischen Situationen oder bei großen Differenzen zwischen erforderlichem und aktiviertem Wissen bildet das Zustandsmodell das „Reservewissen“ des Mensch-Maschine-Umwelt-Systems.

Die Handlungsregulation beim Nautiker vollzieht sich weitgehend über die Höhe der Gefahr in den spezifischen Situationen. Die ohnehin begrenzten Möglichkeiten des Menschen in der Informationsverarbeitung werden nicht weiter strapaziert. Er gewinnt Zeit für die **vergleichende Situationsbewertungen** und das Finden bzw. Prüfen von Lösungen, die die **Stabilität des Systems** gewährleisten können. Eine prozessbegleitende Kompetenzbewertung ermöglicht Wissensrückkopplungen und Lerneffekte.

Nur ein solches System, das Ereignisse und Vorgänge kritisch hinterfragt und Zusammenhänge herzustellen in der Lage ist, den „Finger auf die Wunden legt“ - also das Verdrängen negativer Erscheinungen verhindert - und das schöpferische Denken anregt, ist hinsichtlich seiner beabsichtigten Wirkungen für die Prozesssteuerung wirklich „humanorientiert“.

Es wäre in der Lage, Kausalketten zu unterbrechen, das schwächste Glied zu erkennen und zu benennen und Auswege zu empfehlen.

2. Definition „Schiffsführung“

Als Ausdruck konkreter menschlicher Tätigkeit hat sich die Schiffsführung bisher im wesentlichen empirisch entwickelt.

Allein durch empirisch begründete Problemlösungen, die in der Regel auf Erfahrungen und gesundem Menschenverstand beruhen, aber kann der wissenschaftstheoretische Mangel der Schiffsführung nicht beseitigt werden.

Seit etwa 20 Jahren ist zu beobachten, dass die Schiffsführung den gegenwärtigen Anforderungen und den zukünftig zu erwartenden Ansprüchen der maritimen Gesellschaft allein aus praktischer Sicht und auf der Grundlage praktischer Erfahrungen nicht mehr gerecht werden kann. Das erweist sich u.a. bei der Definition von Anforderungen an neue Führungssysteme als ein außerordentlich großer Nachteil.

Eine auch theoretisch durchdringende Bearbeitung vieler Probleme in der Prozessführung und Prozessgestaltung erscheint überfällig.

Die klassische Definition eines Mensch – Maschine – Systems (wie sie bei Fahrer-Fahrzeug-Systemen angewendet wird), die im allgemeinen die Beziehungen zwischen seinen personellen und maschinellen Bestandteilen umfasst, muss für die Schiffsführung zunächst um die Komponente „Umwelt“ erweitert werden. Das begründet sich allein damit, dass ein Schiff zugleich Arbeits- und Lebensraum seiner Besatzung ist und unter den gegebenen gesellschaftlichen, natürlichen, sozialen und organisatorischen Bedingungen seine Transportaufgabe zu erfüllen hat.

Schiffsführung ist ein „**Mensch – Maschine (Schiff) – Umwelt – System**“ (M-M-U – System).

Auf der Betrachtungsebene Schiff und im Prozess Schiffsführung wird die Komponente „Mensch“ in der Regel durch einen Nautiker / Wachoffizier verkörpert. Ausguck und Rudergänger werden aber im Rahmen dieser Betrachtung nicht erfasst. Ausnahmefälle treten bei der Besetzung der Brücke unter besonderen Umständen auf : schlechtes Wetter, starker Verkehr, spezielle Betriebszustände (z.B. Ansteuerung), Fahrt unter Lotsenberatung usw..

Unter der Komponente „Maschine“ wird das zunächst das Schiff in seiner Gesamtheit und dann speziell die Schiffsführungstechnik (im Regelfall die gesamte technische Ausstattung der Brücke mit den Schnittstellen zu Hauptmaschine und Ruderanlage) verstanden. Die Komponente „Umwelt“ schließt natürliche, soziale, organisationale und juristische Aspekte ein.

Der Charakter der Schnittstelle zwischen Mensch und Umwelt hat sich im Verlaufe des technischen Fortschritts stark verändert. Mit zunehmender Schnelligkeit sind direkte Beziehungen durch indirekte ersetzt und ergänzt worden. Daraus sind in kritischer Betrachtung sowohl ein wesentlicher Anteil des „menschlichen Versagens“ als auch die verstärkte Beachtung des „menschlichen Faktors“ hervorgegangen.

Schiffsführung ist ein Prozess, der sich durch große Komplexität, Dynamik und Zufälligkeit auszeichnet. Er wird einerseits manuell geregelt, andererseits werden mehrere teilautomatisierte System verwendet. Die Herstellung der Verbindungen (Abruf von Informationen; Eingabe von Daten) zwischen Nautiker und Prozess erfolgt über „Dialoge“ mittels Displays und Bedienelementen.

Schiffsführung ist die Steuerung der Bewegung (im kybernetischen Sinn sind es Zustandsänderungen über die Zeit, in die auch die Ortsveränderung einbegriffen ist) **des Schiffes vom Ausgangs- zum Zielhafen.**

Das nun ist eine wesentliche inhaltliche Neufassung. Die Steuerung der Zustandsänderungen schließt den Gestaltungswillen des Menschen ein, der sich an Normen ausrichtet, Abweichungen von den Normen erkennt und Handlungen einleitet, um den Gestaltungsauftrag – die geplante Qualität der Schiffsführungsprozesse – zu erfüllen. Das zieht Konsequenzen nach sich :

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.

Diese Voraussetzungen für die Wahrnehmung der Steuerungsfunktion schließen Anforderungen an das Leistungsvermögen des Menschen und an die Gestaltung des Informationsverarbeitungsprozesses ein. Das ist u.a. deshalb wichtig, weil der Schiffsführungsprozess in einem gestörten Gestaltungsraum und –rahmen stattfindet, in dem er trotz der Störungen seine geplante Qualität gewährleisten muss :

Der Steuerungsprozess hat dabei 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 : Wirtschaftlichkeit und Sicherheit**) zu genügen und damit die Stabilität des Systems in seiner Gesamtheit zu bewahren.

Die geplanten Ziele und die vorgefundenen Bedingungen stehen sehr häufig im Widerspruch zueinander. Daraus ergibt sich der Charakter des Prozesses :

Der Schiffsführungsprozess zeichnet sich durch eine sehr hohe und variable Komplexität aus, kann sehr dynamisch verlaufen und wird durch das meistens zufällige Zusammenwirken der verschiedenen Systemelemente gekennzeichnet. Die Zustände der partiellen Prozesse werden durch ebenfalls zufällig auftretende Ereignisse / Störungen geprägt.

Diese Störungen können in der Regel gemessen werden. Ihre Bewertung allerdings wird in gegenwärtigen Systemen fast ausschließlich durch den Menschen vorgenommen. Das impliziert den Nachteil, immer mehr Daten anzuzeigen, von denen man annimmt, dass sie wichtig seien, dabei aber vergisst, dass sie der Mensch eben nicht mehr in der verfügbaren Zeit aufnehmen und verarbeiten kann. Die Forderung, integrierte Systeme zukünftig verstärkt und prozess- bzw. aufgabenorientiert mit informationsbewertenden Systemen zu verstärken, bietet sich an dieser Stelle geradezu an. Dabei kann es sich nur um Bewertungen im Sinne menschlichen Verständnisses handeln, da allein dadurch die logische Kette kognitiver Prozesse einzuhalten und zu unterstützen ist :

Ihre Qualität kann durch die **Höhe der Gefahr** für die Erreichung festgelegter Ziele zum Ausdruck gebracht werden.

Eine **Gefahr** ist ein physikalisches oder chemisches Merkmal eines Materials, Systems, Prozesses oder Ablaufes, das das Potenzial für die Verursachung eines Schadens in sich trägt. Gefahren müssen erkannt (verstanden) werden, weil sie den Anfangspunkt von Ereignisketten bilden, die zu Unfällen führen können. Jede Risikoabschätzung beginnt auf dieser Stufe.

Die **Suche** nach Gefahren ist das Zusammentragen von evidenten Anzeichen oder Symptomen für eine Gefahr, während das **Ziel** der Gefahrenerkennung darin besteht, ausgehend von den Zeichen oder Symptomen, die Verbindung zwischen Ursache und Wirkung herausfinden.

Gefahrenindikatoren sind Signale, die dem Nautiker Gefahren bzw. Gefährdungen anzeigen. Die Höhe der Gefahr in einem partiellen Prozess ist qualitätsbestimmend.

Lassen sich die Grenzwerte „**Gefährlicher Zustand**“ und „**Sichere Zustand**“ noch als relativ konstante Qualitätsparameter festlegen, zwischen denen je nach angetroffenen Bedingungen und Gestaltungsvermögen des Nautikers die „**gute Seemannschaft**“ angesiedelt werden kann, muss unter Berücksichtigung des Charakters der Schiffsführung (komplex, dynamisch, zufällig) auch bei scheinbar gleichen Bedingungen immer von einem „Schwankungsverhalten“ des Systems

ausgegangen werden, dessen Ablauf durch die Entscheidungen und Handlungen des Nautikers bestimmt wird.

Sicherheit (VDI 4001, 1998) ist ein Zustand oder auch eine Zustandsfolge des Schiffsführungsprozesses und / oder seiner partiellen Bestandteile, der bzw. die sich unterhalb einer unteren „relativ sicheren“ Zustandsgrenze bewegen. Das Verhalten „guter Seemannschaft“ ist durch den Verlauf mitunter nicht vermeidbarer Gefahren gekennzeichnet, deren Größen nicht immer im „sicheren“ Bereich liegen müssen, den für die Wirtschaftlichkeit und Sicherheit „gefährlichen“ Bereich jedoch auch nicht überschreiten dürfen (Grenzzisiko). Der „aktuelle Verlauf“ kennzeichnet die Balancierung der Gefahrenhöhen für die Erfüllung partieller Aufgaben; er ist das „Gestaltungsfeld“ des Nautikers während der Seewache.

Risiko (VDI 4001, 1998) ist in der klassischen Definition eine Wahrscheinlichkeitsaussage. Sie stellt das Produkt aus der zu erwartenden Häufigkeit des Eintritts eines zum Schaden führenden Ereignisses und aus dem zu erwartendem Schadensausmaß dar. Für die operative Schiffsführung in der Seewache ist eine solche Kenngröße nicht anwendbar. Hier erscheint die Anwendung des Kriteriums „Höhe der Gefahr“ als quantifizierbare Kenngröße für die Beschreibung des aktuellen Zustandes und als Hintergrund für daraus abgeleitete Entscheidungen und Handlungen des Nautikers sinnvoller.

Zuverlässigkeit ist die Fähigkeit einer Betrachtungseinheit, innerhalb der vorgegebenen Grenzen denjenigen, durch den Verwendungszweck bedingten Anforderungen zu genügen, die an das Verhalten ihrer Eigenschaften während einer gegebenen Zeitdauer gestellt sind.

Zuverlässigkeit von Maschinen : (DIN EN 292-1, DIN EN 1070) ist die Fähigkeit einer technischen Einheit (z.B. Radargerät), die geforderte Funktion unter spezifischen Bedingungen in einem vorgegebenen Zeitraum fehlerfrei auszuführen.

Menschliche Zuverlässigkeit : (VDI 4006, 1999) ist die Fähigkeit eines Menschen (hier des Nautikers) die partiellen Aufgaben des Schiffsführungsprozesses unter den vorhandenen externen und internen Bedingungen in einem geplanten Zeitintervall (z.B. Seereise, Seewache) im Bereich „guter Seemannschaft“ auszuführen. Unter „guter Seemannschaft“ sollen quantifizierbare Kriterien verstanden werden, die die Höhe der noch zu akzeptierenden Gefahr für die Erfüllung der angestrebten Qualität von Wirtschaftlich und Sicherheit zum Ausdruck bringen.

Zuverlässigkeit eines **Mensch-Maschine-Systems** ist die Fähigkeit zur Erhaltung verlangter Qualitäten unter den Bedingungen einer möglichen Komplizierung der Situation bzw. die Stetigkeit optimaler Arbeitsparameter des Individuums.

„... ist häufig festzustellen, dass bei höherer technischer Sicherheit der Mensch ein größeres persönliches Risiko beim Umgang mit dieser Technik in Kauf nimmt, eben, weil er den zusätzlichen technischen Unterstützungsfunktionen vertraut ! Das

Risikopotential eines Mensch-Maschine-Systems wird durch zusätzliche technische Sicherheitskomponenten nicht zwangsläufig verringert....“ / 1 /

„ ... wird für die Gestaltung von Mensch-Maschine-Systemen die „menschliche Zuverlässigkeit“ als Bewertungsdimension für eine zu erreichende Handlungsgüte aufgefasst. Diese wird als „Handlungszuverlässigkeit“ bezeichnet. ... / 1 /

Handlungszuverlässigkeit

„ meint ... ein Verhalten, welches vorab festgelegte Toleranzgrenzen einhält, und zwar über definierte Zeiträume und unter definierten Bedingungen. / 1 /

Fehler, nach DIN 40041 definiert als „Nichterfüllung einer Forderung“, sind Abweichungen von diesen geforderten Verhaltensweisen. Mit dieser Beziehung zwischen Handlungszuverlässigkeit und Fehler wird die Kategorie ‚Fehler‘ als Basiskategorie zur Analyse der Handlungszuverlässigkeit erklärt.

Verlässlichkeit ist ein qualitativer Begriff („dependability“) zur Charakterisierung der anforderungsgerechten Zielerreichung eines Mensch-Maschine-Systems in seiner Gesamtheit (Zusammenwirken aller beteiligten Systeme : Individuen, Gruppen, Organisationen, Organisationsumwelt und Technik) (vergl. TIMPE / 1 / und / 2 /) .

Verlässlichkeit ist die Erreichung der gesetzten qualitativen Kriterien für Wirtschaftlichkeit und Sicherheit durch das Mensch-Maschine-Umwelt-System „Schiffsführung“ in seiner Gesamtheit. Dabei ist die Erreichung des Zieles nicht von dem einen oder anderen Systembestandteil (z.B. integriertes Navigationssystem oder Nautiker) abhängig, sondern vom aufgabenorientierten Zusammenwirken aller Systemkomponenten.

Mensch-Maschine-System

Rückgekoppeltes System, in dem Menschen entsprechend ihrer organisatorischen Einbindung, ihrer Aufgabe und Zielstellung sowie der Rückmeldungen über Prozesszustand und Umwelt Entscheidungen treffen und das technische System steuern.

Stabilität ist die Eigenschaft oder der Zustand eines dynamischen Systems, gegenüber einer Störung oder einer Klasse von Störungen sein Gleichgewicht zu wahren oder die Störung in einer Weise zu bewältigen, dass es selbständig in den Zustand seines Gleichgewichts zurückkehrt.

Unter **Komplexität** wird das Zusammenwirken unterschiedlicher Systemelemente der Schiffsführung verstanden, während die **Dynamik** die Häufigkeit der Zustandsänderungen in einer Zeiteinheit zum Ausdruck bringt.

Die **Schiffsführung** ist ihrem Wesen nach eine wirtschaftszweiggebundene (Seetransport), **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 (Zustandsänderungen) erforderlich sind. Sie ist damit wirtschaftlichen, rechtlichen, sozialen, sicherheitsspezifischen und umweltbezogenen Zielen und

Bedingungen untergeordnet und deshalb auch in der Lage, die Qualität des Seetransportes sowie die Gestaltung von Schiffsführungstechnik zu verbessern. Die größte Schwäche aktuell existierender Schiffsführungssysteme besteht in der ausschließlich kognitiv-funktionellen Kopplung zwischen der Darstellungs- und Anzeigeebene und der Entscheidungs- und Handlungsebene. Das macht sie anfällig gegenüber Störungen und gibt wenig Freiraum für die Gestaltung der Stabilität bzw. Qualität der Steuerungsprozesse.

3. Struktur, Prozesse, Aufgaben

Schiffsführung ist in eine **Systemhierarchie** einzuordnen, in der ihre Aufgaben zu erfüllen hat. (s. Abb. 1). :

- EBENE 0** : „Sensorebene“ – hier sind alle technischen Systeme für die Messung mathematisch - physikalischer interner und externer Zustandsgrößen des Schiffsbetriebes sowie für den Empfang oder die Eingabe anderer direkter Prozessdaten eingeordnet.
- EBENE 1** : „Darstellungs- und Anzeigeebene“ – in dieser Ebene werden die Daten der Sensorebene aufbereitet und je nach Verwendungszweck den Teilprozessen Schiffsführung und Schiffsmaschinenbetrieb bzw. beiden zugeordnet. Die Ebene zeichnet sich durch eine Vielzahl von Displays unterschiedlicher Inhalte und lokaler Anordnung aus. In der Regel stellt sich hier die Schnittstelle zwischen Nautiker und Prozess dar. Der Zugang zu Prozessdaten erfolgt über Bedieneinheiten und Menüs unterschiedlicher Beschaffenheit. Ebene 1 liefert gegenwärtig die technische und funktionelle Basis für die Situationserkennung, die interne Modellbildung und die Entscheidungsfindung.
- EBENE 2** : „Entscheidungs- und Handlungsebene“ – in dieser Ebene werden die über Ebene 1 angebotenen, erlangten, aufgenommenen und verarbeitenden Informationen mental zu einem Abbild der aktuellen Situation zusammengefügt, dieses wird mit einem „Sollzustand“ verglichen und aus den Differenzen Handlungen zur Gewährleistung bzw. Herstellung der geplanten Qualität des Schiffsführungsprozesses abgeleitet und durchgeführt.
- EBENE 3** : „Rückkopplungs- oder Schiffsbetriebsebene“ – die Handlungen in der Ebene 2 wirken sich auf den Zustand des gesamten Schiffsbetriebsprozesses aus. Unter Schiffsbetrieb wird die Zusammenfassung von Schiffsführung und Schiffsmaschinenbetrieb verstanden. Die operative Zusammenarbeit mit der organisationellen Ebene erfolgt über Kommunikationseinrichtungen.

EBENE 4 : „Organisationelle Ebene“ - diese Ebene umfasst Reederei, Flotte, Verwaltungen u.ä. und ist für die externe Planung und Gestaltung der Bedingungen und des Betriebes eines Schiffes bei der Durchführung des Transportauftrages zuständig.

Die Ebenen 0 und 1 sind selbst vorwiegend technischer Natur; die Verbindungen zwischen ihnen haben fast ausschließlich physikalisch-technischen und funktionellen Charakter. Sie können und werden durch umfangreiche Regelungen und Verfahrensvorschriften hinsichtlich ihrer internen Eigenschaften und äußerlichen Gestaltung abgesichert bzw. standardisiert.

Auf der Grundlage der Entwicklung immer umfangreicherer mess- und rechentechnischer Möglichkeiten haben die Darstellungsvarianten für Daten und Informationen eine kritische Grenze erreicht. Der Schiffsführungsprozess erscheint, obwohl in den Grundelementen gleichgeblieben, immer komplexer und komplizierter. Diese den Menschen belastende Erscheinungsbild muss durch die neue Definition von Anforderungen an ein ISSOS verhindert werden.

Die rein technik- und funktionalzentrierte Entwicklung hat sich stark auf die Qualität der Ebene 2 ausgewirkt, in der aber die Probleme erkannt und Lösungen gefunden werden müssen. Ursächlich dafür ist der Charakter der Verbindung zwischen der Ebene 1 und der Ebene 2. Die hier fehlenden technischen und funktionellen Verbindungen müssen durch kognitiv geprägte Strukturen ersetzt werden.

Das stößt auf die bekannten und objektiv gegebenen Leistungsgrenzen des Menschen in der Informationsverarbeitung und führt nicht zuletzt zu Handlungsfehlern und dem oft beklagten „human error“. Abhilfe muss genau an dieser Stelle einsetzen : Unterstützungs- bzw. Assistenzsysteme für die Zustandsdiagnose als eine Grundlage der Entscheidungsfindung.

In der Ebene 3 schlagen sich Erfolg und Misserfolg der Entscheidungen und Handlungen nieder. Die Rückkopplung erfolgt wiederum über die Sensorebene. Ebene 3 ist durch Kommunikationssysteme mit den organisationellen Einrichtungen der Ebene 4 verbunden und erhält von dort entsprechende zielorientierte Aufgaben.

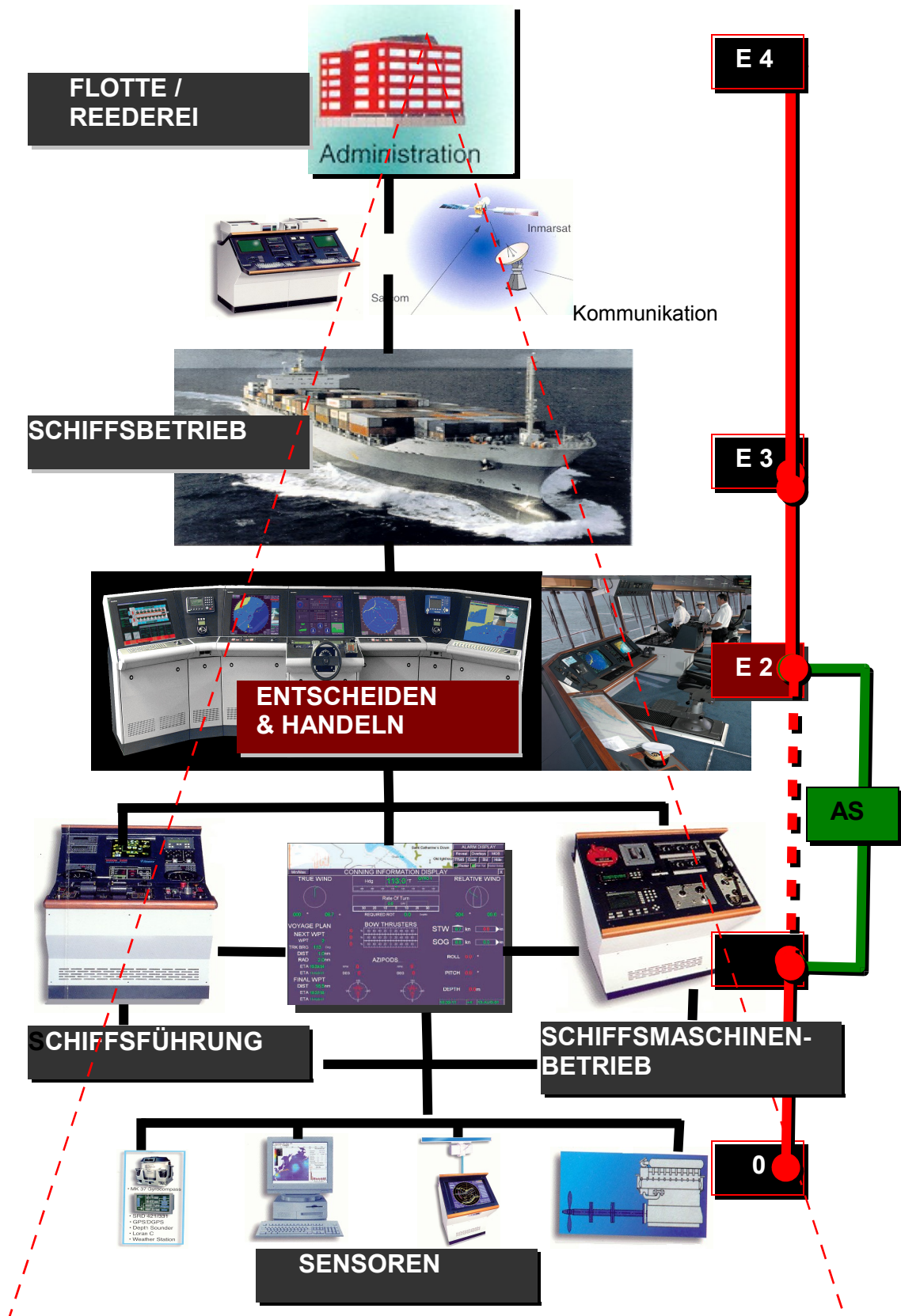


Abb. 1 Systemhierarchie SCHIFFSFÜHRUNG mit „Bypass“ für Assistenz-Systeme (AS)

Die Schiffsführung untergliedert sich in verschiedene **partielle Prozesse**, in denen Aufgaben erfüllt werden müssen (Abb. 2) :

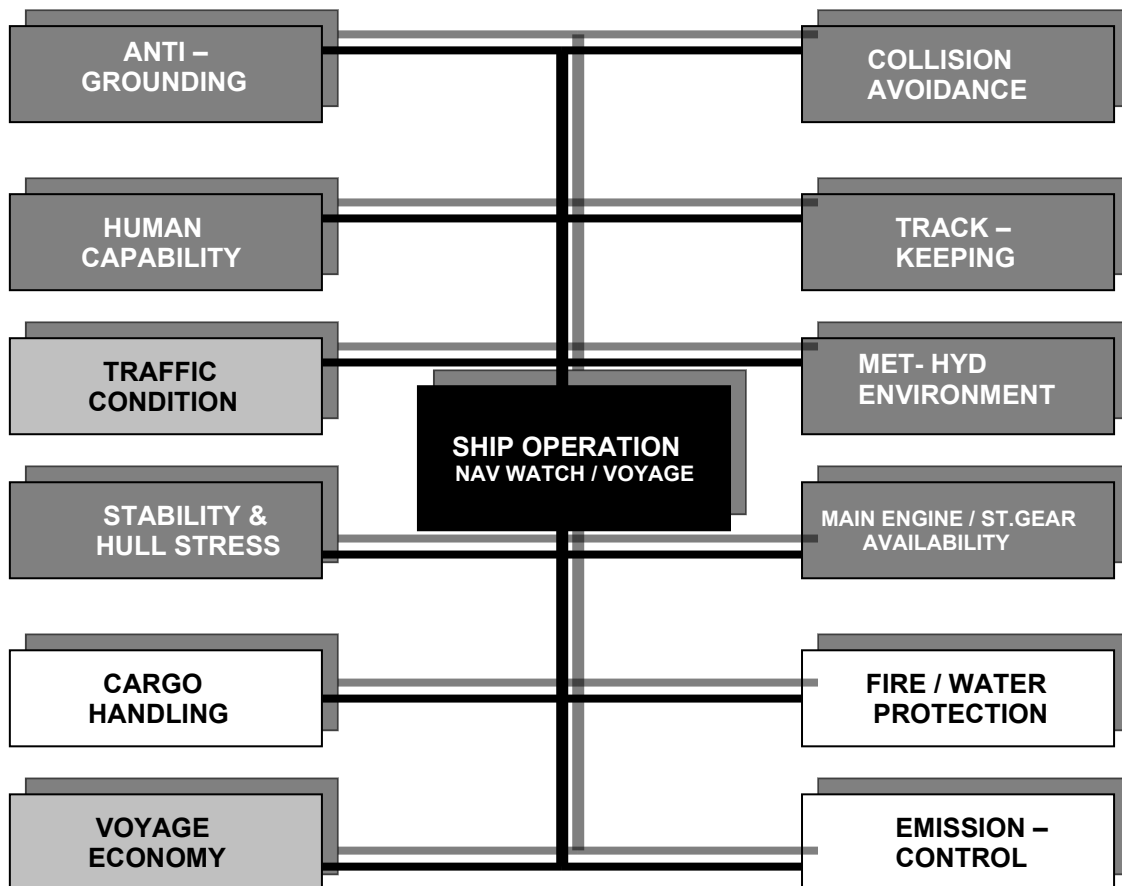


Abb. 2 Partielle Prozesse der Schiffsführung

Die **Aufgabenstellungen** in den partiellen Prozessen und die damit in Verbindung stehenden wesentlichen Fragen in der Ebene 2 „*Handlungs- und Entscheidungsebene*“ lauten :

ANTI – GROUNDING

: Grundberührungen vermeiden und Geschwindigkeit den natürlichen geografischen Bedingungen anpassen

Habe ich genügend Manöverraum, um ausweichen zu können ?
Welche Manövriereigenschaften hat mein Schiff ?

Wie groß ist der Manöverraum, in dem ich mich gerade befinde ?
Mit welcher Geschwindigkeit kann ich laufen, um notfalls rechtzeitig zu stoppen oder kann ich einem Objekt noch ausweichen?

Reicht die Wassertiefe unter Berücksichtigung der gerade gelaufenen Geschwindigkeit, der Grundbeschaffenheit, der Wellenhöhe und des Krängungswinkels aus, um noch sicher manövrieren zu können ?
Wie groß sollte meine Geschwindigkeit höchstens sein ?

Wieviel Bodenfreiheit habe ich eigentlich noch ? Halte ich die Vorgaben ein ?
Ist mein Schiff tiefer getaucht ?

COLLISION AVOIDANCE : Andere Fahrzeuge / Objekte in sicherem Abstand passieren

Wann werde ich ein ausgewähltes Ziel in welchem Abstand passieren und wie weit ist es jetzt noch entfernt ?

Besteht gegenwärtig eine Kollisionsgefahr und wie groß wird sie sein, wenn ich das Ziel passiere ?

Sehe ich das Ziel optisch oder habe ich es mit verminderter Sicht zu tun ?

Befindet sich ein Ziel im Nahbereich ?
Wie groß ist jetzt überhaupt mein Nahbereich ?

Bin ich ausweichpflichtig oder das Ziel und welches Manöver muss ich wann einleiten, falls ich ausweichen muss ?

HUMAN CAPABILITY : Menschliche Leistungseigenschaften und –besonderheiten in der Seewache einkalkulieren

Verfüge ich gegenwärtig über die erforderlichen Leistungsvoraussetzungen, um die sichere und wirtschaftliche Schiffsführung zu garantieren ?

Wie wirken sich Länge der Wachzeit und Tageszeit auf das Situationsbewußtsein und die Abschätzung von Situationen aus ?

Ist die Brücke unter den gegebenen Bedingungen richtig besetzt ?

TRACK KEEPING : Operative Bahnbreite einplanen und einhalten

Welche Bahnbreite benötige ich bzw. kann ich tolerieren, wenn ich unter den verschiedenen Betriebszuständen und bei Vorgabe einer „safety contour“ fahre ?

Kann ich die gegenwärtige Bahnabweichung hinsichtlich des erforderlichen und geplanten Tracklimits noch akzeptieren ?

Welche räumliche Differenz zwischen vorhandenem und augenblicklich benötigtem Manöverraum (geschwindigkeitsabhängig) ist vorhanden ?
Laufe ich unter den gegebenen Bedingungen mit der richtigen Geschwindigkeit ?

Welche Wassertiefe unter dem Kiel habe ich gerade ?

TRAFFIC CONDITION : Verkehrsbedingungen im Seegebiet berücksichtigen

Welche Verkehrsbedingungen sind gegenwärtig in einem bestimmten Umkreis um mein Schiff vorhanden und in welcher Weise beanspruchen sie mich ?

Wie hoch ist die Verkehrsdichte ? Laufen die Schiffe mehr parallel oder habe ich es in der Mehrzahl mit kurskreuzenden Fahrzeugen zu tun ?

Befindet sich gegenwärtig ein „gefährliches“ Schiff in der Nähe oder muss ich mit einer „engen“ Begegnung rechnen ?

MET- HYD ENVIRONMENT : Natürliche met.-hydrologische Umweltbedingungen bei Kurs- und Fahrtgestaltung berücksichtigen

Mit welchen Einflüssen auf Kurs und Fahrt durch Wind und Strom muss ich rechnen ? Wie groß sind die Driftwinkel durch Wind und Strom ?

Ist die gegenwärtige Wellenhöhe für mich gefährlich und welchen Rollwinkel kann ich noch akzeptieren ?

Auf welchen Kursen und bei welchen Geschwindigkeiten treten Resonanzen auf ? Welche Verhältnisse bestehen augenblicklich bezüglich der Resonanzkriterien ? Muss ich mit parametrischem Rollen rechnen ?

STABILITY & HULL STRESS : Beanspruchung des Schiffskörpers und Stabilitätseigenschaften beachten

In welchem Verhältnis stehen die berechneten Stabilitätskenngrößen zu den dynamischen Zustandsänderungen des Schiffes (Rollen, Stampfen) ?

Welche Maßnahmen sind geeignet, die Stabilität zu verbessern ?

Wie hoch ist die Längs-, Quer- und Torsionsbeanspruchung des Schiffskörpers im Seegang ?

Mit welchen Maßnahmen kann die Beanspruchung des Schiffskörpers im Seegang verändert werden ?

AVAILABILITY MAIN ENGINE & STEERING GEAR : Technischen Zustand / Verfügbarkeit von Hauptmaschine und Ruderanlage berücksichtigen

Sind Ruderanlage und Hauptmaschine in einem technisch einwandfreien Zustand und unter allen Einsatzbedingungen verfügbar ?

Wie wirkt sich der Zustand einzelner technischer Parameter auf die Verfügbarkeit aus ?

Mit welchen Wirkungen auf die partiellen Prozesse Kollisionsverhütung, Bahnführung und Umwelt muss ich rechnen, wenn die technischen Anlagen nicht oder eingeschränkt betriebsbereit sind ?

CARGO HANDLING : Schutz der Ladung (Qualität) garantieren

Gibt es Anzeichen für die Unverträglichkeit der Ladung ?

Ist die Ladung seefest gestaut und gelascht ?

Wie ist der Zustand überwachungspflichtiger Ladungseinheiten (z.B. Temperatur) ?

FIRE & WATER PROTECTION : Brandschutz einhalten, kontrollieren und Wassereinbruch verhindern

Gibt es Anzeichen für eine Brandgefahr ? Welche Messwerte zeigen die Rauch- und Feuerüberwachungsanlagen ?

Wie ist der Verschlusszustand der Schottenschließanlage ?

Gibt es Hinweise für Leckagen ?

VOYAGE ECONOMY : Wirtschaftliche Aufgabenstellung der Reise erfüllen (Geschwindigkeit, Zeit, Kosten)

Welche Distanz habe ich noch bis zum Bestimmungsort zurückzulegen und welche Zeit bleibt mir, um das geplante ETA einzuhalten ?

Kann ich die geplanten Reiseparameter mit der augenblicklichen Geschwindigkeit erfüllen und wenn nicht welche Geschwindigkeit müsste oder könnte ich laufen ?

Wie hoch ist mein Treibstoffverbrauch ? Laufe ich die geplante wirtschaftliche Geschwindigkeit ?

Welche Kosten habe ich bisher verbraucht und wie sehen die Kosten bei Ankunft am Bestimmungsort aus ?

EMISSION CONTROL : Emissionsgrenzen technischer Anlagen und im Schiffsbetrieb einhalten

Wie lauten die Verhältnisse der aktuellen Emissionen zu den Grenzwerten laut „emission control area“ bei

Stickoxid
Kohlenmonoxid
Kohlenwasserstoff
Schwefeldioxid
Kohlendioxid ?

Wie groß sind lastabhängige und lastunabhängige Emissionsgefahr ?

4. Verlässlichkeit

Alle Fragen müssen stets unter dem Aspekt der VERLÄSSLICHKEIT (dependability) beantwortet werden, d.h. unter umgebungs- und funktionsbedingten Beanspruchungen, unter Berücksichtigung der technischen Charakteristika der Arbeitsmittel, der psychischen und physischen Einflussfaktoren auf die menschliche Arbeitskraft sowie ihrer organisatorischen Einbindung muss während einer

vorgegebenen Zeitdauer und in einem vorgegebenen Raum die gestellte Transportaufgabe (mit den verlangten Qualitäten : Wirtschaftlichkeit und Sicherheit) erfüllt werden !

Während man den Begriff „Zuverlässigkeit“ definieren und berechnen kann, ist der Begriff „**Verlässlichkeit**“ (dependability) zur Beschreibung eines komplexen Systemzustandes schwer zu operationalisieren.

Zum **System „Schiffsführung“ in seiner Gesamtheit** 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. Der Begriff „Verlässlichkeit“ beschreibt eben dieses sinnvolle, ganzheitliche und zielgerichtete Zusammenwirken aller Subsysteme mit den anforderungs- und aufgabenspezifischen und variablen Qualitätsmerkmalen „Sicherheit“ und „Wirtschaftlichkeit“.

Elemente der Verlässlichkeit (vergl. / 2 /) und damit eines ISSOS in seiner Gesamtheit bilden :

- die Funktionalität
- die Autorität des Menschen
- die Kompetenz und
- Lernprozesse des Menschen.

Funktionalität :

Das System „Schiffsführung“ und alle seine Subsysteme sind in der Lage, den vorgesehen Verwendungszweck zu erfüllen. In diese Funktionalität sind die Zuverlässigkeit und Beherrschbarkeit der technischen Systeme eingeschlossen.

Autorität des Menschen :

Der Charakter des Schiffsführungsprozesses schließt ein, dass der Nautiker unvorhersehbare, oft zufällig aufeinandertreffende Ereignisse erkennen und bisher unbekannt Situationen, für die es noch keine verfahrenstechnisch vorgesehenen Abläufe gibt, beherrschen kann. Das Schiffsführungssystem kann nicht jede mögliche Verkettung erkennen und situativ bewerten. Dafür behält der Nautiker die Verantwortung und Autorität (s.a. Problematik der latenten und aktiven Fehler). Unvorhersehbare Situationen erfordern in besonderer Weise eine flexible, anforderungs- und aufgabenbezogene, problemorientierte und –lösende Verarbeitung des Wissens. Sind diese Eigenschaften vorhanden, kommt es seltener zu einer mangelhaften „situation awareness“.

Kompetenz des Menschen : Seine Stellung und Verantwortung, seine Autorität, in der Schiffsführung kann der Nautiker nur ausfüllen, wenn er über die erforderliche Kompetenz verfügt, die in der Regel in seiner Qualifikation zum Ausdruck gebracht wird. Es wird zwischen der epistischen und der heuristischen Kompetenz unterschieden. Während erstere auf dem Wissen basiert, das zur Lösung spezifischer

Aufgaben benötigt wird (z.B. Auswertung der Radaranzeigen, Kenntnis der Kollisionsverhütungsregeln und der Manövriereigenschaften), bezieht sich die heuristische Kompetenz auf Methoden zur Erschließung neuen Wissens für die Bewältigung bisher unbekannter Situationen (Manövrieren unter bisher nicht erlebten äußeren Bedingungen oder einer bisher unbekannt Kombination von Bedingungen). Kompetenz wird in der Ausbildung, im Training und in der Praxis erworben.

Lernprozesse des Menschen : Die in der praktischen Schiffsführung gemachten, bemerkten und „erlebten“ Fehler haben den größten Lerneffekt. Nach dem bisherigen Verständnis von Handlungsfehlern (die im allgemeinen mit dem Eintritt unerwünschter Ereignisse verbunden werden), widerspricht es allerdings den Vorstellungen der Hersteller, der Reeder, der Versicherungsgesellschaften und wohl auch der Nautiker in der Seewache, Handlungsfehler als Quelle neuer Erkenntnisse zuzulassen. Gerade das Gegenteil wird angestrebt. Neues Wissen und neue Erfahrungen können aber nur gewonnen werden, wenn Widersprüche zwischen den Handlungen des Nautikers und den Situationen auftreten.

In Bezug auf die Verlässlichkeit des Schiffsführungssystems in seiner Gesamtheit muss seine Fehlerfreundlichkeit ein Bestandteil der Gestaltung sein. Es kommt also in erster Linie nicht darauf an, Fehler gänzlich zu vermeiden, sondern ihre negativen Wirkungen zu verhindern.

Diese Forderung stellt an die **Rückkopplungseigenschaften** eines Systems hohe Ansprüche. Unterstützungssysteme mit nahezu online-fähiger Bewertung der Wirkungen von Handlungen des Nautikers erscheinen hier als eine wertvolle Hilfe und müssen zum Bestandteil integrierter Systeme werden.

Gelingt es außerdem, für die Bewertung der Kompetenz des Nautikers nachvollziehbare Gefahrenkriterien zu definieren, diese aufzuzeichnen und als Vergleichsbasis bei „Falldiskussionen“ für eine „**fehlerbewußte Prozesssteuerung**“ einzusetzen, kann die Verlässlichkeit des Systems weiter verbessert werden. Das gilt sowohl für den unmittelbaren taktischen Zeitabschnitt der Seereise als auch für die strategische Prozessplanung und natürlich auch für die Gestaltung von komplexen Aufgabenstellungen im Simulatorbetrieb für Ausbildung und Training.

4. Betriebszustände

Jeder Zustand des Schiffsführungsprozesses zeichnet sich durch charakteristische Merkmale aus.

Diese Merkmale sind sowohl für die Reiseplanung als auch für die operationelle Durchführung von Reiseabschnitten / Seewachen zu beachten, da sie den Einsatz personeller, technischer und organisationaler Mittel bestimmen.

Man unterscheidet folgende Betriebszustände :

OPEN SEA
COASTAL AREA
TRAFFIC SEPARATION SCHEME

APPROACHING FAIRWAY AT ANCHOR

OPEN SEA

Merkmale : Vereinzelt Begegnungssituationen aus allen Richtungen, große Passierabstände, großer verfügbarer Manöverraum nach allen Seiten, unbegrenzte Geschwindigkeit, viel Zeit für Entscheidungen, großer Handlungsspielraum, zeitweilige Bahnabweichungen aus nautischer Sicht unkritisch.

COASTAL AREA

Merkmale : Häufige Begegnungssituationen in der Regel parallel zur Küste, aber auch querlaufender Verkehr (Fischer, Segler, kleine Berufsfahrzeuge), kleinere Passierabstände als auf offener See, Manöverraum mindestens zu einer Seite (Landseite) begrenzt, Geschwindigkeit bei ausreichender Wassertiefe unbegrenzt, häufige Bahnkontrolle erforderlich, mittelgroße Entscheidungszeit, Handlungsspielraum eingeschränkt.

TRAFFIC SEPARATION SCHEME

Merkmale : Häufige Begegnungssituationen (meistens parallel mit kleinen Passierabständen und großen Passierzeiten) als Überholer oder überholtes Fahrzeug, querlaufender Verkehr an Ballungspunkten mit „engen“ Begegnungen, Manöverraum ausreichend aber bei langen Passierzeiten vorausschauend zu beachten, Geschwindigkeit bei ausreichender Wassertiefe unbegrenzt, Ortungsintervalle und Bahnkontrolle von der Breite und Besonderheit der Verkehrswege abhängig, kleine Entscheidungszeiten bei Querverkehr, große Entscheidungszeiten mit Handlungsänderungen bei Parallelverkehr, Handlungsspielraum eingeschränkt; „ungeordnete“ Verkehrslage an Anfangs- und Endpunkten.

APPROACHING

Merkmale : Begegnungssituationen aus allen Richtungen mit unterschiedlichen KVR-Status-Fahrzeugen, dichte Passierabstände, stark eingeschränkter Manöverraum, in der Regel reduzierte Geschwindigkeit, ständig wechselnde Situationen und Entscheidungshintergründe, genaue Bahnplanung erforderlich, kontinuierliche Bahnkontrolle bei Annäherung, operative Anpassung der Bahnführung an die lokal vorgefundene Situation, Entscheidungszeit und Handlungsspielraum klein, Umwelteinflüsse (Strom, Wind) und Manövriereigenschaften / -verhalten sicherheitsrelevant, Konzentration der Aufmerksamkeit auf seriell und zeitlich stark komprimiert ablaufende Prozesse.

FAIRWAY

Merkmale : Begegnungssituationen meistens parallel mit unterschiedlichen KVR-Status-Fahrzeugen, dichte Passierabstände, insbesondere nach den Seiten stark eingeschränkter Manöverraum, genaue und ständige Überwachung der Bahn erforderlich, in der Regel reduzierte Geschwindigkeit, ständig wechselnde Situationen und Entscheidungshintergründe,

Entscheidungszeit und Handlungsspielraum sehr klein, Umwelteinflüsse (Strom, Wind) und Manövrier-eigenschaften / -verhalten sicherheitsrelevant, Konzentration der Aufmerksamkeit in der Regel auf das unmittelbar bevorstehende Problem.

Manövrieren des Fahrzeuges im Hafen unter Beachtung der lokalen Besonderheiten (Manöverraum, Wassertiefe, verkehrsregulierende Maßnahmen) und der meteorologisch-hydrologischen Einwirkungen, Entscheidungszeit und Handlungsspielraum außerordentlich klein, in der Regel aus dem Effekt „Wirkung – Gegenwirkung“ abgeleitete Handlungsfolge, volle Konzentration auf die Lösung eines Problems, verteilte Aufmerksamkeit sehr schwierig.

AT ANCHOR

Merkmale : Bei Annäherung häufig sehr kleine Passierabstände und in der Regel ausschließlich eigene Handlungspflicht, geringe Geschwindigkeit, eingeschränkter Manöverraum durch geografische oder künstliche Grenzen, Suche eines möglichst ungestörten Ankerplatzes unter Beachtung der lokalen Besonderheiten (Wassertiefe, Grundbeschaffenheit, Seeraum), Konzentration vorrangig auf das Manövrieren des Fahrzeuges, Entscheidungszeit und Handlungsspielraum wegen der geringen Fahrtgeschwindigkeit genügend groß; beim Liegen vor Anker in der Regel vorrangige Kontrolle des Ankerortes und der Annäherung von anderen Fahrzeugen oder an andere Fahrzeuge / Objekte.

5. Bedeutungsaspekt von Informationen in ISSOS und Komplexität

Der **Konflikt** zeigt sich : während bisher fast ausschließlich die numerischen Aussagen der Primärinformationen verbessert / präzisiert wurden, ist der **Bedeutungsaspekt der Informationen** gegenwärtig ausschließlich durch kognitive Leistungen des Menschen zu befriedigen.

Das aber kostet Zeit und ist bei mehreren Zielen mit unterschiedlich variierten und kombinierten Parametern eine fast unlösbare Aufgabe

Ein wesentlicher qualitativer Zuwachs eines integrierten Schiffsführungssystems gegenüber der physikalischen und funktionellen Integration kann dadurch geschaffen werden, dass neben der Anzeige von Messdaten und Alarmzustandswerten der Informationsverarbeitungsprozess auf die Erkennung der **Bedeutung** der Daten bis hin zu ihrer **Bewertung** ausgedehnt und als Entscheidungsgrundlage für die Planung, Gestaltung, Überwachung, Kontrolle und Steuerung erweitert wird. Das schließt die Übernahme von Zustandsmeldungen über die Verletzung von qualitativen Prozesskennwerten als **Alarmmeldung** unterschiedlicher Graduierung in die Diagnose ein.

Technische Einzelsysteme werden bisher **funktionell** integriert. Was bedeutet das ? Es ist der (geglückte) Versuch des Herstellers, die Vielfalt, eben die Komplexität des Schiffsführungsprozesses mittels integrativer technischer (funktioneller) Lösungen abzubilden.

Damit aber kann das für den Nautiker, den Operateur eines Risikosystems, bestehende Ziel : „*Wir müssen die Komplexität zurückfahren*“ nicht erreicht werden.

Im Gegenteil : der zu steuernde Prozess erscheint durch die Vielzahl angebotener Daten und Systeme als noch viel undurchsichtiger, verflochtener, zufälliger, kurz : immer weniger beherrschbar.

Der Mensch verzweifelt an der Informationsflut, konzentriert sich auf die Dinge, die er eben gerade noch versteht, übersieht andere, viel wichtigere Signale, macht Fehler und wird schließlich mit dem Vorwurf eines „Fehlverhaltens“ bestraft.

Durch bessere ergonomische Lösungen, durch noch präzisere Messtechnik, bessere Verfahren und grafischen Darstellungen, auch durch bessere Ausbildung ist das Problem nicht zu lösen, sondern nur zeitweise (bis zum nächsten Unfall mit „menschlichem Versagen“) zu unterdrücken.

Ein Nautiker muss wissen :

1. Ist diese Situation gefährlich oder nicht und wodurch ist sie begründet ?
2. Welche (Neben)-Wirkungen hat sie ?
3. Was kann ich tun, um sie zu bereinigen ?
4. Was geschieht, wenn ich dieses oder jenes mache oder unterlasse?

Die gegenwärtigen Systeme geben dafür keine Antworten. Der Nautiker muss nach wie vor 4 – 12 Stunden lang und mehr mit gleichbleibender Qualität immer wieder Hunderte, ja Tausende von Signalen in außerordentlich kurzen Zeitabständen aufnehmen, verarbeiten und in Entscheidungen umsetzen ! Eine erfolgversprechende Lösung wird ein intelligentes Konzept zwischen den Ebenen 1 und 2 der Schiffsführung sein. Diese Verbindung muss in Zukunft durch den Einsatz von Unterstützungs- bzw. Assistenzsysteme für die Zustandsdiagnose gestärkt werden.

Es scheint so, dass sich der in den letzten 20 Jahren betriebene finanzielle und personelle Aufwand für die Forschung und Entwicklung, an deren Ende heute die „*nicht mehr beherrschbaren komplexen Systeme*“ stehen, zu einer Falle entwickelt hat, aus der man nur sehr mühsam entkommen kann.

Ist die Komplexität zu einem Hemmschuh, vielleicht zu einem Feind der Sicherheit geworden ?

Auf der einen Seite stehen wir vor den technischen Möglichkeiten der außerordentlich schnellen und präzisen Prozessdatenerzeugung, auf der anderen Seite verlangen gerade Risikosysteme einfache Mittel zur Prozessbeherrschung.

Es ist paradox : Das „Einfache“ hat sich durch unser Tun zum „Komplexen“ gewandelt. Was wir nicht wollten, ist eingetreten : Systeme werden immer schwerer bedienbar, Prozesse immer weniger durchschaubar, Überwachungs-, Kontroll- und Steuerungstätigkeiten immer belastender und Folgen von Fehlhandlungen immer umfangreicher.

Zum Beispiel ist aus den einfachen Verfahren zur Schiffsortsbestimmung die moderne automatische Bahnführung geworden. Die optische Prüfung einer „stehenden Peilung“ wurde durch ARPA-Systeme ersetzt.

Allein mit diesen beiden technischen Entwicklungen haben sich die zeitliche Verarbeitungsgeschwindigkeit von Informationen und ihre Anwendungsvielfalt außerordentlich erhöht. Diese **Temporalisierung** bedeutet gleichzeitig Zunahme der Komplexität, die wiederum nur mit neuen Techniken zu beherrschen ist.

Die Resultate sind „Informationsflut“, „menschliches Versagen“ und andere systemimmanente negative Wirkungen auf die Sicherheit. Für die Beherrschung eines komplexen System ist es notwendig, bei jeder Entscheidung über eine Einzellösung stets ihre Wechselwirkung zu anderen Prozessbereichen zu beachten, besser noch, sie vorausschauend für die Art und den Zeitpunkt ihrer Realisierung zu berücksichtigen.

Komplexe Prozesse sind durch die Menge der Informationen, die ein Mensch in einer bestimmten Zeiteinheit erhält und durch den proportionalen Anteil von Erfolgs- und Misserfolgsmeldungen geprägt. Komplex denkende Personen suchen stärker nach Informationen, wenn die bisher erhaltenen Informationen nicht mit ihren inneren Einstellungen übereinstimmen.

Zunehmende Prozesskomplexität muss (durch technische Maßnahmen, Expertensysteme, Diagnose, Störungsanalyse) zu abnehmender Informationssuche führen.

Ursprünglich hatten die Entwickler die Absicht, das „Einfache“, das „Elementare“, das „Unzerstörbare“, das „elementar Notwendige“ eben nur besser darzustellen und in der Regel mathematisch zu beschreiben.

Die Möglichkeiten der Rechentechnik führten schnell zu einer unkontrollierten Ansammlung dieses „Einfachen“, so dass allein daraus die Zunahme der Komplexität erwuchs.

Die Komplexität „explodierte“, der Prozess selbst, das Führen eines Schiffes über See, veränderte seinen Charakter kaum.

Nunmehr stehen wir vor der Tatsache, dass wir mit höchstem technischen Aufwand einen fast unveränderten Prozess beschreiben und wundern uns darüber, dass der Mensch unfähig ist, mit der hochkomplexen Technik vernünftig umzugehen. Er macht Fehler und wir bestrafen ihn dafür !

Haben wir die Systeme richtig dimensioniert ?

Für den Entwurf entscheidungsunterstützender Systeme sind Einfachheit und Robustheit wichtige Anforderungen. Auch sehr komplizierte Programme bestehen nur aus einfachen Anweisungen.

Die hohe Dynamik des Schiffsführungsprozesses, seine Zeitbezogenheit und seine Zufälligkeit sowie schnelle Prozesszustandsänderungen weisen auf die Notwendigkeit schneller Reaktionszeiten hin.

Eine Lösung des Komplexitätsproblems wird nicht dadurch erreicht, dass man die Komplexität verdrängt. Mit der Verdrängung werden auch Lösungen zu ihrer Beherrschung verdrängt. Es ist also offenkundig falsch, die „Komplexität zurückzufahren“, d.h. sie zu reduzieren; man muss vielmehr Verfahren für das „**Komplexitätsmanagement**“ entwickeln.

Ohnehin kann man den zu beherrschenden Schiffsführungsprozess nicht nach eigenen, subjektiven Vorstellungen verändern. Er ist durch Gesetze und Gesetzmäßigkeiten gekennzeichnet, die unabhängig vom menschlichen Willen existieren und ablaufen. Veränderbar sind nur Verfahren zur Beschreibung und Gestaltung des Prozesses.

Insofern kann sich die Forderung nach Einfachheit nur auf diese Verfahren beziehen. Gelingt es, derartige Verfahren zu entwickeln, steigt damit zugleich die **Problemlösungskompetenz** – ein Vorteil gegenüber anderen Mitwettbewerbern.

In der Umsetzung dieser Erkenntnisse bedeutet das, die Kompetenz in kleinen, gut strukturierten und damit überschaubaren Systemelementen / Prozessbestandteilen zu erhöhen, sie kommunikationsfähig zu machen (ihnen ein Mittel zur Verständigung „in die Hand“ zu geben) und sie verantwortlich für das Ergebnis sowie seine Verwendung in anderen Teilbereichen (kooperationsfähig) zu machen.

Mit derartigen Lösungen können selbst komplexe Systeme sicher beherrscht werden. Sie schließen eine hohe Intelligenz, den Blick für das Wesentliche und eine vorausschauende Wirkungseinschätzung ein.

Als Kernpunkt für die Kommunikation und Kooperation der Teilsysteme in einem komplexen Prozess mit Risikocharakter erweist sich der Qualitätsbegriff des Prozesszustandes: die Höhe der Gefahr für die Erreichung festgelegter Prozessziele.

Steuerungsoperationen des Nautikers sollten im Regelfall ein ausgewogenes Gleichgewicht zwischen Zielen und Störungen garantieren. Um Prozesseingriffe (Steuerungsoperationen) situationsgerecht durchführen zu können, muss dieses Gleichgewicht messbar und das Ungleichgewicht hinsichtlich der Größe und verursachenden Merkmale definiert werden können.

Als Messgröße für die Bestimmung der Gleichgewichtslage eignet sich die **Höhe einer Gefahr**

Es ist der interne Steuerungs-begriff des Nautikers für alle Entscheidungen im nautischen Fahrprozess und die Bewertung der Handlungsfolgen, gemessen am Ziel bzw. an Teilzielen des Reiseplanes.

Unerfahrene Offiziere haben nicht selten die Erfahrung gemacht, dass der Unterschied zwischen der gutgemeinten (scheinbar gut überlegten) Absicht und der tatsächlich gut ausgeführten Steuerungsoperation sehr groß sein kann !

Eine gefahrenbasierte Systemgestaltung gestattet es, sehr frühzeitig auf Fehler zu reagieren, da sich der Zeitpunkt der Erkennbarkeit eines Fehlers zum Ort und zum Zeitpunkt seines Entstehens hin verschiebt und nicht unmittelbar vor Eintritt des negativen Ereignisses liegt.

Aber nicht nur die Reaktionszeiten werden trotz dieser „fehlertoleranten“ Systeme verkürzt, sondern es gelingt, die gemachten Fehler zu analysieren und sie vor einer nächsten Entscheidung bereits zu berücksichtigen.

Der Schiffsführungsprozess muss in Bezug auf seine Beschreibung „entflochten“ werden. Jede Einheit muss eigene Aufgaben mit eigener „Verantwortung“ (Erfüllung der Qualitätsmerkmale) haben und „kooperationsfähig“ sein. Als Verständigungsgrundlage mit anderen Systemelementen wird die „Höhe der Gefahr“ benutzt.

Geht man davon aus, dass bei einer sich als Problem abzeichnenden partiellen Gefahr der Einsatz des Nautikers für die Informationsverarbeitung im weitesten Sinne, also auch für das Finden einer Lösung und die Beachtung der Wirkungen auf andere partielle Prozesse, gefragt ist, beginnt die Komplexität zuzunehmen, was u.a. mit einer höheren Verarbeitungszeit verbunden ist.

In der Praxis ist es wichtig, die Zunahme der Komplexität überhaupt zu erkennen und zu akzeptieren und in deren Folge, den Reiseplan zu modifizieren !

LITERATUR

- / 1 / Timpe, K.-P. u.a. : Mensch-Maschine-Systemtechnik.- 2.Auflage.-Symposium Publishing GmbH.- Düsseldorf. - Februar 2002
- / 2 / Timpe, K-P. : MENSCH-MASCHINE-INTERAKTION INKOOPERATIVEN SYSTEMEN DER FLUGSICHERUNG UND FLUGFÜHRUNG .- Teilprojekt 6: Der Einfluß des Automatisierungsgrades von Flugzeugen auf ihre Verlässlichkeit. - TECHNISCHE UNIVERSITÄT BERLIN. Institut für Arbeitswissenschaften / Zwischenbericht an die Deutsche Forschungsgemeinschaft