

Leistungsmessungen im Schiffsführungssimulator

Ein Verfahren für die Bewertung von Komplexität und Kompetenz

Diethard Kersandt

Einführung

Mit der Einrichtung einer relativ hohen Anzahl von Schiffsführungssimulatoren in der Bundesrepublik Deutschland haben die verschiedenen staatlichen Einrichtungen und privaten Unternehmen in den letzten Jahren eine außerordentlich breite und technisch hochwertige Basis für die Aus- und Fortbildung sowie für die Forschung geschaffen. Es mag dafür viele Gründe geben, die hier nicht näher erläutert werden können. Technische Voraussetzungen, wirtschaftliche Situation, Ausbildungsinalte, internationale Regelungen, hohe Anforderungen an die Verlässlichkeit von Schiffsführungssystemen und die immer wieder auftretenden menschlichen Fehler bei Seeunfällen gehören dazu.

Trotz der erfreulichen materiell-technischen Situation wuchs die Schere zwischen den großen technischen Möglichkeiten sehr realistischer und komplexer Darstellungen und den »Werkzeugen« für die inhaltliche Gestaltung von Übungen und Trainingsabläufen sowie die Messung und Bewertung von Trainingseffekten, von Fertigkeiten- und Wissenszuwachsen.

Selbst erfahrene, aus der seemännischen Praxis kommende Instruktoren, sind nur bedingt in der Lage, ihre Erfahrungen und ihr Wissen in eine objektive und vergleichbare Bewertung der Komplexität von Aufgabenstellungen und der fachlichen Kompetenz der Trainierenden zu überführen. Das ist um so bedauernswerter, weil sie selbst mit großem persönlichen Einsatz und umfangreichem Interpretationsvermögen die Übungen und das Verhalten der Trainierenden zu bewerten versuchen. Nicht ganz unbegründet ertönte deshalb auf der 6. Maritimen Konferenz in Rostock der Ruf nach der Qualifikation der Ausbilder. Wie aber soll das geschehen, welche Maßstäbe können bei der Erarbeitung und dem Ablauf von Aufgaben hinsichtlich der geplanten und der tatsächlichen Komplexität gefunden werden und woran will man die Qualität der Übungen, ihre Kompetenz, vor und nach einem Trainingszyklus messen?! Der Verfasser schlägt einen Lösungsweg vor, der sowohl das Wissen und die Erfahrungen der Praktiker als auch die Vorzüge geeigneter

mathematischer Verfahren bei der prozessbegleitenden und nachträglichen Analyse von Aktionen und ihren Wirkungen auf die Qualität der Aufgabenerfüllung zu berücksichtigen in der Lage ist.

1. Ausgangslage

Anforderungen an die Qualität der Szenarien und an die Vergleichbarkeit ihrer Inhalte haben sich ständig erhöht. Die Entwicklung standardisierter Übungen mit differenzierten Inhalten und Schwierigkeitsgraden, die u. a. Erscheinungsformen des »human error« zu provozieren in der Lage sind, erweisen sich als notwendiger qualitativer Baustein für die Gewährleistung eines hohen Trainingsniveaus. Um verallgemeinerungsfähige Schlussfolgerungen aus den Trainingsergebnissen ziehen und den Wissenszuwachs der Trainierenden beurteilen zu können, sind neben der nicht zu ersetzenden subjektiven Leistungseinschätzung aussagefähige Verfahren zur Klassifizierung der Komplexität von Aufgaben und zur objektiven Bewertung der Kompetenz bei ihrer Durchführung erforderlich.

Für die Bewertung der Komplexität und der Kompetenz bei der Führung eines Schiffes über See mittels Simulation gibt es bis heute keine ausreichenden praktikablen, verallgemeinerungsfähigen und vergleichbaren Lösungen.

Vergleiche zwischen Situationen unterschiedlichen Schwierigkeitsgrades und zwischen Probanden mit differenzierten Bildungsvoraussetzungen bzw. praktischen Erfahrungen sowie Nachweise eines Zuwachses an Fertigkeiten basieren in der Regel auf einer technisch leistungsfähige Bild- und Datenaufzeichnungsmaschine, mit deren Hilfe das Entscheidungsverhalten aus der subjektiven Sicht der Lehrer/Ausbilder/Analysatoren interpretiert und bewertet wird. Allenfalls werden Checklisten verwendet, um einen vollständigen Fragenkatalog mit differenzierten Bewertungsstufen abzuarbeiten.

Für das Training am Schiffsführungssimulator wurden im MASSTER-Bericht [1] drei Ziele aufgeführt:

- Situationserkennung und -bewertung

mit Feststellung von möglichen Abweichungen zum Sollzustand (Situationsdiagnose)

- Finden von Problemlösungen mit geringem Anteil wissensbasierter Entscheidungen
- Verbesserung wissensbasierter Entscheidungslogik mit dem Ziel, die Effektivität der Handlungsausführung zu erhöhen.

Die Erkennung von Zuständen in partiellen Prozessen kann durch automatisierte Lösungen in der Verarbeitung und Bewertung von Informationen unterstützt werden und ein wertvolles Hilfsmittel bei der direkten online-gekoppelten Überwachung und nachträglichen Auswertung sein. Die Dynamik der Prozesse, ihre Vielfalt, ihre Wechselwirkungen und ihr Zufallscharakter lassen eine weitgehend objektive Situationsanalyse trotz besten Willens der Instruktoren nicht mehr zu. Erst recht entziehen sich komplexe Zusammenhänge, Schwerpunkte der Problemerkennung und -lösung, sowie verallgemeinerungsfähige Fehleranalysen in der nachträglichen Bewertung den »manuellen« Fähigkeiten der Instruktoren.

Immer wieder wird das Anliegen des Simulatortrainings betont, Abweichungen von Normalzustand zu identifizieren und dann darauf zu reagieren. Übungen werden mit diesem Ziel gestaltet und der Instrukteur ist hochofren, wenn die Abweichung tatsächlich zum gewünschten Zeitpunkt eintrifft. Seine ganze Aufmerksamkeit ist darauf gerichtet, den Moment herauszufinden, in dem der Übende die Abweichung erkennt und irgendeine Reaktion zeigt. Soll und Ist werden verglichen (häufig durch grafische Aufzeichnungen) und die Art und der Zeitpunkt einer Handlung diskutiert.

Hinsichtlich der Leistungsbewertung fordern die MASSTER-Autoren: Es müssen Möglichkeiten gefunden werden, Trainierende laufend zu bewerten. Die Rückkopplung zu aufgetretenen Fehlern bzw. suboptimalen Lösungen ist ein wichtiger Teil des Lernprozesses. Die Bewertung muss sachlich, kritisch, situationsbezogen, verallgemeinerungsfähig und doch individuell sein. Über Wichtungsfaktoren und Punktvergabe werden die Leistungen der Kandidaten beurteilt. Grundlage der Bewertung ist eine

Liste von Merkmalen/Eigenschaften. Das Problem bei dieser Bewertung wird nicht verschwiegen: die subjektive Einstellung der Bewerter und ihre persönlichen Fachkenntnisse über die Hintergründe des menschlichen Faktors. Die objektive Vergleichsbasis (erfahrene Nautiker) spielt eine wichtige Rolle.

In [2] beschäftigen sich die Autoren mit einem Konzept und mit den potentiellen Elementen eines »Werkzeuges« für die rechnerbasierte Bewertung der Übungen an einem Simulator. Sie führen aus:

»In jüngster Zeit kommen zunehmend Bewertungsmethoden mit modernster Rechentechnik und hoher Messgenauigkeit zur Anwendung. Auch Betreiber anderer Simulationseinrichtungen, wie das Danish Maritime Institute (DMI), Marine Safety Rotterdam (MSR) oder das Willem Barentsz Institut auf Terschelling (Niederlande) diskutieren intensiv die Probleme der Evaluierung und versuchen ansatzweise automatisierte Bewertungssysteme (z. B. von Norcontrol) einzusetzen ...

... Automatisierte Bewertungssysteme können ihren Beitrag zur Erhöhung der maritimen Sicherheit leisten. Obwohl umfassende Lösungsansätze zur computergestützten Bewertung erst in weiterer Zukunft zu erwarten sind, drängen die STCW Forderungen jetzt zu gehobenen Standards in der Aus- und Weiterbildung und einem »Assessment«, das den Leistungsstand des Auszubildenden objektiv zu erfassen vermag ...«

Die Autoren führen weiter aus (2004): »... Als die für das abzudeckende maritime Aufgabenspektrum geeigneten Verfahren wurden referenz- und grenzwertorientierten Verfahren in den Bewertungsalgorithmen verwendet ...« [2]

Die Verwendung derartiger Verfahren hatte der Verfasser dieses Artikels bereits ein Jahr zuvor in seiner Studie erwähnt [5] – die von einigen der Autoren unter [2] freundlicherweise unterstützt wurde – und mit Beispielen belegt. Leider fehlt in [2] ein Hinweis darauf.

Zur Trainingsbewertung heißt es in [3]:

»... Die »Expertenmeinung« der Trainer über die Leistung der Teilnehmer ... stützt sich auf das »subjektive Erkennen von Stärken und Schwächen« der einzelnen Studierenden ... Die »Trainingsbewertung« stellt ... neben der Szenariengenerierung, das zweite generelle Problem beim Simulatortraining dar. Dies stärker in komplexen Szenarien, in denen die Beurteilungskriterien »unscharf« sind. Während die Bewertung der korrekten Einhaltung von »geltenden Regeln« für Manöver oder Funkverkehr oder die Bedienung von Geräten noch rela-

tiv eindeutig geleistet werden kann, wird die Beurteilung wesentlich schwieriger, wenn es um Aspekte der »guten Seemannschaft«, zu der z. B. die »ruhige und besonnene Schiffsführung« gehören oder die inhaltliche Klarheit von Funkmeldungen geht. Komplexe Szenarien werden zum Teil von zwei Trainern betreut, da ansonsten ihre Aufgabe mit Trainingssteuerung und Bewertung zu schwierig wird ...

... Die technischen Rahmenbedingungen sind nach Herrn E. stark von den Herstellern beeinflusst, die zwar relativ problemlos in der Lage wären, »beliebig viele Systemparameter« für eine Datenauswertung »zur Verfügung zu stellen«, aber keine Konzepte anbieten können, wie man sinnvoll mit solchen Daten umgehen könnte, um das Training zu optimieren ...

... Das eigentliche »Assessment« der Teilnehmer erfolgt dann durch die Trainer, wozu sie vorgefertigte Bewertungsbögen nutzen, in die sie ihre Bewertung auf mehrstufigen Skalen zu verschiedenen Unteraspekten der Leistung eintragen ... Die Datenaufzeichnung im Simulator beschränkt sich auf Diagramme, aus denen erkennbar ist, wie sich im Laufe der Übung die relative Position des Eigenschiffes zu den beteiligten Fremdschiffen verändert hat. Es lässt sich nur »mühselig nachvollziehen«, zu welchem Zeitpunkt Manöver eingeleitet werden bzw. wie schnell die Crew auf sich andeutende Probleme reagiert ...« [3]

Mit diesen kurzen Auszügen zur gegenwärtigen Lage bei der Erarbeitung von Aufgaben und der Bewertung von Leistungen am Simulator ist das Problem deutlich gekennzeichnet:

1. Es fehlen Möglichkeiten, die Komplexität (daran sind dann auch solche Parameter wie Verarbeitungszeit und Beherrschbarkeitsgrad gekoppelt) von Aufgaben bei ihrer Gestaltung und während des Lösungsablaufes zu berechnen.

2. Es fehlen objektive Möglichkeiten für die prozessbegleitende und nachträgliche Bewertung der Kompetenz, einschließlich ihrer Hintergründe und Details.

3. Methodischer Hintergrund für die Verfahrensentwicklung

Überlegungen zur Entwicklung eines Verfahrens für die Berechnung von Komplexität und Kompetenz (vergl. Abb. 1) beginnen mit der Lösung für die Beschreibung von Prozesszuständen und dem Status der Zielerreichung bei der Abarbeitung von Aufgaben. Wenn man der Logik der Erkennung von Prozesszuständen bzw. des Problemlösens eines Nautikers im Schiffsführungsprozess auf See folgen will, muss man

- wissen, welche Charakteristik der zu bewertende Prozess hat und wie er strukturiert ist;
- die qualitativen Merkmale des Prozesses und seiner partiellen Bestandteile definieren;
- analysieren, mit welchen Eingangsgrößen partielle Prozesse hinreichend beschrieben werden können, ob sie direkt (technisch) dem Prozess entnommen werden können oder / und auf welche Weise sie mathematisch mit traditionellen Berechnungsverfahren vorverarbeitet werden können;
- das Wissen von Experten (dazu kann auch das Wissen der Instruktoren herangezogen werden) anwenden, um alle Ein-



Abb. 1: Der methodische Weg zur Kompetenzbewertung (Vergl. Kersandt, D.: »Entwicklung eines Verfahrens zur Bewertung der Qualität von Schiffsführungsaufgaben auf der Grundlage prozessbegleitender Gefahrendiagnosen«. Studie, April 2009, [7], vorgestellt im »Forum Schiffsführung«

gangsgrößen hinsichtlich ihrer Bedeutung für die Erfüllung der Qualität («gute Seemannschaft») von Aufgaben zu bewerten;

- ein mathematisches Verfahren finden, das Daten fusioniert, unscharfe Bewertungen in messbare Kenngrößen umwandelt und eine aufgabenspezifische Aggregation bewerteter Parameter vorzunehmen in der Lage ist;
- eine zustandsbasierte Kenngröße für den Erfüllungsgrad partieller Aufgaben der Schiffsführung finden, die Situationen in ähnlicher Weise versteht und bewertet wie es der Nautiker im realen Prozess macht;
- die »Schiffsführungs-kompetenz« und der Parameter, mit denen man die aktuelle Ausprägung der Kompetenz darstellen kann, definieren;

Dabei ist die Tätigkeit des Nautikers durch die Anwendung von Prinzipien, Verfahren und Methoden zur Aufnahme, Verarbeitung, Speicherung und Weitergabe von Informationen gekennzeichnet. Im Ergebnis der Informationsverarbeitung mittels technischer und nichttechnischer Mittel entstehen Abbildungen der realen Situation, die mit den individuellen Vorstellungen über den anzustrebenden Prozesszustand verglichen werden (s.a. »situation awareness«). Bei nichttolerierbaren Abweichungen werden Aktionen (Prozesseingriffe) durchgeführt, die den Sollzustand herzustellen in der Lage sind.

Der Steuerungsprozess hat unter den organisationalen Bedingungen des Seetransportes, den umgebungs- und funktionsbedingten Beanspruchungen sowie unter

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 (s. a. »situation awareness«). 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 »Sicherer 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.

Mit Hilfe des methodischen Ansatzes ist es gelungen, ein Werkzeug zu entwickeln, mit dem der Instrukteur in der Lage ist, den Verlauf jeder Übung, d.h. den aktuellen Prozesszustand, echtzeitfähig zu verfolgen, Schwerpunkte im Entstehen und in der Weiterentwicklung zu erkennen und im debriefing gezielt Situationen zu finden und vorzustellen, die für den Übenden und den Instrukteur von größtem Interesse sind (siehe Abb. 2).

Was ist nun »Schiffsführungs-kompetenz«?

Wenn das »Verhalten« des Systems bzw. der Zustand des Prozesses durch die Entscheidungen und Handlungen des Nautikers bestimmt wird, ist die erreichbare bzw. die erreichte Qualität der Prozesssteuerung ein Maß für die Kompetenz des Operateurs. Hat man ein Verfahren für die Bestimmung/ Bewertung der Gefahr als Ausdruck für die Höhe des Risikos bei der Aufgabenerfüllung gefunden und sieht sie in bestimmten, definierbaren Bereichen als zwar unvermeidbar aber eben auch kalkulierbar, beeinflussbar und gestaltbar an, kann man die Abweichungen von einem Sollzustand, die der Mensch aus verschiedenen Gründen zulässt, zum Gegenstand einer Bewertung seiner Kompetenz bei der Steuerung eines solchen Systems benutzen.

Die Höhe der zugelassenen Gefahr erweist sich damit als die bestimmende Kenngröße in der Steuerung eines »Risikosystems«, als das die Schiffsführung gilt.

Unter »Schiffsführungs-kompetenz« versteht man die Fähigkeit, den Steuerungsprozess während einer vorgegebenen Zeit-

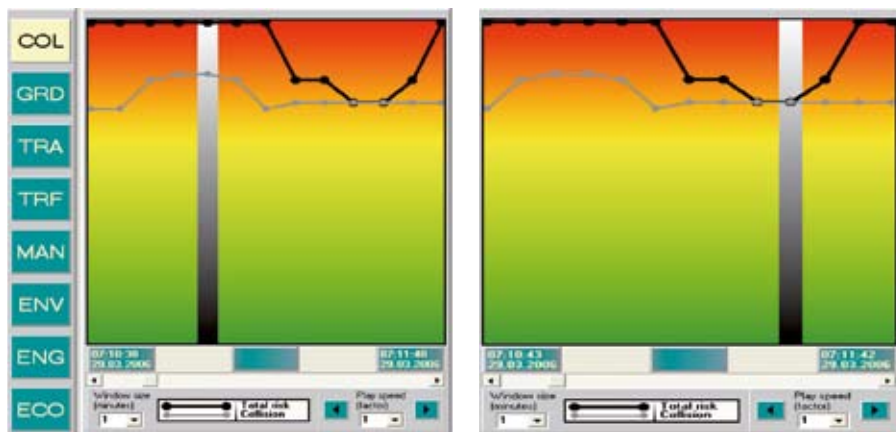


Abb. 2: Beispiel für ein »Analysetool« zur Erkennung von Schwerpunkten in der Prozessführung (hier der partielle Prozess »Collision Avoidance« für einen beliebigen Übungsabschnitt bzw. -zeitpunkt) mit grafischer Darstellung der »Gefahrenkurve« (grau)

- Methoden finden, mit denen man die absolute Höhe der Kompetenz berechnen bzw. die Differenz zu einem mit »guter Seemannschaft« geführten Prozess relativ darstellen kann;
- analytische und grafische Lösungen finden, den Zustand der Kompetenz echtzeitfähig prozessbegleitend zu messen und darzustellen sowie nachträglich auf der Grundlage detaillierter rechnergestützter Hilfsmittel auszuwerten.
- mathematische Beziehungen für die Berechnung von Komplexität, Verarbeitungszeit und Beherrschbarkeitsgrad finden und die dafür notwendigen Eingangsgrößen in Abhängigkeit vom Prozesszustand definieren können.

Prozesscharakter »Schiffsführung«

Die Schiffsführung wird aus der Sicht der Prozessführung als Steuerung der Bewegung (Bewegung ist im kybernetischen Sinn die Zustandsänderungen über die Zeit) des Schiffes vom Ausgangs- zum Zielhafen verstanden.

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 erreichte Qualität der Aufgabenerfüllung kann durch die Höhe der Gefahr für die Erreichung festgelegter Ziele (der »guten Seemannschaft«) zum Ausdruck gebracht werden.

Unter Gefahr wird ein Merkmal eines Prozesses oder Ablaufes verstanden, das das Potenzial für die Verursachung eines Schadens hinsichtlich des geplanten Zieles 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

dauer und in einem vorgegebenen Raum nach den Kriterien guter Seemannschaft zu führen und dabei Zielparame- ter für Wirtschaftlichkeit und Sicherheit einzelner Aufgaben bzw. partieller Prozesse spezifisch als auch in ihrer Gesamtheit zu erfüllen.

Dabei sind der Charakter und die Wirkungsart und -tiefe personeller Ressourcen und technischer Mittel, die organisatio- nellen Bedingungen des Seetransportes sowie die umgebungs- und funktionsbe- dingten Beanspruchungen zu berücksichti- gen. Alle Ressourcen der Prozessführung auf See sind so einzusetzen, dass auch bei der Zunahme von Komplexität, Kompliziertheit und Dynamik von Ereignissen (selbst von zufällig auftretenden), Ereignis- folgen bzw. Situationen die Stabilität des System gewährleistet bleibt.

Für die Erkennung von Systemzuständen (auch: Situationen, die bekanntlich Zustän- de widerspiegeln) und die Vorausschau möglicher Entwicklungen ist ein Komplex von Wissen, Erfahrungen und berufsspezi- fischen Fertigkeiten erforderlich, der es ermöglicht, die geplanten und gewollten Qualitätsparameter mit der aktuellen Situ- ation zu vergleichen, Abweichungen vom Sollzustand zu erkennen und die Art und den Zeitpunkt möglicher Handlungen (Prozesseingriffe) nach der Art und Höhe der Differenzen zu priorisieren (Proble- merkennung und -lösung).

Dabei fasst man »Kompetenz« als Einheit ihrer vier Bestandteile Fach- und Metho- denkompetenz, personale Kompetenz, so- zial-kommunikative Kompetenz und Handlungs- oder Aktivitätskompetenz auf und trägt damit den komplexen Tätigkeits- merkmale des Nautikers im Schiffsfüh- rungsprozess Rechnung.

Die Kompetenz bezieht sich immer auf ein konkretes Problem bzw. eine spezifische Aufgabenstellung, die durch technische und nichttechnische Parameter beschrieben wird und kann nur auf der Grundlage von Prozessergebnissen bewertet werden. Da- bei gilt:

- Sicherheit und Wirtschaftlichkeit sind Prozessziele in der Führung eines Schiffes über See.
- Das Erreichen dieser Ziele ist von der Qualität der Steueroperationen abhän- gig.
- Art und Zeitpunkt der Steueroperationen werden wesentlich durch die Art und Höhe der Gefahr für die Aufgabenerfü- lung bestimmt.
- Gefahrenart und -höhe werden durch die Menge, die Qualität und das zeitliche Auftreten von Störungen charakterisiert.
- Störungen präsentieren sich in Form von Wirkungen auf den Schiffsführungspro- zess und können durch Daten/Signale dargestellt und aufgezeichnet werden.
- Über die Steueroperationen werden in allen Teilprozessen der Schiffsführung detaillierte Situationsfolgen erzeugt, die sich in unterschiedlichen Zuständen äu- ßern. Auf diese Weise sind, gemessen an der Erkennung und Bewältigung – dem Management – von Risiken/Gefahren, spezifische Schlussfolgerungen auf die Kompetenz der Operateure zu ziehen.

Kompetenzberechnung

Mit klassischen »scharfen« mathema- tischen Verfahren lassen sich die Aufgaben nicht lösen. Wenn es gelingt, die Ketten- glieder »Erkennen« und »Bewerten« ma- thematisch abzubilden und das Ergebnis von Vergleichsvorgängen grafisch darzu-

stellen, hat man eine neue Qualität von Entscheidungshilfen bei der Prozessfüh- rung und der Kompetenzbewertung einge- leitet.

Voraussetzungen sind u.a. ausreichendes Prozesswissen, Festlegung von Kriterien für die »gute Seemannschaft« (Expertenwis- sen), prozessadäquate mathematische Lö- sungen und wirksame grafische Darstellun- gen zur »Diagnose« der aktuellen, operativen Prozessgefahren.

Voraussetzung für die Berechnung der Kompetenz ist eine (s.weiter vorn) klare Prozess-Struktur. Als aufgabenspezifische Messgröße wurde die »Höhe der Gefahr« ausgewählt, die den qualitativen Erfül- lungsgrad eines jeden Prozesses auf der Grundlage von technischen und nichttech- nischen Eingangsdaten misst und ein Abbild des aktuellen Prozesszustandes liefert.

Die geplante »Prozessgüte« ist abhängig von allgemeingültigen Regeln guter Se- mannschaft, ergänzt oder spezifiziert durch Vorgaben des Reeders oder des Kapitäns, die Lehrmeinung für den Train- ingsinhalt an einem Schiffsführungssi- mulator oder / und die Zertifizierung von Trainingsabläufen.

Partielle Prozesse und Aufgaben in der (»allgemeinen«) Schiffsführung:

- **Anti-Grounding:** Grundberührungen vermeiden und Geschwindigkeit den natürlichen geografischen Bedingungen anpassen
- **Coollision Avoidance:** Andere Fahr- zeuge / Objekte in sicherem Abstand pas- sieren
- **Human Capability:** Menschliche Lei- stungseigenschaften und -besonderheiten in der Seewache einkalkulieren

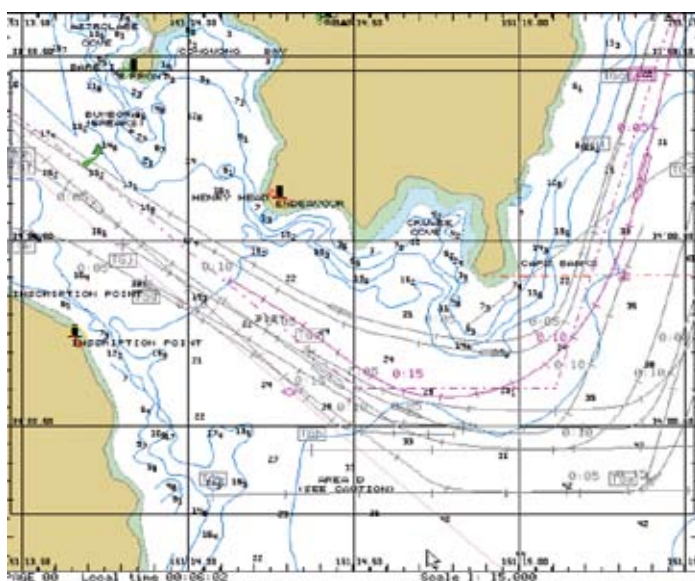


Abb. 3: Weg des Tankers »EX 5« (gute Bahneinhaltung, vorgeschrie- bene Geschwindigkeit eingehalten)



Abb. 4: Weg des Tankers »EX2« (Ecke »geschnitten«; zu hohe Geschwindigkeit)

- **Track Keeping:** Operative Bahnbreite einplanen und einhalten
- **Traffic Condition:** Verkehrsbedingungen im Seegebiet berücksichtigen.
- **Met- Hyd. Environment:** Natürliche meteorologisch-hydrologische Umweltbedingungen bei Kurs- und Fahrtgestaltung berücksichtigen
- **Availability Main Engine & Steering Gear:** Technischen Zustand/ Verfügbarkeit von Hauptmaschine und Ruderanlage berücksichtigen
- **Voyage Economy:** Wirtschaftliche Aufgabenstellung der Reise erfüllen (Geschwindigkeit, Zeit, Kosten)
- **Stability & Hull Stress:** Beanspruchung des Schiffskörpers und Stabilitätseigenschaften beachten
- **Cargo Handling:** Schutz der Ladung (Qualität) garantieren
- **Fire & Water Protection:** Brandschutz einhalten, kontrollieren und Wassereintrich verhindern
- **Emission Control:** Emissionsgrenzen technischer Anlagen und im Schiffsbetrieb einhalten

In einem weiteren Schritt müssen die Eingangsgrößen gefunden werden, mit denen man den Zustand der Aufgabenerfüllung berechnen kann. In dem entwickelten Verfahren werden etwa 100 Inputs (in der Regel dem technischen System des Simulators entnommen) verwendet. Diese werden zu 29 Eingangsgrößen verarbeitet (»fusionsiert«), mit denen man in der Lage ist, die Zustände der Aufgabenerfüllung in acht partiellen Prozessen hinreichend zu beschreiben.

Mittels Expertenwissen werden allen 29 Eingangsgrößen in Abhängigkeit vom jeweiligen Betriebszustand (Offene See, Küstennähe, Ansteuerung, ...) Zugehörigkeitsfunktionen zugeordnet. Sie bringen im Zahlenbereich 0–1 zum Ausdruck, ob eine Eingangsgröße für die Aufgabenerfüllung einen Zustand angenommen hat, der mehr oder weniger gefährlich ist. Auf der Grundlage geeigneter Inferenzstrategien und Ag-

gregationsmethoden sowie Defuzzifizierungsalgorithmen gelingt es, aus einer Vielzahl von Prozessdaten die Höhe der Gefahr für die Erfüllung einer Aufgabe in einem partiellen Prozess zu berechnen. Das Ergebnis kann grafisch abgebildet werden (s. a. Abb. 2), ist bezüglich der Eingangsgrößen, die für den Zustand »verantwortlich« sind, hinterfragbar und bildet die Grundlage für die Bewertung der Kompetenz in der Schiffsführung.

Im Sinne der Definition der »Schiffsführungs-kompetenz« ist es für die Erkennung von Systemzuständen und die Vorausschau möglicher Entwicklungen erforderlich, die geplanten und gewollten Qualitätsparameter mit der aktuellen Situation zu vergleichen und Abweichungen vom Sollzustand zu erkennen und zu bewerten. Diese Eigenschaft wird bei der mathematischen Ermittlung der Abweichungen genutzt.

Dafür gibt es zwei prinzipielle Lösungswege:

A) Absolute Vergleichsmethode

Bestimmung der Differenzen zwischen der »Ist-Gefahr« und einem Toleranzbereich der Gefahr (in der Regel liegt dieser bei den Werten für eine »gute Seemannschaft«), abhängig von den spezifischen Bedingungen eines Seegebietes (Betriebszustand).

B) Relative Vergleichsmethode:

Bestimmung der Differenzen zwischen der »Ist-Gefahr« und einer normierten Vergleichskurve, die sich aus dem Gefahrenverhalten des besten Experten unter Berücksichtigung von aufgaben- und seegebietsspezifischen Bedingungen ermitteln lässt.

Das Bewertungsverfahren soll in beiden Lösungsformen folgende qualitative Kriterien erfüllen:

- Bewertung und Darstellung von Risiko und Kompetenz in Echtzeit als übungsbegleitend-

des Kontroll- und Übersichtsinstrument des Instruktors

- Fachlich zuverlässige Einschätzung der Gefahrenhöhen bzw. der Risiken
- Einfache und übersichtliche Darstellung der Bewertungen (»Diagnose auf einen Blick«)
- Möglichkeiten für die Hinterfragung von Ursachen für ein hohes Risiko bzw. eine mangelnde Kompetenz
- Gewährleistung der Vergleichbarkeit von Bewertungen
- Abfrage von nautischen Kenngrößen und Empfehlungen
- Sinnvolle, logische Gesamteinschätzung des Übendens

Strukturierung, Definition der Aufgaben und ihrer Qualitätsmerkmale, Auswahl der prozessbeschreibenden Eingangsgrößen und methodischer Ansatz zur Berechnung der Kompetenz lassen die (gegenwärtigen) Einschränkungen der Verfahrens (deshalb »allgemeine« Schiffsführung) erkennen: es kann z. B. für Sonderzustände / Spezialaufgaben wie Suche und Rettung, unmittelbares An- und Ablegen, Arbeit mit Schleppern, Schleppen und geschleppt werden, Fahren im Eis, Fahrt in Krisengebieten (z. B. bei Piraterie) nicht oder nur begleitend eingesetzt werden. Einerseits muss die Abfolge von speziellen Technologien bezüglich ihrer Genauigkeit und Eignung bewertet werden, andererseits stehen Fragen der Teamarbeit, der Kommunikation, der sozialen Beziehungen und der psychologischen Beanspruchungen im Vordergrund, die anderen Kriterien als vorrangig die der Wirtschaftlichkeit und Sicherheit unterliegen.

Praktisches Beispiel

»Absolute Vergleichsmethode«

Zwei Schiffe beim Umfahren der Cape Banks in Richtung Botany Bay. Bewertet werden die partiellen Aufgaben/Prozesse »Vermidung einer Grundberührung« (hier

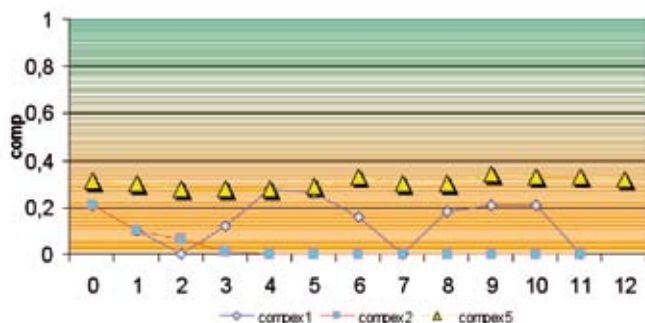


Abb. 5: »EX2« (rot) mit mangelnder Kompetenz; »EX5« (gelb) mit hinreichender Kompetenz(compex1 wird hier nicht betrachtet, findet offensichtlich einen Kompromiss)

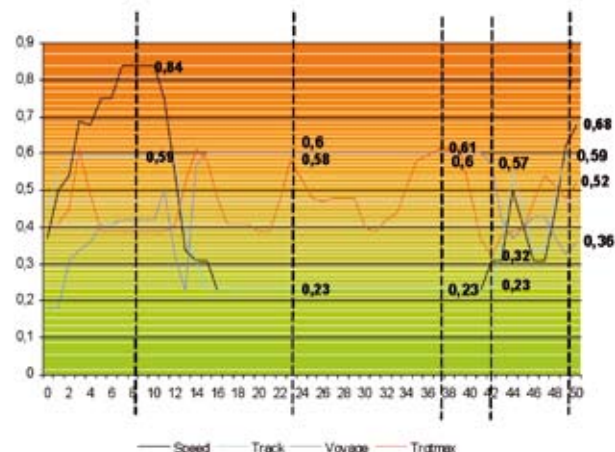


Abb. 6: Vergleich mehrerer partieller »Gefahrenprofile« nach einem Übungsablauf

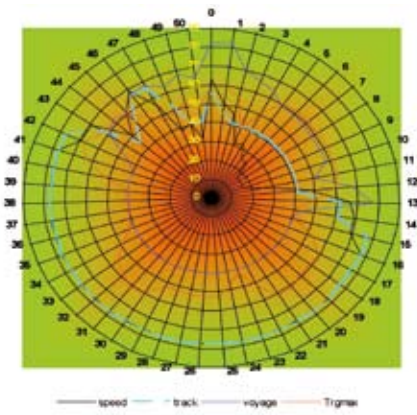


Abb. 7: Aus dem Gefahrenprofil (Abb.6) gewonnenen »Kompetenzprofile«

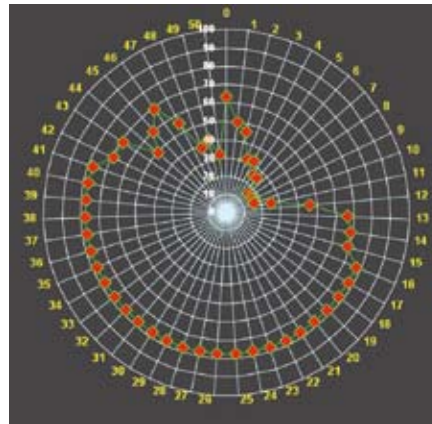
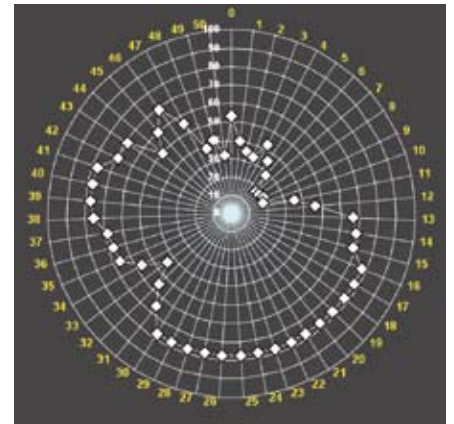


Abb. 7: Vergleich von 2 »Kompetenzprofilen« (links o.k.; rechts Problem zwischen der 30. und 35. Minute) mit der Möglichkeit, Schwerpunkte zu erkennen und ihre Ursachen als Schwerpunkfehlerhafter Prozessführung zu definieren



ist z.B. eine maximale Geschwindigkeit festgelegt) und »Bahneinhaltung« (Abb. 4 und Abb. 4).

In der Kompetenzbewertung stellen sich beide »Kandidaten« wie in Abb. 5 gezeigt dar.

Legt man nun einen »Toleranzbereich« zwischen den Kompetenzwerten 0,2 und 0,4 als zulässiger Bereich »guter Seemannschaft« an, erhält man neben der absoluten Bewertung zusätzlich einen Vergleichswert (Abb. 6 und 7).

Praktisches Beispiel

»Relative Vergleichsmethode«

Methode:

1. Man sucht das Schiff heraus, das nach dem Verlauf aller Gefahrenkurven die wahrscheinlich beste Navigationsleistung vollbracht hat und bezeichnet dieses Verhalten als »Normverhalten guter Seemannschaft«. Auch durch Experten geführte Schiffe und durch die geltende Lehrmeinung gestützte Verhaltensweisen können ein derartiges Normverhalten begründen.

2. Man erklärt dieses Normverhalten zur mathematischen Vergleichsbasis, an der sich die anderen Schiffe zu messen haben und akzeptiert, dass die Navigationsleistung nicht an den durchschnittlichen Werten der partiellen Gefahren allein zu messen ist. Das zieht nach sich, dass es nicht

allein um die Minimierung einer oder mehrerer partieller Gefahren geht, sondern um das Management vieler Gefahren unter Beachtung ihrer Wechselwirkungen.

3. Jetzt ermittelt man für eine abgelaufene Übung, wie hoch die partiellen Gefahren der Übungsschiffe sind und bildet über die Messzeitpunkte die Differenzen zum Normschiff. Beispielhaft soll nun das Verhalten des Test-Schiffes »WES 2« mit dem des Normschiffes »WES 3« verglichen werden (Abb. 11).

Berechnung der Komplexität

Immer wieder erweist sich die Erarbeitung von standardisierten Trainingsaufgaben als Problem. Trotz der guten Absicht des Instrukteurs verläuft fast jede Aufgabe nach ihrem Start anders als geplant (das übrige ist u.a. ein deutliches Merkmal für den Charakter des Schiffsführungsprozesses: komplex, dynamisch, zufällig) und die sorgfältig ersonnenen Schwierigkeiten werden auf irgendeine Weise durch die Üben umgangen. In der Regel wird dann versucht, die Üben durch Kommunikationsanforderungen zu stören (wie der Seeunfall der »Cosco Busan« zeigt, s. VTS, nicht unbegründet). Ist man allerdings in der Lage, den Schwierigkeitsgrad einer Situation bzw. einer Übung zu messen, wäre das eine Aussage, die bei der Bewer-

tung durchaus eine Bedeutung erlangen könnte. Andererseits können Situationen auch so gestaltet werden, dass von ihnen zwangsläufig ein bestimmter Schwierigkeitsablauf ausgeht.

Man muss dann allerdings in der Lage sein, solche Prozessmerkmale wie Komplexität, Verarbeitungszeit und Beherrschbarkeit zu berechnen.

Der Verfasser empfiehlt folgende Lösung: 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 für die Lösung verbunden ist. Eine Situation wird dann komplex, wenn sich der Zustand eines Prozesses, d.h. die aktuelle Qualität der Aufgabenerfüllung, so verändert, dass zur Problemlösung hohe Anforderungen an die kognitiven Leistungen des Nautikers gestellt werden. Das ist in der Regel der Fall, wenn die Schwierigkeit der Aufgabe durch die wachsende Gefahr für die geplante Qualität ihrer Erfüllung zunimmt. Bei weiteren hinzukommenden kritischen Zuständen mit einer Gefahrenhöhe > 0,4 und ihren möglichen Wechselwirkungen erhöht sich

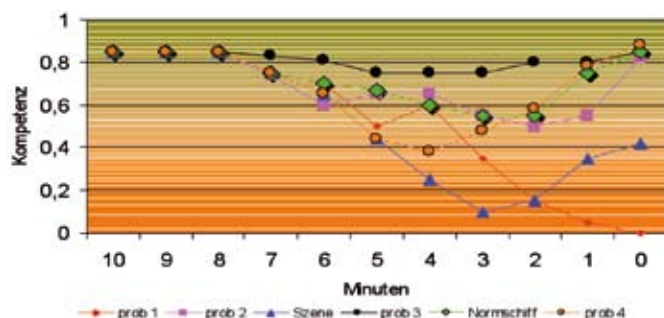


Abb. 8: Kompetenzverlauf in absoluter Darstellung

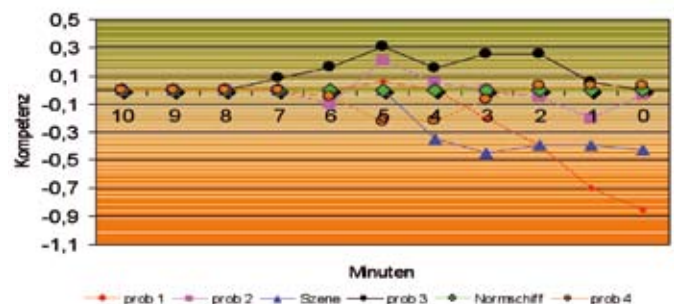


Abb. 9: Kompetenzverlauf in relativer Darstellung (Normschiff = »0« gesetzt)

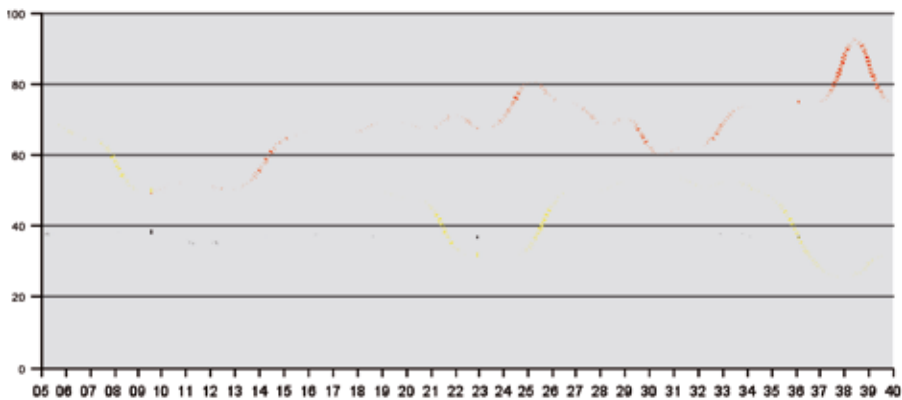


Abb. 10: Aus einer Reihe von Testläufen wurde dieses Schiff (»W2«) als »Normschiff« bezüglich des Verhaltens bei der Erfüllung von drei partiellen Aufgaben ermittelt.

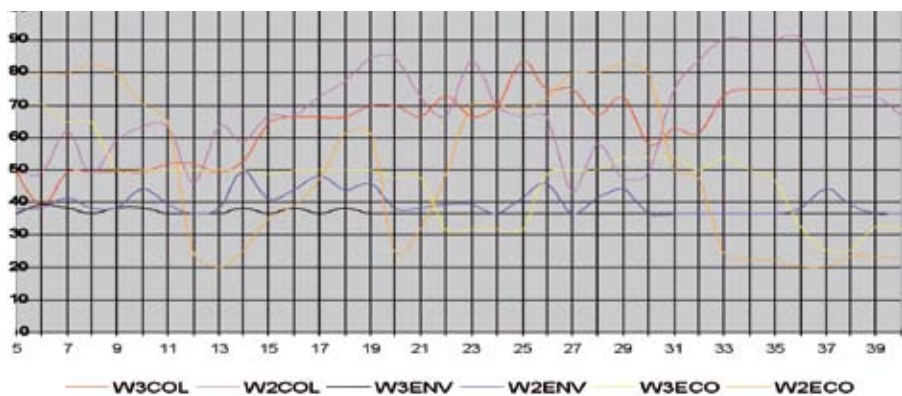


Abb. 11: Die partiellen Gefahren der Aufgabenerfüllung in den partiellen Prozessen Kollisionsverhütung, Umwelt und Wirtschaftlichkeit des Normschiffes »W3« und des Testschiffes »W2« im Vergleich

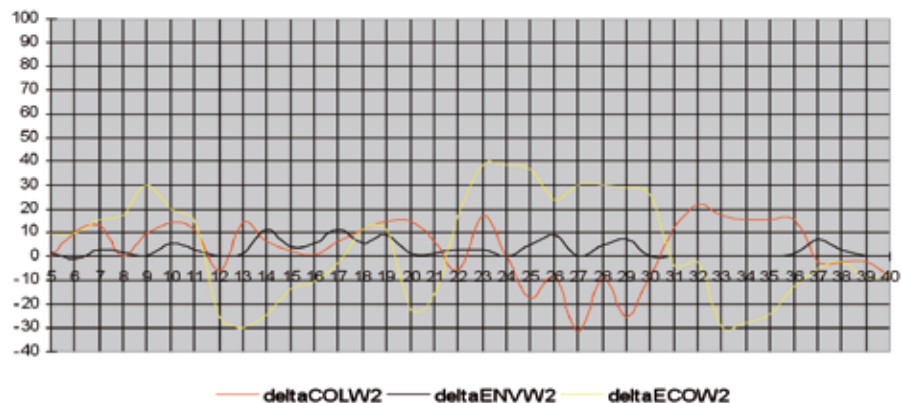


Abb. 12: Auf das Normschiff W3 bezogene partielle Gefahrendifferenzen des Schiffes W2

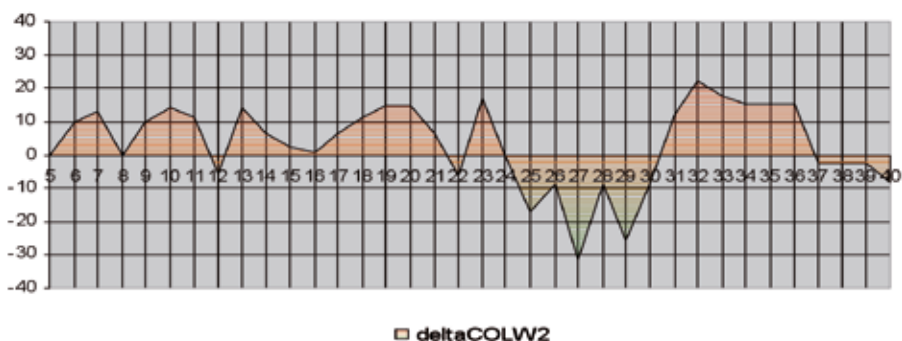


Abb. 13: COLL-Gefahrendifferenzen zwischen Normschiff W3 und Testschiff W2

die Komplexität exponentiell. Die Exponentialfunktion der Komplexität lautet:

$$C = a^n$$

mit »a« als empirisch gefundenem Wert und n = Anzahl der Prozesse mit $G_{part1-n} > 0.4$.

Die Verarbeitungszeit (Problemerkennung bis zum Finden einer Lösung) wird in Abhängigkeit von der Anzahl der Prozesse mit $G_{part1-n} > 0.4$ als Exponent über eine empirische Zeitkonstante T bestimmt.

$$T_v = T^n \text{ mit } G_{part} > 0,4 \quad [\text{sec}]$$

Aus Komplexität und Verarbeitungszeit wird ein Maß für die Größe der Beherrschbarkeit des Prozesses gewonnen.

$$DC = C/T \quad [\text{sec}^{-1}]$$

Weitere Ausführungen enthält der Beitrag: Kersandt, D.: »Schiffsführungsprozesse – Beherrschbarkeit des Schiffsführungsprozesses aus der Sicht seiner Komplexität ...« HANSA, 139. Jahrgang, Heft 12/2002.

Eine Aussage zu einem Analysezeitpunkt könnte lauten: Die Komplexität hat bei drei kritischen partiellen Prozessen (Aufgaben in kritischem Zustand) eine Größe von $C = 3,375$ (»geringe« bis »mittlere« Komplexität). Die Verarbeitungsgeschwindigkeit des Problems beträgt $T = 9,9$ Sekunden. Mit $DC = 0,17 \text{ sec}^{-1}$ liegt die Beherrschbarkeit des Prozesses im unteren Bereich; unter Beachtung der erforderlichen Aufmerksamkeitsleistung ist Fremdhilfe erforderlich (s. Bridge Team Management).

Diese Kennzahlen sind ebenso geeignet, den Schwierigkeitsgrad der für den Simulator zu erarbeitenden Aufgaben zu definieren. Dafür ist es erforderlich, die einzelnen Eingangsgrößen der partiellen Prozesse/Aufgaben zu kennen und sie im gewünschten Umfang so zu variieren, dass das gewünschte Resultat – die Erhöhung der Gefahr (> 0.4) für die Aufgabenerfüllung – im Übungsverlauf für den Trainierenden spürbar wird.

Zusammenfassung

Die Qualität der Aus- und Fortbildung an Schiffsführungssimulatoren wird neben den vorzüglichen technischen Lösungen vor allem durch die Qualität der Aufgaben, ihre fachlich-methodischen Durchdringung sowie durch »Werkzeuge« für die prozessbegleitende Analyse des Leistungsverlaufes der Übungen und die weitgehend objektive nachträgliche Auswertung der Qualität der Aufgabenerfüllung geprägt. Jedes der rechnergestützten Hilfsmittel basiert auf der fachlichen Kompetenz von

Experten, gestützt durch die Persönlichkeit und das Wissen der Instruktore.

Leistungsmessungen im Schiffsführungssimulator auf der Grundlage des Verfahren für die Berechnung der Komplexität von Aufgaben und Bewertung der fachlichen Kompetenz der Übenden sind eines der möglichen »Werkzeuge«.

Die übungsbegleitenden »Werkzeuge« (direkt in Echtzeit verfügbar bei der Übung und für die Auswertung nach der Übung)

Die Bilder gehören zu dem für die Firmen AVECS und INTERSCHALT maritime systems vom Verfasser entwickelten Assistenzsystem NARIDAS, das am Schiffsführungssimulator des FB Seefahrt in Elsfleth getestet wurde (vergl. [6]).

Alle Lösungen werden in der Studie von Kersandt, D.: »Entwicklung eines Verfahrens zur Bewertung der Qualität von Schiffsführungsaufgaben auf der Grundlage prozessbegleitender Gefahrendiagnosen (Kurztitel: Kompetenzbewertung in der Schiffsführung). Rostock, April 2009 ausführlich beschrieben. Teilergebnisse werden im »forum-SCHIFFSFÜHRUNG« vorgestellt.

Literatur

- [1] MASSTER – Maritime Standardised Simulator Training Exercises Register (final report) EC Transport – 4th Framework. WATERBORNE TRANSPORT Project 6.4.4. Task 46 ; Contr. No.: WA-95-SC.197, Issued by FH Hamburg/Institute of Ship Operation, Sea Transport and Simulation (ISSUS)
- [2] Baldauf, M.; Benedict, K.; Böcker, Th.; Herzig, M.; Felsenstein, C.: Computer-based evaluation of ship handling simulator exercise results. Hochschule Wismar, University of Technology, Business and Design, Dept. of Maritime Studies Warnemünde, R.-Wagner-Str. 31, 18109 Rostock, Germany, 2004
Förderinitiative des Bundesministeriums für Bildung und Forschung »Innovative regionale Wachstumskerne«: »Maritime Knowledge and Decision Support Systems – Maritime Safety Assistance« Teilprojekt 03WKE10: »Entwicklung eines Werkzeugs zur computergestützten Bewertung von Trainingsaufgaben an Schiffsführungssimulatoren«. ComBew / Warnemünde, 12. Mai 2004
- [3] Dieckmann, P.: Simulatortraining: Eine Bestandsaufnahme in verschiedenen Anwendungsfeldern (Dipl.-Arbeit), Carl von Ossietzky Universität Oldenburg, Diplomstudiengang Psychologie, Chemnitz 2005
- [4] Diestel, H. H.: Notwendige Verbesserungen von Simulatorkursen. Quelle: <http://www.vks-rostock.de/Simulatorkurs.htm>, 2006
- [5] Kersandt, D.: Darstellung von Möglichkeiten für eine risikobasierte Kompetenzbewertung am Schiffsführungssimulator. Studie im Auftrag der AVECS Corporation AG am Fachbereich Seefahrt der Hochschule Wismar, Juli 2003
- [6] Gauss, B.: Evaluation von Situational Risk Assessment Systemen – Entwicklung eines Rahmenkonzepts und Demonstration seiner Anwendbarkeit im Bereich der Schiffsführung Evaluation of Situational Risk Assessment Sys-

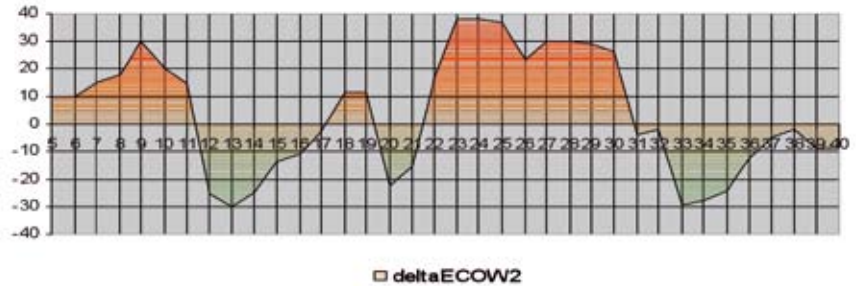


Abb. 14 : ECO-Gefahrendifferenzen zwischen Normschiff W3 und Testschiff W2

	No. 10	No. 257123045	No. 5
Current risk	96.3 %	84.5 %	83.6 %
Passing risk	98.3 %	98.3 %	83.6 %
Cpa	0.2 nm	0 nm	0.8 nm
Tcpa	5.8 min	6.3 min	0.3 min
Range	2.4 nm	2.4 nm	0.8 nm
Bearing	94.4 °	94.4 °	280.4 °
Course	312 °	324.8 °	76.6 °
Speed	11.4 kts	11.5 kts	15.7 kts
Cqr	1.2 nm	1.2 nm	0.4 nm
Target in cqr	No	No	No
closing in	24.3 kts	22.6 kts	0.1 kts
crossing	Starbord side	Starbord side	Astern

Most dangerous target no. 10

Cpa good seamanship: 1.2 nm

Rated cpa: Danger

Rated tcpa: Danger

Rated range: Danger

Recent stopway own vessel: 1112 m

Probable passing risk dangerous

Passing actions for visible targets

Emergency manoeuvre

Abb. 15: Von oben nach unten: echtzeitfähige Zeitfenster in auswählbaren Intervallen für die Anzeige der Gefahrenhöhe in den partiellen Prozessen für jedes aktive Simulatorschiff; detaillierte Informationen über die charakteristischen Größen eines jeden aufgerufenen Prozesses (hier collision avoidance mit den drei gefährlichsten Zielen), Ursachen der Gefahr; erste grobe Empfehlungen

tems – Development of a Framework and Demonstration of its Applicability in the Domain of Ship Navigation. URL: <http://opus.kobv.de/tuberlin/volltexte/2008/1818/> Als PDF-Datei erhältlich bei Anforderung unter: forship@forum-schiffsfuehrung.com oder direkt von: <http://opus.kobv.de/tuberlin/volltexte/2008/1818/>

Schiffsführungsaufgaben auf der Grundlage prozessbegleitender Gefahrendiagnosen (Kurztitel: Kompetenzbewertung in der Schiffsführung). Rostock, April 2009

Verfasser:
Dr.-Ing. Diethard Kersandt