

Indikatoren für die Bewertung der Qualität von Mensch-Maschine-Systemen, dargestellt am Beispiel der Schiffsführung

Diethard Kersandt

Zusammenfassung

Konflikte zwischen Nutzer und technischem System werden immer dann öffentlich, wenn Fehler mit messbaren Auswirkungen auf die Wirtschaftlichkeit und Sicherheit des zu steuernden Prozesses auftreten. In der überwiegenden Anzahl derartiger Ereignisse versuchen Hersteller, keine Zweifel an der Qualität ihrer Produkte zuzulassen. Der Nutzer selbst hat in der Regel keine Chance, sich aus der „Umklammerung“ des „menschlichen Versagens“ zu lösen. Aus diesem Konflikt ergibt sich die Frage nach der Ausdehnung des Qualitätsbegriffes für ein technisches System auf das mit ihm (durch den Nutzer) zu erarbeitende Produkt : die wirtschaftliche und sichere Ortsveränderung von Gütern und / oder Personen über See während einer vorgegebenen Zeitdauer und in einem vorgegebenen Raum (Schiffsführung).

Mit Hilfe von INDIKATOREN sollen die Qualität der Prozessergebnisse einerseits und die Bedingungen (Gefahren) für die anforderungsgerechte Zielerreichung andererseits gemessen werden. Die Indikatoren müssen in der Lage sein, eine aufgabenstrukturierte, betriebszustandsabhängige, ganzheitliche, qualitative Abbildung der Schiffsführung zu ermöglichen. In dem Beitrag werden die Qualitäts- und Bedingungsindikatoren aufgeführt und Ergebnisse von Untersuchungen vorgestellt.

Mit der Ausdehnung des Qualitätsbegriffes auf die Prozessergebnisse soll eine inhaltliche Basis für die Entwicklung ganzheitlicher Mensch-Maschine-Systeme gebildet werden, die Hersteller und Nutzer vor neue Anforderungen stellt.

1 Problembeschreibung

Die Hersteller von Schiffsführungssystemen geben ihren Produkten Funktion, Form und Farbe, Zuverlässigkeit, gute Bedienbarkeit, ... und schreiben in den Produktinformationen, dass ihre Systeme mehr Sicherheit und größere Effizienz bringen werden. Einige Beispiele, die bewußt anonym gehalten werden, weil sie eine hohe Verallgemeinerungsfähigkeit besitzen, lauten :

The result is more efficient bridge management, enhanced safety at sea, and reduced training requirements for watchstanders. ...

Safe and efficient vessel operation enhanced via uniform presentation of menus and screens across all functional modes. ...

Interactive Conning Information Display offers faster response to situations enhancing safety margins. ...

The ... IBS meets the customer's needs of today and tomorrow with ease and efficiency.

The ... Integrated Bridge System provides excellence, reliable performance under all conditions, integrated well-proven, harmonised equipment. ...

Tailor-made solutions assist the crew in collision avoidance, route planning and track control and therefore enhance navigational safety. ...

Integration by ... offers clear benefits :

- improved precision, performance and efficiency
- maximum safety with respect to collision avoidance and anti-grounding
- easier watch keeping increases safety at sea

... Having everything available at a single workstation maximizes situational awareness for each bridge watchkeeper, increasing safety, enhancing navigation performance, and enabling reduced manning.

Mit diesen Beschreibungen und Hoffnungen werden die Produkte in das „Leben verabschiedet“, an die Reeder verkauft, auf den Schiffen installiert und dem Gebrauch der Nautiker überlassen.

Und warum müssen die Nutzer damit zurechtkommen ? Weil es keine Möglichkeit zur Bestimmung der Qualität der „outputs“ bzw. für den Nachweis des „Mißlingens“ gibt (außer, wenn sich der Unfall ereignet hat) ! Für die Begründung von mangelnder Verlässlichkeit haben wir den „human error“ geschaffen und es gelingt uns, diesen Fehler in 70 – 80 % der Unfallursachen „nachzuweisen“.

Problemlösungsprozesse in der Schiffsführung sind durch eine Vielzahl kognitiver Vorgänge gekennzeichnet, in denen „interne Modelle“ aufgebaut und mit der aktuellen Situation verglichen, verworfen, erneuert und angepasst werden. Daraus resultierende Handlungsabläufe ergeben sich aus ihrer kognitiven Repräsentation, aus einer bestimmten Ordnung und nach ständigen Rückkopplungen zwischen möglichen, eingeleiteten und geplanten Handlungen und der Wirklichkeit - die sich über Daten und Signale auf verschiedenen Displays auf der Brücke darstellt - im Vergleich mit den Handlungszielen.

In der Tat wird die Wirklichkeit (auf indirektem Wege) über Daten und Signale angezeigt. Das, unter anderen Merkmalen, kennzeichnet die gegenwärtige Situation im Vergleich zur direkten Prozesssteuerung, wie sie vor Jahrzehnten noch üblich war. Gerade bei Berufsanfängern wird eine wachsende Abhängigkeit der Situationsanalyse über technische Systeme festgestellt. Das ist in der Regel nicht nur negativ, denn häufig ist die Sensorik so schnell und exakt, dass sie die Möglichkeiten des Menschen übersteigt. Nachteilig ist nur, wenn dadurch die Interpretation (also die Bewertung von Signalen und Daten) verzögert wird und immer nur neue Rückkopplungsschleifen zu den sich verändernden Messwerten gebildet werden. Wir sprechen dann von „hoher Komplexität“, die aber in der realen Praxis nicht derart ausgeprägt existiert, wie der Nautiker sie über die technischen Systeme „zerstückelt“ angeboten bekommt.

Die entscheidende Frage ist also, ob diese (mit aller Sorgfalt der Hersteller) abgebildete Wirklichkeit auch die Wirklichkeit ist, die sich der Nautiker nach komplizierten Bewertungsvorgängen der Daten und Signale unter den Bedingungen einer natürlichen Einschränkung seiner biologischen Leistungs-fähigkeit aufzubauen in der Lage ist.

Selbstverständlich meint er, er hätte die Wirklichkeit richtig bewertet und nimmt diese subjektive Widerspiegelung der realen Welt als Grundlage für einen Vergleich mit seinen inneren Vorstellungen und Zielen für eine Schiffsführung nach „guter Seemannschaft“.

Ein entscheidender, wenn nicht der entscheidende Mangel (und möglicherweise eine der Hauptursachen für menschliches Versagen), ist der Sachverhalt, dass in bisher entwickelten „integrierten Systemen“ keine risikobasierten bewerteten (operativen) Steuerungsgrößen existieren und dass die auf der Grundlage diskreter Zustandsbeschreibungen vermittelten Abbilder der objektiven Realität fast ausschließlich subjektiv interpretiert, zusammengefügt und mit den eigenen, momentan verfügbaren subjektiven Vorstellungen über Qualität (innere Modelle, bestimmt durch Wissen, Erfahrungen) verglichen werden.

Damit gehen wesentliche Impulse für die Handlungsregulation verloren !

Von der Richtigkeit und Schnelligkeit der Entscheidungen des Nautikers sind das VERHALTEN eines sehr komplexen Mensch-Maschine-Umwelt-Systems bzw. die QUALITÄT der Prozessergebnisse abhängig. In schwierigen Fällen werden kognitiv besonders hohe Anforderungen gestellt. Ursächlich dafür ist, dass zwar die Ereignisse in einem Element (in einem partiellen Prozess; bei der Erfüllung einer Aufgabe) noch

deterministisch zu beschreiben, zu messen und relativ leicht zu erkennen sind, der Gesamtprozess durch interaktive Beziehungen jedoch stochastischen Charakter erhält und durch die Möglichkeit einer „kombinatorischen Explosion“ eine außerordentlich schwer überschaubare Menge möglicher, mit hoher Dynamik versehener Zustände annehmen kann.

Auf die außerordentliche große Bedeutung der kognitiven Prozesse bei der Tätigkeit des Nautikers auf der Brücke, hat KERSANDT 1991 sehr frühzeitig hingewiesen. / 5 /

Seit Jahrzehnten (bis heute) bemühen sich die Hersteller um die massenhafte Signalerzeugung und -darstellung, was zu einer scheinbaren Ausdehnung der Prozesskomplexität mit nicht mehr zu beherrschender Datenflut geführt hat. In Anerkennung dieser Probleme wird alles unternommen (Darstellung, Anordnung, Farben, Integration, Training usw.), um den extrem gestiegenen Anforderungen an die Signalerkennung zu genügen. Dieser Weg befindet sich in einer Phase abnehmender Bedeutung für den Zuwachs an Wirtschaftlichkeit und Sicherheit. Diese Erkenntnis findet wenig Zustimmung, da sie in das Herz der Entwickler sticht und den Übergang in eine neue, bislang nicht entdeckte neue Welt des ganzheitlichen Systemdesigns erfordert.

Ein Wandel in der Prozessführung wird dann eintreten und sich in den Produkten, in der Ausbildung und in der Forschung widerspiegeln, wenn sich die „Philosophie des Schiffsführens“ nicht vorrangig an der Vermeidung von Gefahren sondern an der Gestaltung der Prozessqualität nach den modernen Kriterien einer „guten Seemannschaft“ orientiert und eben diese Gestaltung zum schöpferischen Inhalt der Arbeit des Nautikers auf See macht.

Das Versprechen der Hersteller, „eine erhebliche Verbesserung sowohl des nautischen als auch des wirtschaftlichen Schiffsbetriebes“, zu erreichen, verliert erst dann den Status einer Behauptung, wenn sich der Zuwachs tatsächlich in einem Anstieg der Qualität der Prozessergebnisse messen lässt.

Welche Schlussfolgerung ist daraus abzuleiten? Es müssen Möglichkeiten gefunden werden, den Qualitätsbegriff von technischen Produkten für die Prozessführung um den Anteil der berechenbaren Ergebnisqualität zu erweitern. Hieraus erwachsen sowohl für den Anwender als auch für den Hersteller völlig neue Aufgaben für die Verbesserung der Verlässlichkeit integrierter Schiffsführungs-systeme und damit für die Stärkung der Wettbewerbsfähigkeit.

Voraussetzung dafür sind intelligente Nutzer und intelligent Hersteller auf dem Weg zu einer „VERLÄSSLICHEN BRÜCKE“ („d - bridge“; dependability – Verlässlichkeit).

2 Aufgaben- und ergebnisorientierte Prozessindikatoren

Der Schiffsführungsprozess hat während einer vorgegebenen Zeitdauer und in einem vorgegebenen Raum den Forderungen nach Verlässlichkeit mit der verlangten Qualität für Wirtschaftlichkeit und Sicherheit zu genügen und damit die Stabilität des Systems in seiner Gesamtheit zu bewahren.

QUALITÄT wird laut EN ISO 9000:2008 als „Grad, in dem ein Satz inhärenter Merkmale Anforderungen erfüllt“, definiert. Die Qualität gibt damit an, in welchem Maße ein Produkt (Ware oder Dienstleistung) den bestehenden Anforderungen entspricht. Die Benennung „Qualität“ kann zusammen mit Adjektiven wie schlecht, gut oder ausgezeichnet verwendet werden. Inhärent bedeutet im Gegensatz zu „zugeordnet“ einer Einheit innewohnend, insbesondere als ständiges Merkmal. Damit sind objektiv messbare Merkmale wie z.B. Länge, Breite, Gewicht, Materialspezifikationen gemeint. ...

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

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

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

Eine GEFAHR für die Erfüllung der geplanten Qualität von Aufgaben kann von den Parametern einer prozessrelevanten Störung oder einer Gruppe von Störungen ausgehen und den Zustand des zu steuernden Prozesses zwischen seinen möglichen Endpunkten „stabil“ und „unstabil“ beeinflussen, wobei die Höhe dieser Differenz die Priorität einer Abfolge von Steuerungsoperationen bestimmt (Abfolge von Steuerungsoperationen = Qualitäts-Management).

VERLÄSSLICHKEIT ist ein qualitativer Begriff („dependability“) zur Charakterisierung der anforderungsgerechten Zielerreichung eines Mensch-Maschine-Systems 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 : Individuen, Gruppen, Organisationen, Organisationsumwelt und Technik) (vergl. TIMPE 2002 / 1 /, / 2 /).

Mit welchen Kenngrößen kann die Qualität abgebildet werden ? Was geschieht auf der Brücke ? Welche Daten und Signale werden gesammelt und zusammengeführt, die der Aufgabenstruktur (Art, Inhalt, Aktualität / Priorität) entsprechen und zu einer integrierten (ganzheitlichen) Bewertung partieller Aufgaben bezüglich ihrer Differenz zu den Zielvorgaben (eigenen oder fremden) führen.

Der Prozess „Schiffsführung“ muss analytisch immer aufgabenorientiert, ganzheitlich und an die Betriebsbedingungen angepasst betrachtet werden. Nur so sind qualitative Aussagen über den Erfüllungsstand partieller Aufgaben zu gewinnen (vergl. KERSANDT 2008 / 3 /, / 4 /).

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

Gestaltungsindikatoren sind :

ANTI – GROUNDING : Grundberührungen vermeiden und Geschwindigkeit den natürlichen geografischen Bedingungen anpassen

Fragestellungen :

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 Bodenfrieheit habe ich eigentlich noch ? Halte ich die Vorgaben ein ?

Ist mein Schiff tiefer getaucht ?

COLLISION AVOIDANCE : Andere Fahrzeuge / Objekte in sicherem Abstand passieren

Fragestellungen :

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 ?

TRACK KEEPING : Operative Bahnbreite einplanen und einhalten

Fragestellungen :

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 ?

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

Fragestellungen :

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

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 ?

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

Fragestellungen :

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 ?

Einflussindikatoren sind :

HUMAN CAPABILITY : Menschliche Leistungseigenschaften und –besonderheiten in der Seewache

Fragestellungen :

Verfügbarkeit über die erforderlichen Leistungsvoraussetzungen für eine sichere und wirtschaftliche Schiffsführung ?

Länge der Wachzeit und Tageszeit auf das Situationsbewußtsein und die Abschätzung von Situationen ?

Brückenbesetzung unter den gegebenen Bedingungen ?

TRAFFIC CONDITIONS : Verkehrsbedingungen im Seegebiet.

Fragestellungen :

Verkehrsbedingungen in einem bestimmten Umkreis um das Schiff ?

Verkehrsdichte ?

Verkehrsart (parallel und kurskreuzenden Fahrzeuge) ?

Nähe eines „gefährlichen“ Targets ?

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

Fragestellungen :

Zustand und Verfügbarkeit von Ruderanlage und Hauptmaschine ?

Wirkungen von Zustand und technischen Parametern auf die Verfügbarkeit ?

Wirkungen auf die partiellen Prozesse Kollisionsverhütung, Bahnführung und Umwelt, wenn die technischen Anlagen nicht oder eingeschränkt betriebsbereit sind ?

MET.- HYD. ENVIRONMENT : Einwirkungen durch natürliche meteorologisch-hydrologische Umweltfaktoren

Fragestellungen :

Welche Winstärke herrscht im Seegebiet ?

Wie stark ist der Strom ?

Wie hoch sind die Wellen ?

Wieviel Seemeilen beträgt die Sicht ?

Den partiellen Aufgaben / Prozessen / Einwirkungen werden direkt aus dem Prozess abrufbare bzw. vorzuverarbeitende Eingangsgrößen zugeordnet, die für die Beschreibung der Prozesszustände und der Einwirkungen weiterverwendet werden. Im Ergebnis der

Strukturierung der Schiffsführung, ihrer partiellen Aufgaben, der Auswahl notwendiger Eingangsgrößen und der Ableitung von Bewertungsparametern entsteht die Basis für die Bestimmung der Qualität der aktuellen Erfüllungsgrade der partiellen Aufgaben in der jeweiligen aktuellen Situation. In ähnlicher Weise werden die Wirkungen der Einflussgrößen berechnet.

Die Spezifik der angewendeten mathematischen Verfahren macht es erforderlich, Expertenwissen zu generieren, das in Abhängigkeit von Betriebszuständen differenziert aufbereitet werden muss.

Art und Inhalt der Aufgabenstellungen sowie der Tätigkeit des Nautikers in der Seewache zeichnen sich durch charakteristische Merkmale, Bedingungen und spezifische Besonderheiten aus. Diese Betriebszustände bilden die operationelle Basis für eine Seewache, da sie den Einsatz personeller, technischer und organisationaler Mittel bestimmen und die Aktivierung spezifischen Wissens erforderlich machen.

BETRIEBSZUSTÄNDE :

OPEN SEA
COASTAL AREA
TRAFFIC SEPARATION SCHEME
APPROACHING
FAIRWAY
AT ANCHOR

3 Aus den Ergebnissen

Einige Ergebnisse der qualitativen Prozesszustandsbewertung durch das Programmpaket „QUASNAV“ (Quality Assessment in Navigation) zeigen die folgenden Bilder.

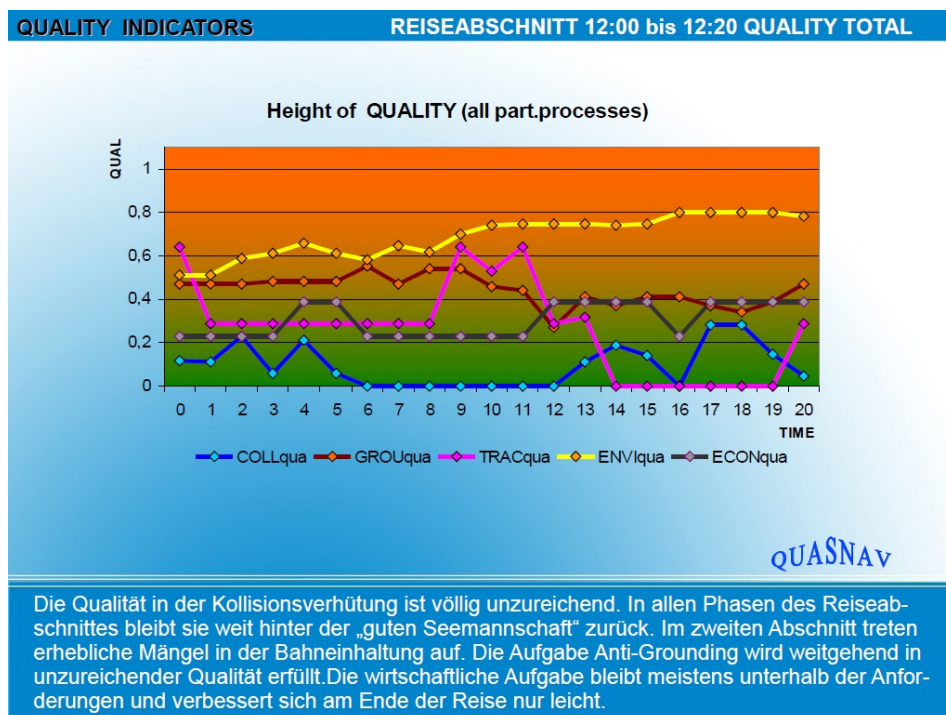


Bild 1 : Qualitätsverlauf in partiellen Prozessen (Gestaltungsindikatoren) der Schiffsführung über einen Messzeitraum von 20 Minuten

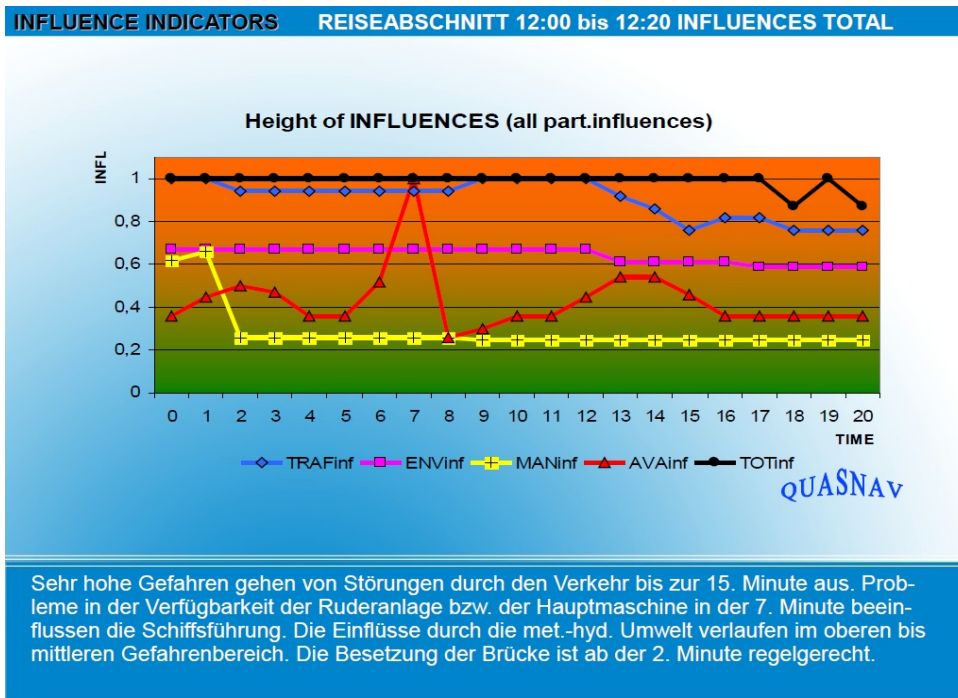


Bild 2 : Verlauf der Einflussindikatoren auf die Schiffsführung im Messzeitraum

Für den Nachweis der von verschiedenen Schiffsführern bzw. unterschiedlichen Gerätesystemen erreichten Prozessqualität wird folgendes Funktionsprinzip (Bild 3) angewendet.

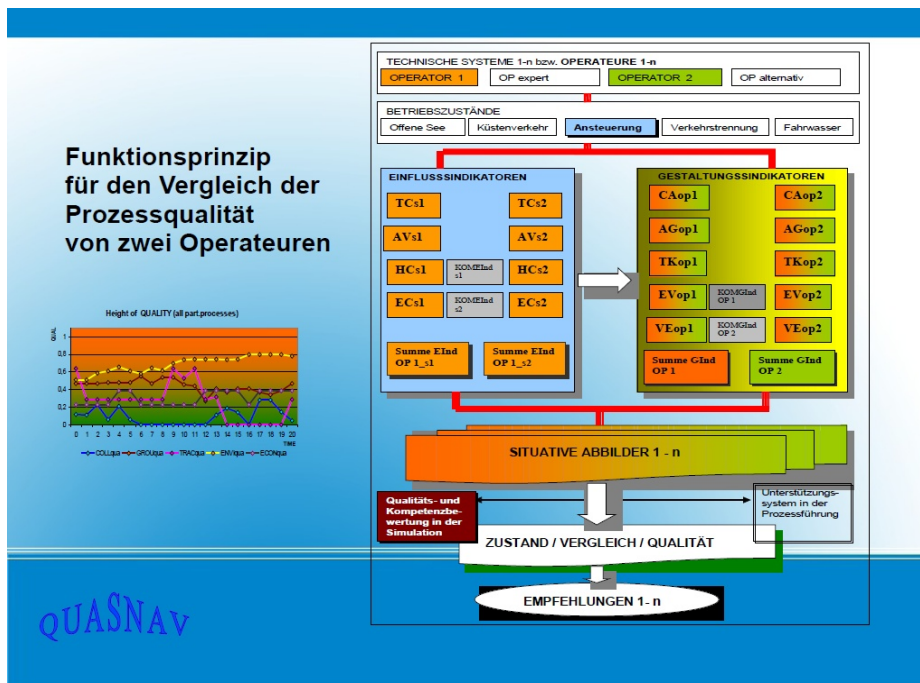


Bild 3 : Vergleich der Prozessqualität verschiedener Operateure bzw. Systeme

Die Höhe der Qualität, die Komplexität des Prozesses und „Qualitätskurven“ anderer Operateure bzw. Systeme können miteinander verglichen und z.B. Differenzen zur sogenannten „guten Seemannschaft“ oder zu alternativen Lösungen (z.B. Standards, Lehrmeinung) herausgearbeitet werden (Bilder 4 und 5).

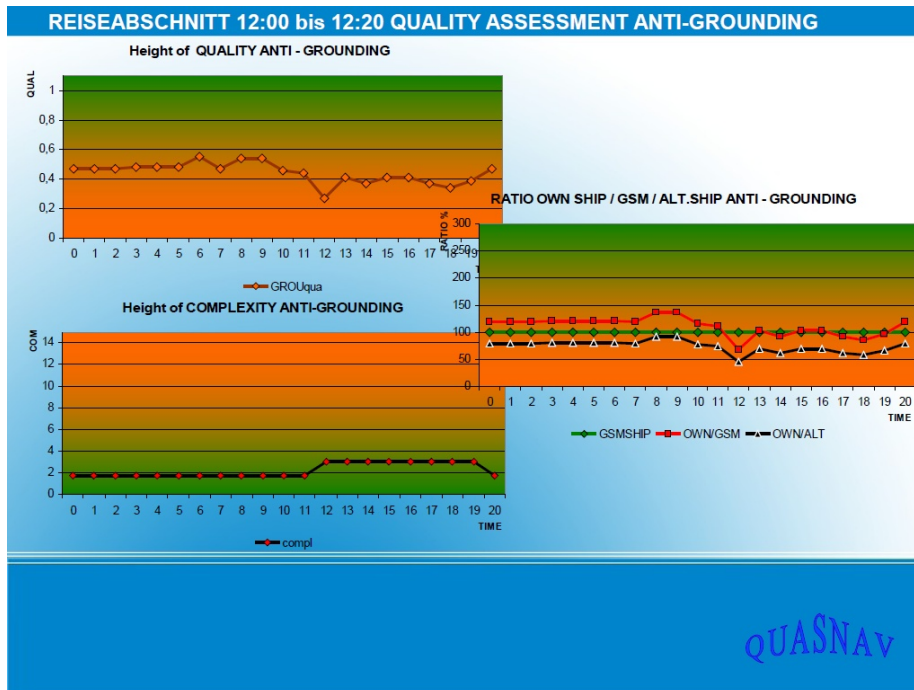


Bild 4 : Qualität, Komplexität im Vergleich zu alternativen Ergebnissen

Schließlich können auf der Grundlage von Qualitätsmessungen in kompletten Messreihen detaillierte Aussagen über die Kompetenz und die Unterschiede zur „guten Seemannschaft“ bzw. zur „Lehrmeinung“ bzw. zu Lösungen mit alternativen „Mensch-Maschine-Ausstattungen“ gewonnen und mit konkreten Ursachen hinterlegt werden (Bild 5).

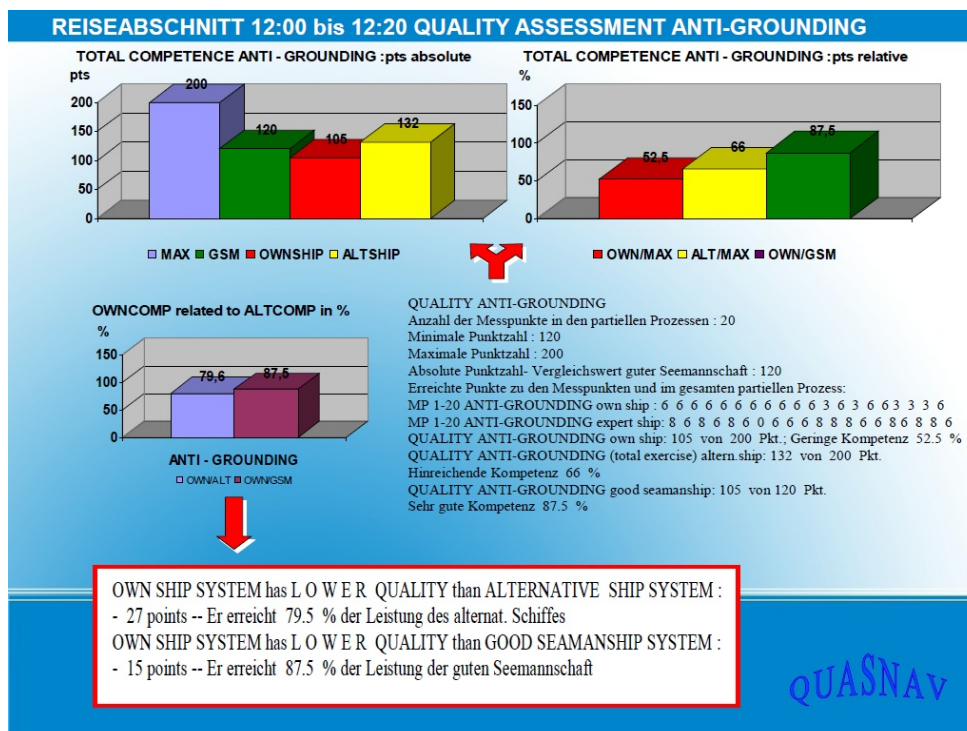


Bild 5 : Qualitäts- bzw. Kompetenzunterschiede in einer kompletten Messreihe

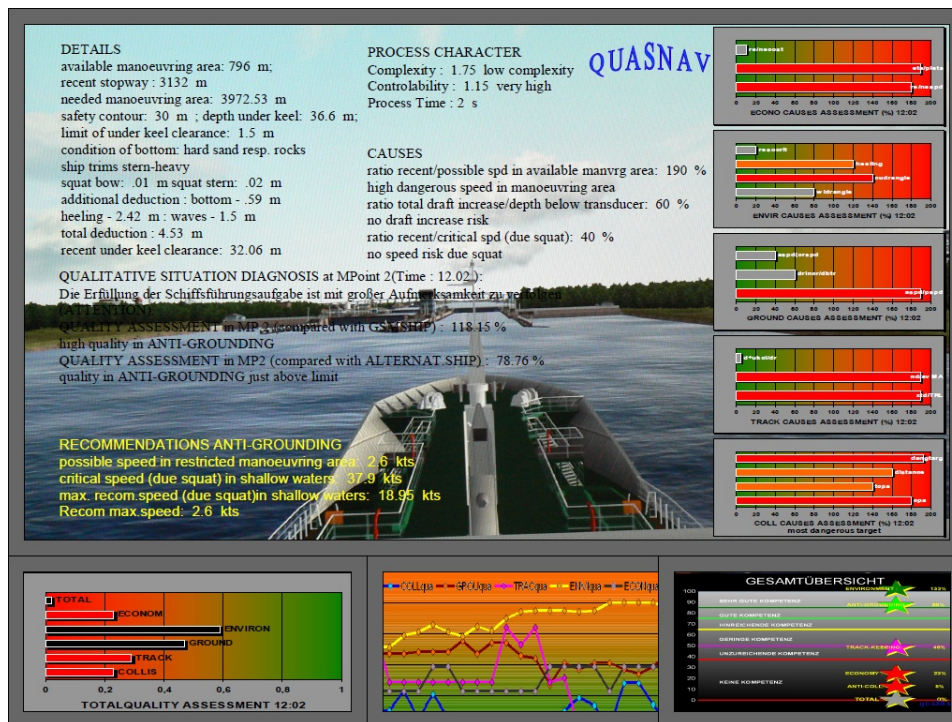


Bild 6 : Displayvorschlag für die qualitative Prozessanalyse

Schiffsführungsprozesse können qualitativ beschrieben werden. Die Grundlage dafür bilden aktive und passive Indikatoren. Aktive Indikatoren repräsentieren die beeinflussbaren Qualitätskenngrößen, passiven Indikatoren bringen vorrangig die operativen Prozessbedingungen zum Ausdruck, unter denen die Schiffsführung stattfindet. Zur Berechnung der Qualität müssen die Indikatoren aufgaben- bzw. prozessorientiert mathematisch fusioniert werden. Ihre Bewertung erfolgt auf der Grundlage des kognitiven Modells der Informationsverarbeitung des Menschen. Der in der Situationsanalyse zu vollziehende Vergleich zwischen dem wahrgenommenen Abbild der Realität und den Zielvorstellungen des Menschen wird mathematisch über die Festlegung eines Qualitätsmaßes „guter Seemannschaft“ und die Ermittlung der aktuellen Höhe der Qualität vorgenommen.

Aktive Indikatoren existieren in den partiellen Aufgaben Kollisionsverhütung, Vermeidung von Grundberührungen, Bahneinhaltung, Umweltbedingungen und Ökonomie.

Passive Indikatoren zeigen die Bedingungen an, unter denen die Schiffsführung diese Aufgaben erfüllt : Verfügbarkeit der Maschinen- und Ruderanlage, Brückenbesetzung, Verkehrsbedingungen und Umwelteinflüsse.

Für den Vergleich der erreichten bzw. erreichbaren Qualität in Schiffsführungsprozessen eignen sich Standardsituationen am Schiffsführungssimulator.

LITERATUR :

- / 1 / Timpe, K.-P. u.a. (2002). Mensch-Maschine-Systemtechnik.- 2.Auflage.-Symposium Publishing GmbH.- Düsseldorf. - Februar 2002
- / 2 / Timpe, K.-P.(2000). Mensch-Maschine-Interaktion in kooperativen 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

- /3 / Kersandt, D.(2008). Der ingenieurpsychologische AIT – Ansatz“ – Entwicklung eines adaptiven, ganzheitlichen und aufgabenorientierten Systems der Schiffsführung“ (Teil 1). – HANSA.- Heft Nr. 7 / 2008; S. 70 ff
- / 4 / Kersandt, D.(2008). Der ingenieurpsychologische AIT – Ansatz“ – Entwicklung eines adaptiven, ganzheitlichen und aufgabenorientierten Systems der Schiffsführung“ (Teil 2). – HANSA.- Heft Nr. 8 / 2008; S. 90 ff
- / 5 / Kersandt, D.(1991).Erkennung und Bewertung sicherheitsrelevanter Situationen im operativen Schiffsführungsprozess – Konsequenzen aus der Analyse subjektiver Fehler von Nautikern. - Ortung und Navigation. Deutsche Gesellschaft für Ortung und Navigation, Verlag TÜV Rheinland. - Heft 02 / 1991