

# Konzeptionierung eines Entscheidungsunterstützungssystems für den Bereich Security in der Fährschifffahrt

**Elena Dalinger**

*Schlüsselwörter: Entscheidungsunterstützungssysteme, Schiffssicherheit, Naturalistic Decision Making, Recognition-Primed Decision Model*

## Zusammenfassung

Auf nationaler und internationaler Ebene werden vielfältige Anstrengungen zur Verbesserung der Sicherheit in der Schifffahrt in Hinblick auf die Gefahr terroristischer Aktivitäten unternommen. Eine der Maßnahmen ist die Einführung von Entscheidungsunterstützungssystemen auf Schiffsbrücken. Durch die Visualisierung von komplexen Daten sollen diese Systeme den Informationsverarbeitungsprozess und somit auch den Entscheidungsprozess des Menschen unterstützen. Der ergonomischen Gestaltung der Benutzungsoberfläche kommt dabei besondere Bedeutung zu. Um Design-Anforderungen zu definieren, muss man die Besonderheiten der Entscheidungsfindung in komplexen Krisensituationen verstehen. Die Naturalistische Entscheidungstheorie betrachtet lebensnahe Entscheidungen in komplexen und sicherheitskritischen Situationen, die unter hohem Zeitdruck getroffen werden müssen. Sie eignet sich somit auch für die Betrachtung von security-relevanten Krisensituationen auf Schiffen. Im vorliegenden Beitrag werden mit Hilfe der Naturalistischen Entscheidungstheorie Design-Konzepte identifiziert, welche die Entscheidungsfindung in Krisensituationen unterstützen.

## Einführung

Die Sicherheit von Seeschiffen hat insbesondere seit den Anschlägen des 11. September 2001 an Bedeutung gewonnen. Terroristische Aktivitäten können im Seetransport besonders schwerwiegende Folgen haben, wie z.B. den Verlust vieler Menschenleben, die Vernichtung von hohen Sachwerten, Umweltschädigungen und Beeinträchtigungen der Verkehrsinfrastruktur.

Das Forschungsprojekt VESPER (Verbesserung der Sicherheit von Personen in der Fährschifffahrt) widmet sich als BMBF-Verbundvorhaben im Sicherheitsforschungsprogramm der Bundesregierung der terroristischen Bedrohung im Seetransport. Ziel des Verbundvorhabens ist es, den aktuellen Sicherheitsstandard in Bezug auf den Personen- und Fahrzeugtransport auf Fährschiffen im internationalen Verkehr systematisch aufzuarbeiten und die Maßnahmen zur Gefahrenabwehr zu verbessern. Ein Teil der Arbeiten beinhaltet die Erstellung eines Anforderungskatalogs für eine Security-Komponente eines Entscheidungsunterstützungssystems (EUS) für Fährschiffe. Das Ziel ist, ein für den Bereich Safety konzipiertes EUS, welches die nautisch-technische Sicherheit fokussiert (Vorfälle wie Brände, Wassereinbruch u.ä.), um Security-Maßnahmen aus dem Bereich der allgemeinpolizeilichen Gefahrenabwehr (Fälle von Bombendrohung und andere terroristische Aktivitäten) zu erweitern.

Der Zweck eines EUS auf Fährschiffen ist es, einem nautischen Offizier auf der Brücke Hilfestellungen bei der Krisenbewältigung zu geben. Das System muss den Entscheidungsprozess des Menschen durch geeignete Informationsvisualisierungen unterstützen. Bei dem Design eines EUS zur Unterstützung in Krisensituationen müssen die Besonderheiten extremer Ereignisse berücksichtigt werden. In Tab. 1 sind die wichtigsten Eigenschaften dieser Ereignisse aufgelistet, die für die Entscheidungsfindung relevant sind.

Tab.1: Eigenschaften extremer Ereignisse und daraus resultierende Konsequenzen für die Entscheidungsfindung (nach Stewart & Bostrom, 2002)

Eigenschaften extremer Ereignisse	Konsequenzen für die Entscheidungsfindung
treten selten auf	geringe Übung im Umgang mit Krisensituationen
haben meistens schwerwiegende Folgen	Risiken und Folgen müssen schnell und möglichst genau eingeschätzt werden
sind unvorhersehbar	es sind keine ausreichenden Vorbereitungen möglich
erzeugen Zeitdruck	Entscheidungsfindung wird durch knappe verfügbare Reaktionszeit, Stress erschwert
stellen komplexe, schlecht strukturierte Probleme dar	Konfrontation mit Informationsüberlastung, unvollständigen, ungenauen Informationen, dynamischen Änderungen der Situation

Die Entwicklung einer geeigneten EUS-Benutzungsoberfläche, die die Entscheidungsfindung in komplexen dynamischen Situationen unterstützen soll, erfordert eine besondere Vorgehensweise, die die oben genannten Faktoren berücksichtigt. Die Einbindung neuartiger Informationsvisualisierungen stellt dabei einen zentralen Aspekt dar.

## Entscheidungsfindung in Krisensituationen

### Naturalistische Entscheidungstheorie

Mitte der 80-er Jahre entstand die Forschungsrichtung der „Naturalistischen Entscheidungsfindung“ (Naturalistic Decision Making, NDM) oder „Entscheidungsfindung in realistischen Situationen“ (Klein et al., 1993). Die Grundlage der NDM-Forschung bilden Untersuchungen bei Feuerwehren, Polizei- und Militäreinheiten, in Krankenhäusern und Kernkraftwerken. Die Situationen, in denen NDM Anwendung findet, zeichnen sich vor allem aus durch eine dynamische Umgebung, eine Echtzeitreaktion auf Änderungen, schlecht definierte Ziele und schlecht strukturierte Aufgaben sowie Experten als Entscheidungsträger.

Die NDM-Theorie hilft zu verstehen, wie Entscheidungsträger in komplexen Situationen Entscheidungen treffen und wie man den Prozess der Entscheidungsfindung unterstützen kann. Im Gegensatz zur klassischen Entscheidungstheorie geht es dabei um Entscheidungen, die in dynamische Aufgaben eingebettet sind und nicht auf der Auswahl der Alternativen basieren. Den traditionellen Modellen der Entscheidungsfindung zufolge werden zuerst verschiedene alternative Handlungsmöglichkeiten identifiziert, Bewertungskriterien definiert und gewichtet. Im Weiteren werden Alternativen nach den ausgewählten Kriterien evaluiert. Erst nach dieser Auswertung wird eine geeignete Handlungsweise ausgewählt. Für solche formalen Analysen wird jedoch zum einen viel Zeit, zum anderen ausreichend Information benötigt. In kritischen Situationen sind beide Voraussetzungen nicht erfüllt. Vielmehr lassen sich diese im Sinne der NDM-Theorie charakterisieren durch (Orasanu & Connolly, 1993)

- schlecht strukturierte Probleme: Situationen sind zu komplex, es gibt keine „beste“ Problemlösung,
- unsichere dynamische Umgebung: unvollständige, ungenaue (manchmal auch falsche) Informationen, dynamische Bedingungen, ständige Veränderung der realen Entscheidungssituation,
- unklar definierte Ziele: schlecht definierte, sich ändernde, möglicherweise auch konkurrierende Ziele,

- das Stattfinden von Entscheidungen in mehreren Aktion/Feedback-Schleifen: Der Prozess der Entscheidungsfindung besteht aus einer Reihe von Entscheidungen und deren Folgen. Jeder Entscheidung folgt ein Feedback über die Auswirkungen dieser Entscheidung. Fehler können so früh erkannt und korrigiert werden.
- Zeitdruck,
- hohe Risiken (schwerwiegende Folgen falschen oder verzögerten Handelns),
- viele Beteiligte: Notwendigkeit der Koordination von Teams bei der Problemlösung,
- organisationsbezogener Kontext: Ziele und Normen müssen beachtet werden.

### **Erkennungsbasierte Entscheidungsfindung**

Eines der Modelle der NDM ist das des Recognition-Primed Decision (RPD) Making (erkennungsbasierte Entscheidungsfindung, Klein, 1998). Mit Hilfe des RPD-Modells kann der Prozess der Entscheidungsfindung in realistischen Situationen beschrieben werden. Die Basis des RPD-Modells bilden folgende Behauptungen:

- Erfahrene Entscheidungsträger erarbeiten und bewerten häufig nur eine Handlungsalternative, anstatt mehrere Alternativen gegeneinander abzuwiegen;
- Sie generieren und evaluieren Handlungsalternativen eine nach der anderen, ohne deren Vor- und Nachteile zu vergleichen;
- Bei der Evaluierung der gewählten Handlungsalternative können sie deren Schwächen erkennen und sie verbessern;
- Sie evaluieren die Handlungsweise mit Hilfe der mentalen Simulation und nicht durch die formale Analyse;
- Da Probleme schlecht strukturiert sind, wählen Entscheidungsträger eine Lösung, die „gut genug“, aber nicht unbedingt optimal ist („Satisficing“).

Die Vorgehensweise des RPD-Modells ist in Abb. 1 dargestellt. Zunächst wird vom Entscheidungsträger versucht, die Situation als typisch (vertraut) zu erkennen. Dies beinhaltet:

- Erkennen der Ziele (Prioritäten setzen),
- Auswählen der relevanten Hinweise (keine Informationsüberlastung),
- Prüfen der Erwartungen (was als Nächstes zu erwarten ist, um sich vorzubereiten),
- Ableiten der Handlung (typische Reaktion in dieser Situation).

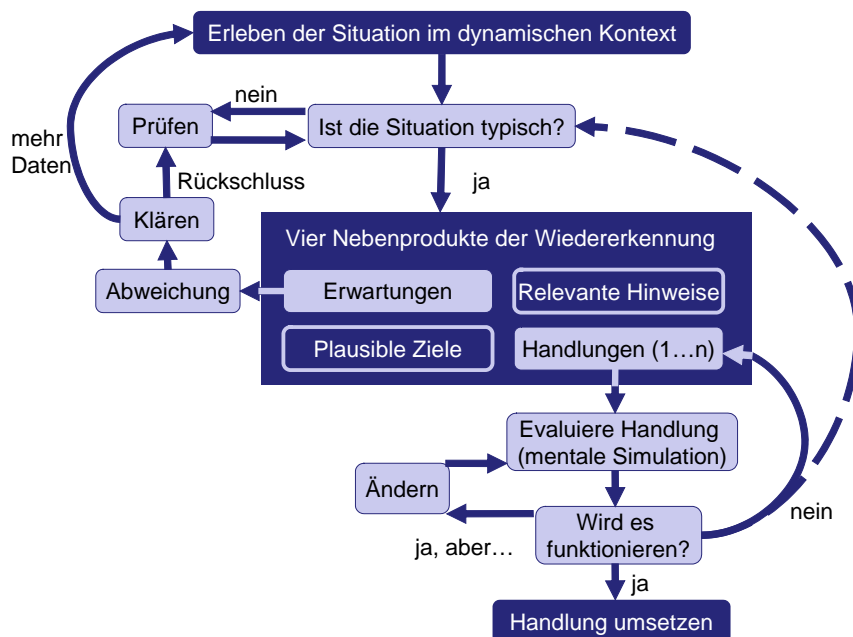


Abb. 1: RPD-Modell (nach Klein, 1998)

Falls die über das Ereignis gesammelten Informationen nicht vollständig einer typischen Situation entsprechen, muss mehr Zeit für die Prüfung der Situation verwendet werden. Falls Abweichungen vom angenommenen Verlauf auftreten (Erwartungen sind nicht erfüllt), müssen unter Umständen weitere Informationen gesammelt (oder abgewartet) werden. Wenn durch die mentale Simulation klar wird, dass Schwierigkeiten bei der Durchführung der Handlung zu erwarten sind, muss die Handlungsweise angepasst werden oder eine neue Handlungsalternative überlegt werden.

## Unterstützung der Entscheidungsfindung durch Design

### Anforderungen an Informationsdarstellungen in Krisensituationen

Entscheidungsfindung basiert auf der Interpretation vorhandener Informationen. Falsche oder unvollständige Informationen führen zu falschen Entscheidungen, deshalb ist die Art und Weise, wie Informationen dargestellt werden, von herausragender Bedeutung. Im Folgenden wird im Kontext der NDM betrachtet, welche Anforderungen an Informationen beim Prozess der Entscheidungsfindung in komplexen Situationen gestellt werden.

Im RPD-Modell werden zwei Prozesse vereinigt:

- die Beurteilung der Situation, um einen Handlungsweg zu finden (Wiedererkennung),
- die Evaluierung der Handlungsmöglichkeit durch mentale Simulation.

Um die Situation beurteilen zu können, muss ein Entscheidungsträger:

- Ziele erkennen: Um Informationsanforderungen der Benutzer zu ermitteln, muss man ihre Ziele verstehen. Die Informationen müssen in einem situationsbezogenem Kontext präsentiert werden. Wichtig ist, nicht nur die Informationen zu liefern, sondern auch die Erklärung, warum diese Informationen gebraucht werden.
- Hinweise auswählen: In komplexen Situationen ist es schwer vorherzusagen, welche Informationen man brauchen wird, deshalb müssen die Informationen möglichst vollständig sein. Andererseits, wenn man alle verfügbaren Informationen dem Benutzer präsentiert, führt dies zur Informationsüberlastung. Um effektive Unterstützung zu gewährleisten, muss die Menge an Informationen nicht reduziert werden, sondern Möglichkeiten gefun-

den werden, um die Informationen zu vermitteln, die im Kontext von Bedeutung sind (Albers, 2002). Dies berücksichtigt auch, dass Menschen bei hoher Arbeitsbelastung und Stress ihre Aufmerksamkeit auf eine begrenzte Anzahl der Informationsquellen konzentrieren. Dabei werden insbesondere vertraute Informationen verwendet und neue Informationen außer Acht gelassen. Außerdem werden häufig nicht erwartungs- bzw. hypothesenkonforme Informationen ignoriert (Hancock & Szalma, 2003). Deshalb muss die Benutzungsschnittstelle eine sofortige Aufmerksamkeit für kritische Informationen auslösen und gleichzeitig eine zu starke Fokussierung auf bestimmte Informationen verhindern.

- Erwartungen prüfen: Die Entscheidungsfindung in dynamischen Situationen vollzieht sich häufig mit hoher Flexibilität. Falls aktuelle Informationen den Erwartungen nicht entsprechen, können Entscheidungen geändert werden. Das System muss deshalb stabil für unerwartete Änderungen sein.
- Handlungsmöglichkeiten wählen: Bei komplexen Aufgaben in dynamischen Umgebungen sind Handlungsabläufe nicht vorhersehbar. Da Informationen aufgrund der dynamischen Situationen nicht vorher strukturiert werden können, müssen Informationen so dargestellt werden, dass der Benutzer die Möglichkeit hat, die Informationspräsentation seinen Bedürfnissen anzupassen, während er nach der Lösung des Problems sucht (Albers, 2002).

Eine weitere Aufgabe, bei der die Entscheidungsträger unterstützt werden müssen, ist die Evaluierung der Handlungsmöglichkeiten durch mentale Simulation. Die Informationsdarstellung muss dem mentalen Modell des Benutzers entsprechen, damit das Verständnis der Situation erlangt werden kann. Ziel ist es, eine Informationsstruktur zu entwickeln, die sowohl das mentale Modell des Benutzers über die Situation als auch den Kontext dieser Situation abbildet (Albers, 2002). Dazu muss insbesondere der bisherige Verlauf der Situation mit allen kritischen Änderungen verfolgt werden können, damit ein klares Bild von der Situation entsteht.

## Designkonzepte

Das zu entwerfende EUS soll die Komplexität des Arbeitsgebietes mittels Visualisierung komplexer Daten abbilden und dadurch den Informationsverarbeitungsprozess und somit auch den Entscheidungsprozess des Menschen unterstützen. Voraussetzung hierfür ist eine ergonomische Gestaltung der graphischen Benutzungsoberfläche. Eine Zusammenfassung der wichtigsten Anforderungen an das Design einer Benutzungsoberfläche unter der Berücksichtigung der Theorie der NDM ist in Tab. 2 dargestellt.

Tab.2: Anforderungen an das Design

Schritte der Entscheidungsfindung (RPD-Modell)	Schwierigkeiten bei der Entscheidungsfindung	Anforderungen an das Design
Wiedererkennung der Situation	Komplexe Situationen, schlecht strukturierte Probleme	Informationen vollständig präsentieren: Übersichtsdarstellung auf einem Bildschirm (Darstellung der Schiffdecks, Übersicht der Maßnahmen)
Ziele	Schlecht definierte, sich ändernde, konkurrierende Ziele	Handlungen den Zielen zuordnen, Prioritäten setzen, zielorientierte Verknüpfungen zwischen den Informationen
Hinweise	Informationsüberlastung, unvollständige,	Relevante Informationen darstellen: Filtern der Informationen; alle anderen Informatio-

	ungenauere Informationen	nen müssen trotzdem leicht erreichbar sein
	Aktuelle Informationen können übersehen werden	Anzeige, dass zusätzliche Informationen verfügbar sind; neue Informationen mit schon vorhandenen verknüpfen
Erwartungen (Abweichungen)	Dynamische Änderungen der Situation	Kritische Informationen bei Änderung der Situation sofort verfügbar machen und hervorheben
Handlungen auswählen	Finden der geeigneten Handlungsmöglichkeiten	Geeignete Navigation, um zu den Maßnahmen zu gelangen: hierarchische Struktur aller Informationen im System, Suchfunktion
	Keine Möglichkeit, die Informationen vorher zu strukturieren	Informationsdarstellung den Anforderungen der Benutzer anpassen: Zusammenführung von Informationen aus verschiedenen Quellen per Drag & Drop, neue Filter und Links selbst kreieren
Informationen anfordern	Zeitdruck	Kommunikation nach außen: automatische Übermittlung von Informationen an zuständige Organisationen und automatisches Loggen der ankommenden Nachrichten
Mentale Simulation	Ständige Veränderung der realen Entscheidungssituation	Nutzung der bisherigen Krisendaten zur Analyse der Situation: automatische Aufzeichnungen von Ereignisdaten und Informationen während der Krise
Handlung umsetzen	Viele Beteiligte, Sicherheitsnormen müssen beachtet werden	Unterstützung bei der Koordination verschiedener Einsatzgruppen: klare Rollenbeschreibung mit Aufgaben, Verantwortlichkeiten und Informationsanforderungen; automatische Durchsagen (auch an Passagiere)

## Ausblick

Eine Herausforderung bei der Entwicklung eines EUS ist seine Einbettung in alltägliche Arbeitsprozesse auf dem Schiff, so dass die Benutzer durch regelmäßige Verwendung mit dem System vertraut sind und dieses nicht erst im Krisenfall erstmalig zum Einsatz kommt. Deshalb muss das System so konzipiert werden, dass es für Trainings- und Simulationszwecke eingesetzt werden kann, z.B. im Rahmen vorgeschriebener regelmäßiger Übungen auf dem Schiff.

Um Informationsanforderungen der Entscheidungsträger zu definieren, werden Methoden der Cognitive Task Analysis (CTA) eingesetzt. Die CTA-Methoden helfen zu verstehen, was Experten über ihr Arbeitsgebiet wissen, wie sie bei der Ausführung ihrer Aufgaben denken und welche Strategien sie benutzen, um Entscheidungen zu treffen (Crandall et al., 2006).

Die Realisierung des EUS soll anhand des Ecological Interface Design (EID) (Vicente & Rasmussen, 1992) in Verbindung mit Abstraktionshierarchien nach Rasmussen (1985) erfolgen. Nach diesem Ansatz entworfene Benutzungsschnittstellen gewährleisten einerseits den Überblick über die Gesamtsituation, andererseits aber auch den schnellen Zugang zu Detailinformationen und Funktionen.

## Literatur

- Albers, M. J. (2002). *Design Considerations for Complex Problem-Solving*. STC Proceedings. Verfügbar unter: <http://www.wirfangenan.de/texte/max/anfaeng.html> [3.08.2009].
- Crandall, B., Klein, G. & Hoffman, R.R. (2006). *Working Minds: A Practitioner's Guide to Cognitive Task Analysis*. Cambridge, MA: MIT Press.
- Hancock, P.A. & Szalma, J.L. (2003). Operator stress and display design. *Ergonomics in Design*, 11(2), 13-18.
- Klein, G. (1998). *Sources of Power: How People Make Decisions*. Cambridge, MA: MIT Press.
- Klein, G.A., Orasanu, J., Calderwood, R. & Zsombok, C.E. (Hrsg.) (1993), *Decision Making in Action: Models and Methods*. Norwood, NJ: Ablex.
- Orasanu, J. & Connolly, T. (1993). The Reinvention of Decision Making. In: Klein, G.A., Orasanu, J., Calderwood, R. & Zsombok, C.E. (Hrsg.), *Decision Making in Action: Models and Methods* (S. 3-20). Norwood, NJ: Ablex.
- Rasmussen, J. (1985): The Role of Hierarchical Knowledge Representation in Decisionmaking and System Management. In: *IEEE Transactions on Systems, Man, and Cybernetics*, SMC-15 (2), 234-243.
- Stewart, T. & Bostrom, A. (2002): *Extreme Event Decision Making Workshop Report*. Verfügbar unter: <http://www.albany.edu/cpr/xedm/XEDecisionMakingReport.pdf> [3.08.2009].
- Vicente, K.J. & Rasmussen, J. (1992): Interface Design: Theoretical Foundations. In: *IEEE Transactions on Systems, Man, and Cybernetics*, 22 (4), 589-606.