

## **ConCent: Eine Simulationsplattform zur Untersuchung kollaborativer Entscheidungsprozesse in Leitzentralen**

Dirk Schulze Kissing & Hinnerk Eißfeldt

### **Zusammenfassung**

Leitzentralen sind sozio-technische Systeme, deren Mitarbeiter die für den Betriebsablauf erforderlichen Ressourcen räumlich und zeitlich koordinieren. Im Falle unvorhergesehener Ereignisse müssen im Leitzentralenteam Entscheidungen getroffen werden, wie die Situation zu managen ist. Aus der Human-Faktor-Perspektive setzt dies einen Prozess zum Aufbau eines gemeinsamen Situationsverständnisses im Team voraus (Cooke et al., 2013; Waterson et al., 2015).

Der Informationsauswahl und Informationsanalyse liegen Aufmerksamkeitsprozesse zugrunde, die über die Messung des Blickverhaltens erfassbar sind. Werden Blickdaten mehrerer Teammitglieder in einen gemeinsamen Kontext gesetzt, kann ein sich im Verlauf ausbildender, gemeinsamer Aufmerksamkeitsfokus und damit die Herausbildung eines in der Gruppe bestehenden Situationsverständnisses objektiv nachgewiesen werden (siehe z.B. Hauland, 2008).

Das DLR-Projekt COCO (*Collaborative operations in control rooms*) zielt darauf ab, die sich auf ein gemeinsames Situationsverständnis positiv und negativ auswirkenden Verhaltensdispositionen zu identifizieren. Der Einsatz der experimentalphysikalischen Simulationsplattform ConCent (*generic Control Center Task Environment*) erlaubt die integrierte Auswertung von Interaktion und Kommunikation in Gruppen unter Einbindung von Blickmessmethodik. Der Schwerpunkt des Beitrags liegt in der Vorstellung des Entwicklungsprozesses und der Versuchsumgebung ConCent.

### **1 Einleitung**

Die Mitarbeiter des sozio-technischen Systems „Leitzentrale“ koordinieren in unterschiedlichen Rollen gemeinsam die räumliche und zeitliche Verteilung der im Betriebsablauf eingesetzten Einheiten (Personal und Technik) entsprechend eines Zeitplans oder in Reaktion auf unvorhergesehene Ereignisse (siehe hierzu auch Suchman, 1997; Smith et al., 2001). Bei der Koordination werden sie von technischen Systemen unterstützt. Beispiele hierfür sind operationelle Zentren zur Koordination der Prozesse an einem Flughafen oder Einsatzleitzentralen im öffentlichen Personennah- und -fernverkehr. Das DLR-Projekt COCO (Collabo-

rative operations in control rooms) liefert Beiträge zur Optimierung der Teamarbeit in solchen Leitzentralen.

Im Falle unvorhergesehener Ereignisse müssen im Leitzentralenteam Entscheidungen getroffen werden, wie die Situation zu managen ist. Auf psychologischer Ebene setzt eine angemessene gemeinsame Entscheidung einen Prozess zum Aufbau eines gemeinsamen Situationsverständnisses im Team voraus (Cooke et al., 2013). Entscheidungen, die auf einem unzureichenden oder gar falschen Verständnis der Situation beruhen, führen zu menschlichen Fehlern, die schwerwiegende Folgen nach sich ziehen können. Um die Teamarbeit in Leitzentralen objektiver bewerten zu können und damit weiter zur Optimierung der Zusammenarbeit beizutragen, ist es hilfreich, die für das Situationsverständnis notwendigen Austauschprozesse zwischen Teammitgliedern möglichst objektiv zu erfassen.

Maßnahmen zur Optimierung der Teamarbeit können sein: (a) die Gestaltung von technischen Systemen zur angemessenen Unterstützung von Austauschprozessen, (b) ein Training kollaborativer Verhaltensmuster für das operative Personal, oder (c) ein an den Anforderungen austauschorientierter Zusammenarbeit ausgerichteter Personalauswahlprozess.

Der Nachweis, dass (a) ein neues Unterstützungssystem, (b) ein Training oder (c) bestimmte Nutzereigenschaften zu einer relevanten Verbesserung solchen kollaborativen Entscheidens führen, erfolgt über die Messung von Verhaltensindikatoren, unter denen die Blickdaten eine besondere Rolle einnehmen. Blickdaten können wichtige objektive Verhaltensmaße zur Bestimmung der Güte der Zusammenarbeit innerhalb einer Gruppe liefern (siehe z.B. Hauland, 2008). Während die Güte der Entscheidungen unmittelbar an den Systemeingaben ablesbar ist und der Informationsaustausch sich in den Kommunikationsakten der Teammitglieder ausdrückt, liegen der vorausgehenden individuellen Informationsauswahl und Informationsanalyse Aufmerksamkeitsprozesse zugrunde, die über Blickmessungen erfassbar sind.

Darüber hinaus können die Blickdaten mehrerer Teammitglieder in Beziehung zueinander gesetzt werden, um einen sich im Verlauf ausbildenden (emergenten) gemeinsamen Aufmerksamkeitsfokus und damit die Herausbildung eines in der Gruppe bestehenden gemeinsamen Situationsverständnisses nachzuweisen.

## **2 Zielstellungen**

Ein wesentlicher Schwerpunkt des programmatischen Teilgebiets „Faktor Mensch und Sicherheit“ am DLR liegt in der Erforschung der Kommunikation und Interaktion des in sozio-technischen Systemen arbeitenden Menschen. Nach den Projekten Aviator 2030 (Eissfeldt et al., 2009) und Aviator II (Bruder et al., 2013), deren Fokus auf den operativen Tätigkeiten in der Luftfahrt, namentlich den Flugsicherungs- und Flugführungsaufgaben lagen, werden mit dem Projekt COCO nun die Forschungsfragestellungen auf die Interaktion und Kommunikation in Kontrollzentralen erweitert, welche als übergeordnete Instanzen die

Prozesse in den bislang betrachteten operativen Bereichen koordinieren. Darüber hinaus werden Kontrollzentralen domänenübergreifend untersucht. Eine im Projekt verfolgte methodische Zielstellung besteht darin, das Muster von Blickbewegungen der einzelnen Gruppenmitglieder zu einem objektiven Indikator zusammenzuführen, anhand dessen sich die Güte der Zusammenarbeit hinsichtlich der koordinierten Informationsauswahl, Informationsanalyse, Entscheidungsfindung und Handlungsausführung in Gruppen bestimmen ließe.

Im Projekt werden folgende Fragestellungen aufgegriffen: Wie wirken sich bestehende und/oder anstehende Veränderungen in Kontrollzentralen bezüglich der Art und Weise der Zusammenarbeit auf die Fähigkeitsanforderungen an Operateure aus? Anhand welcher Verhaltensindikatoren lassen sich gut koordinierte Teams von schlecht koordinierten Teams unterscheiden? Stellt sich der Aufbau eines gemeinsamen Situationsverständnisses als eine Herausbildung neuer übergeordneter Blickverhaltensmuster der Gruppe infolge des Zusammenspiels seiner Mitglieder dar? Lässt sich in den aufeinander bezogenen Blickmustern mehrerer Teammitglieder ein sich im Verlauf einer Aufgabenbearbeitung ausbildender Aufmerksamkeitsfokus der Gruppe nachweisen? Welche optimalen Blickmuster könnten für eine koordinierte Informationsauswahl, Informationsanalyse, Entscheidungsfindung und Handlungsausführung postuliert werden? Und wie wirkt sich die Müdigkeit als Einflussfaktor auf das so erfasste Gruppenverhalten aus?

Um diese Forschungsfragestellungen untersuchen zu können, wurde im Projekt COCO die synthetische Aufgabenumgebung ConCenT (generic Control Center Task Environment) entwickelt. Hiermit wird das Portfolio der am DLR verfügbaren Forschungsplattformen um eine zur Messung von Kommunikations- und Interaktionsverhalten in Gruppen gestaltete Simulationsumgebung erweitert. Mit der Integration von Blickmesstechnologie zur Untersuchung von Gruppenprozessen wird darüber hinaus ein neuer Ansatz im Forschungskontext verfolgt, mit der Perspektive diesen auch für den Einsatz in der Personalauswahl weiterzuentwickeln. Die Beteiligung von namhaften Stakeholdern aus der Luftfahrt als Projektpartner zeigt das Interesse der Branche an der stetigen Weiterentwicklung von Personalauswahlmethoden auch im Bereich der Tätigkeiten in Prozessleitzentralen an.

### **3 Beispiel-Fragestellung: Muster optimalen Monitorings zur Feststellung eines gemeinsamen Situationsverständnisses in Gruppen**

Im Bereich der Luftfahrtforschung wurde schon Anfang der 1950er Jahre das optimale Überwachen von dynamischen Anzeigen durch Operateure thematisiert. In einer Analyse von Suchstrategien im Cockpit (z.B. Fitts et al., 1950) fand ein Versuchsparadigma Anwendung, bei dem die Teilnehmer zu erkennen haben, ob ein Signal von einem bestimmten Optimum abweicht oder sich in einer Gefahrenzone befindet. Mithilfe dieser Untersuchungen sollten die Strategien erfahrener Operateure bei der Entscheidung, wohin sie in jedem einzelnen Moment blicken

sollen (auch bezeichnet als Monitoring), untersucht werden. Ziel war es, die Prinzipien für ein normatives Modell des optimalen Durchmusterens dynamischer Anzeigen empirisch zu bestätigen.

In seinem normativen Modell postulierte Senders (1964), dass die Häufigkeit, mit der eine gegebene Anzeige fixiert wird, davon abhängen sollte, ob die anderen Anzeigen Signale mit einer geringen Bandbreite (geringe Änderungsdynamik) oder Signale mit hoher Bandbreite (starke Änderungsdynamik) aufweisen. Während die Prinzipien dieser früheren normativen Modelle externe Einflussfaktoren beschreiben, wurden nach der kognitiven Wende verstärkt auch interne Repräsentationen mit in Betracht gezogen (z.B. Sheridan & Rouse, 1972; Roth et al., 1997). Als weitere Einflussfaktoren wurden Häufigkeit, Genauigkeit und Wahrscheinlichkeit in die normativen Modelle des Überwachungsverhaltens aufgenommen. Die Häufigkeit, mit der eine Anzeige überwacht wird, hängt zum einen von der Geschwindigkeit ab, mit der ein hier abgebildeter Prozess externe Unsicherheit generiert. Weitere Faktoren sind die Genauigkeit, mit welcher der momentane Wert einer Funktion abgelesen werden soll, die Grenzen, die ein Prozess nicht überschreiten sollte, und die Wahrscheinlichkeit, dass eine Informationsquelle einen kritischen Wert anzeigt, während der Beobachter eine andere Informationsquelle beachtet (Wickens et al., 2001). Daneben bestimmt laut dem Modell des bedingten Überprüfens aufgrund einer intern generierten Ertragsmatrix (*pay-off matrix*), in welcher die Kosten für das Übersehen kritischer Ereignisse mit dem Aufwand des Überprüfens in Beziehung gesetzt werden, ob sich ein Operateur für die Informationsauswahl, Informationsanalyse, Entscheidung und gegebenenfalls Handlungsausführung bezüglich eines auf einer Anzeige abgebildeten Prozesses entscheidet oder nicht (Wickens et al., 2001).

Die empirischen Befunde zur Validierung der normativen Modelle des Überwachungsverhaltens sind eher schwach. Es konnten aber Belege gefunden werden, dass das Überprüfen langsamer Signale von der Entfernung des Signals von der kritischen Zone beim vorangegangenen Ablesewert abhängt (Donk & Hagemester, 1994). Als ein weiteres gut belegtes Phänomen gilt, dass in Blickbewegungsstudien unabhängig von der Bandbreite eines Signals horizontale Sakkaden häufiger auftreten als diagonale. Generell ließ sich ein im Vergleich zu den normativen Modellen zu häufiges Überprüfen langsamer und zu seltenes Überprüfen schneller Anzeigen feststellen (Sheridan & Rouse, 1972). In diesem Zusammenhang wurde auch vermutet, dass bei der Durchmusterung sich langsam ändernder Signale die Operateure anhand der vorherigen Ergebnisse abschätzen, wann es sinnvoll ist sich dieser Anzeige erneut zuzuwenden. Diese Abschätzungen gehen ein in eine intern repräsentierte Verteilung der zu überwachenden Prozesse, welche die Grundlage des Überwachungsplans bildet. Eine solche Abschätzung ist vermutlich an der Überwachung sich schnell ändernder Signale nicht beteiligt, so dass diese mutmaßlich ohne die Beteiligung von Timingprozessen gescannt werden.

Eine klassische Hypothese zum visuellen Suchverhalten ist, dass sich die Suchstrategien ändern wenn man unter organischen Stressoren wie Müdigkeit oder Ermüdung leidet (Broadbent, 1950). Befunde hierzu besagen, dass Versuchsteilnehmer nach Schlafentzug die Überwachung peripherer Signale vernachlässigen (Sanders & Reitsma, 1982). Beim 20-Anzeigen Test zeigen Versuchsteilnehmer mit zunehmender Sitzungsdauer die Tendenz zur größeren Nachlässigkeit bei der Wahrnehmung peripherer Signale (Broadbent, 1950). Schlafentzug beeinträchtigt die Selektivität der Aufmerksamkeit, was sich in einer geringeren Frequenz von Blicken auf ausgewählte Fokusbereiche niederschlägt (Hockey, 1970). Die Einengung der Aufmerksamkeit ist ein typisches Anzeichen für Ermüdung (z.B. Bartlett, 1953).

#### **4 Vorgehen bei der Entwicklung der synthetischen Aufgabenumgebung ConCenT**

Die oben aufgelisteten Faktoren sind in ConCenT systematisch variierbar. ConCenT wird im Rahmen des Projekts COCO auch in einer Schlafdeprivationsstudie eingesetzt werden. Die experimentellen Studien sind zurzeit in der Vorbereitung. Die Studienergebnisse werden an anderer Stelle vorgestellt werden. Es folgt an dieser Stelle eine Darlegung der synthetischen Aufgabenumgebung ConCenT, der ein kurzer Abriss des Entwicklungsprozesses vorangestellt ist.

Das Vorgehen bei der Erstellung von ConCenT orientierte sich an den Empfehlungen zur Entwicklung von synthetischen Aufgabenumgebungen für Teams von Cooke und Shope (2004). Das Ziel einer zum Projektauftritt durchgeführten Hospitationsphase bestand darin, die in unterschiedlichen Leitzentralen bestehenden Aufgabensituationen zu verstehen. Hieran anschließend wurden in Workshops mit operativen Experten aus verschiedenen Bereichen, insbesondere des Verkehrswesens, die domänenübergreifenden Situationsmerkmale herausgearbeitet, in denen die Zusammenarbeit zwischen Teammitgliedern eine zentrale Anforderung darstellt. Im darauffolgenden Systementwicklungsschritt wurden die gemeinsamen Eigenschaften, der in diesen Situationen zu bearbeitenden Aufgaben, abstrahiert und diejenigen Aufgabenaspekte, die besonders hervorgehoben werden sollten, identifiziert. Diese Vorgaben bildeten die inhaltlichen Anforderungen an das Design der synthetischen Aufgabenumgebung ConCenT. Eine weitere Grundlage für ConCenT lieferten die allgemein an eine experimentelle Untersuchungsplattform zu stellenden methodischen Anforderungen. An dieser Stelle wird auf die in den Expertenworkshops herausgearbeiteten inhaltlichen Anforderungen eingegangen. Eine ausführliche Darstellung der Struktur, Inhalte und Ergebnisse der Workshops wird an anderer Stelle erfolgen.

Einen Überblick der in den beiden Workshops domänenübergreifend als wichtig für Auswahl und Training identifizierten Anforderungen an das in OCCs tätige Personal zeigt Bild 1. Als wichtigste Ansatzpunkte für die Personalauswahl und das Training wird die Eigenschaft der proaktiven Kommunikationsfähigkeit genannt. Als besonders kritisch bewertet wurde fehlende Teamfähigkeit, gepaart

mit einem Hang zum Einzelkämpfer. Präzision (im Kontrast stehend zur negativen Eigenschaft der fehlenden Regelkonformität) sowie Entscheidungsfähigkeit und Eigenverantwortung werden weiterhin als wesentliche Anforderungen genannt. Als weitere wesentliche Fähigkeiten folgen Flexibilität, Priorisierung, Einsatzbereitschaft und vorausschauendes Arbeiten. Zusätzlich konnten noch effiziente Kommunikation, gesunde Selbsteinschätzung, Sachlichkeit und Bereitschaft zur Unterstützung als weitere erwünschte Verhaltensdispositionen in den Workshops abgeleitet werden.

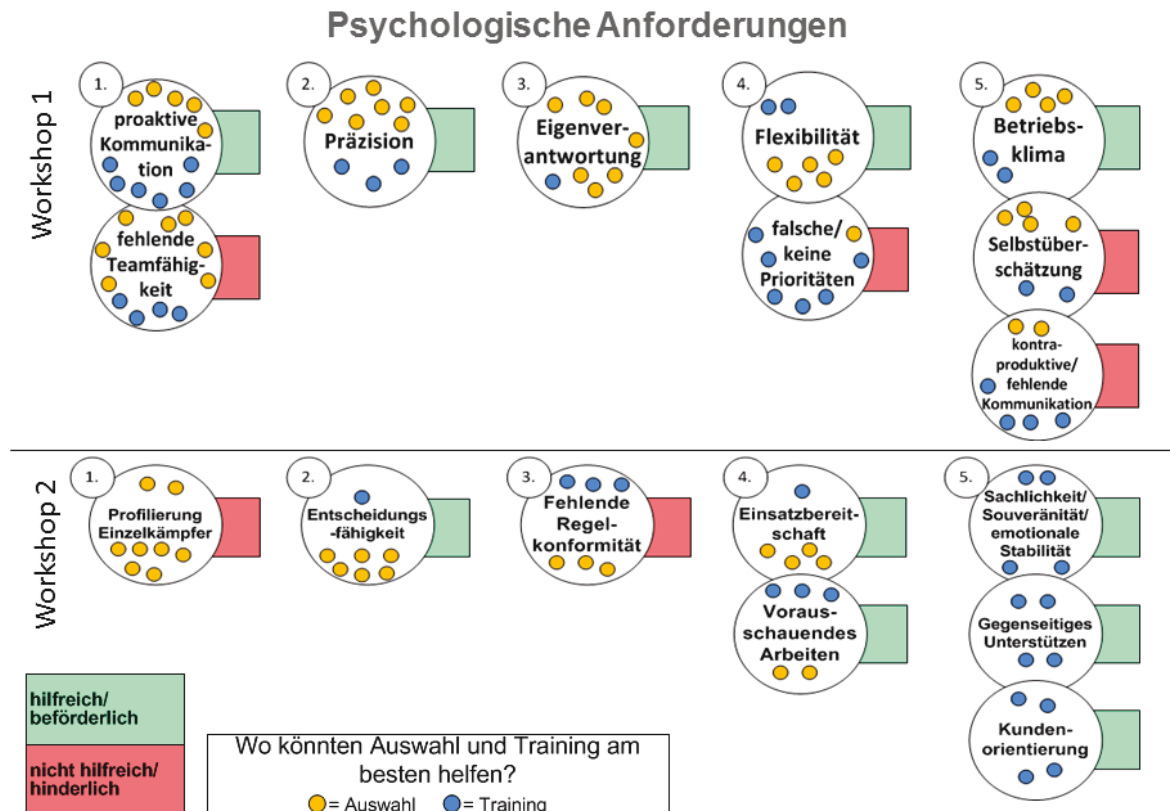


Bild 1: Zusammenfassung der Ergebnisse der Expertenworkshops zur Anforderungsanalyse für Tätigkeiten in OCCs

## 5 ConCenT

Die synthetische Aufgabenumgebung ConCenT ist darauf ausgelegt, die Ausprägungen dieser Verhaltensdispositionen innerhalb eines Teams während einer gemeinsamen Aufgabenbearbeitung erkennbar und messbar zu machen. ConCenT soll darüber hinaus dem Forschungsziel dienen, die Güte einer Teamarbeit anhand der Analyse der gemeinsamen Informationsauswahl-, Informationsanalyse-, Entscheidungsfindungs- und Handlungsausführungsprozesse zu bestimmen. Insbesondere für die Analyse der Informationsauswahl und -analyse wird ConCenT mit einer weiterentwickelten, integrierten Blickanalysetechnologie ausgerüstet, um die Konvergenz und die Abweichung des Überwachungsverhaltens innerhalb einer Teilnehmergruppe zu untersuchen.

ConCenT simuliert ein operationelles Kontrollzentrum (OCC) in dem die Produktionsprozesse mehrerer auf verschiedene Standorte verteilter technischer Anlagen überwacht und kontrolliert werden. Jedes OCC-Szenario wird von drei Versuchsteilnehmern gemeinsam bearbeitet. Jeder Versuchsteilnehmer ist für die Überwachung mehrerer Produktionsbereiche verantwortlich. Wird von einem oder mehreren Teilnehmern bei der Überwachung einer oder mehrere Abweichung(en) von den vorgeplanten und angezeigten Betriebsabläufen identifiziert, ist es die gemeinsame Aufgabe aller Versuchsteilnehmer die Störungsursache zu ermitteln. Hierzu muss die zur Lösung dieser Diagnoseaufgabe erforderliche Information von den Gruppenmitgliedern zusammengetragen werden. Sobald die Störungsquelle korrekt identifiziert wurde, ist es Aufgabe der Gruppe, aus einer Optionsliste die in der Situation günstigste Lösung zur Wiederherstellung des Normalbetriebs zu wählen. Zur Ermittlung der in der Situation optimalen Lösungsoption sind ein gemeinsamer Austausch und ein gemeinsames Abwägen von Information vor dem Hintergrund der bestehenden Rahmenbedingungen erforderlich.

Jeder der drei ConCenT-Arbeitsplätze verfügt seinerseits über drei Ansichten, die den drei verschiedenen Aufgaben – der Überwachung, der Diagnose und der Fehlerbehebung – zugewiesen sind. Die Überwachungsansicht stellt die Default-Ansicht dar, die mit Beginn eines Experimentaldurchgangs bis zum Wechsel in den Diagnosemodus eingeblendet bleibt und nach Beenden der Fehlerbehebungsaufgabe erneut eingeblendet wird. Der Wechsel von der Überwachungs- in die Diagnoseansicht und von der Diagnose- in die Fehlerbehebungsansicht kann nur in gemeinsamer Absprache der Gruppenmitglieder ausgeführt werden.

Operationelles Kontrollzentrum (OCC)

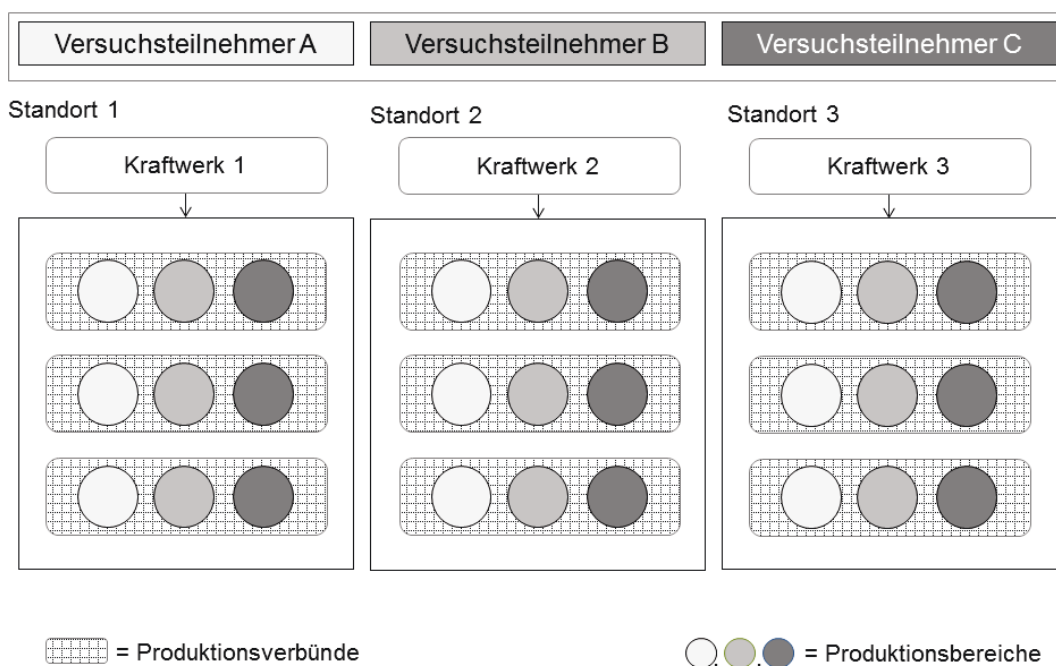


Bild 2: Überblick über die Struktur von ConCenT

Die Gesamtheit der durch das OCC überwachten technischen Anlagen ist auf drei unterschiedliche Standorte verteilt (Bild 2). Jeder Teilnehmer verantwortet an jedem der drei Standorte die Überwachung von drei Produktionsbereichen. In jedem Produktionsbereich werden drei Komponenten zu einem Endprodukt zusammengeführt.

Die Herstellung der einzelnen Komponenten sowie die Herstellung des Endprodukts erfolgt jeweils in eigenen technischen Anlagen (Bild 3). Die Anlagen zur Synthese des Endprodukts sind nur jeweils einem Produktionsbereich zugeordnet. Die Anlagen zur Herstellung einer bestimmten Komponente dienen hingegen jeweils mehreren Produktionsbereichen. Da die verschiedenen Produktionsbereiche zur Herstellung ihrer Endprodukte zum Teil die gleichen Komponenten benötigen, sind diese an jedem Standort zu Verbänden zusammengestellt, in denen auf die Produktion einer für die Komponente spezialisierten technischen Anlage zurückgegriffen wird.

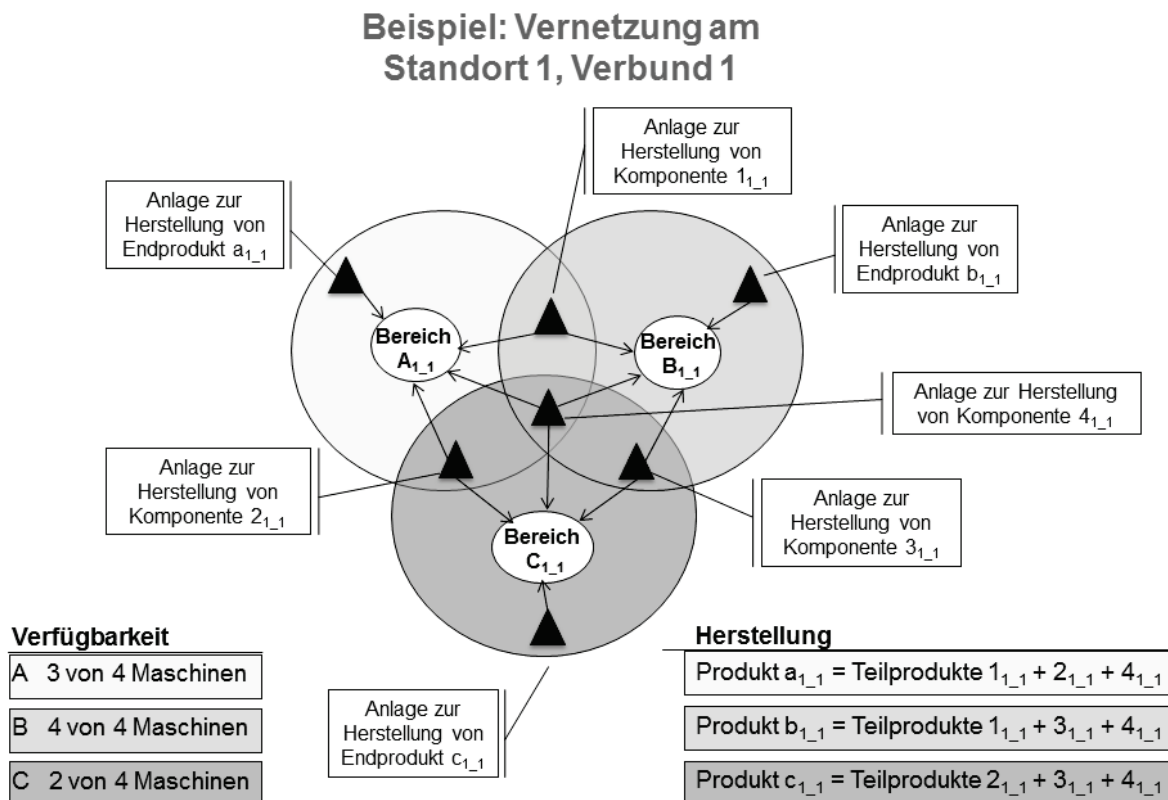


Bild 3: Abhängigkeiten zwischen den technischen Anlagen (Dreiecke) eines Verbundes

Jeder Standort wird durch ein Kraftwerk mit Energie versorgt (vgl. Bild 2). Sämtliche technische Anlagen eines Standortes greifen auf diese gemeinsame Energiequelle zurück. In der Überwachungsansicht (Bild 4) wird daher die aktuelle Kraftwerksleistung zur Deckung des aktuellen Energiebedarfs angezeigt. Diese Anzeige kann alternativ zwei Aufgabenfunktionen erfüllen: a) sie zeigt die Wahrscheinlichkeit für einen Ausfall einer technischen Anlage für einen Standort an (zur Variation der Wahrscheinlichkeit, dass ein den Standort betreffender



Produktionsindikator einen kritischen Rückgang anzeigt) und b) sie zeigt die laufenden Kosten für eine nicht behobene Produktionsstörung (zur Variation der Ertragsmatrix) an.

Aus dieser Struktur heraus ergeben sich folgende Abhängigkeiten im Produktionsbetrieb: Erkennt ein Versuchsteilnehmer in einem seiner Produktionsbereiche einen unangekündigten Produktionsrückgang ist dies darauf zurückzuführen, dass eine der vier an der Produktion beteiligten technischen Anlagen ausgefallen ist. Sobald ein Versuchsteilnehmer daraufhin in einen Diagnosemodus (Bild 5) wechselt, erhält er hier lediglich die Information über die Anzahl der ausgefallenen technischen Anlagen die seinen Bereich betreffen. Aus dem Produktionsverhalten der anderen beiden im Verbund vertretenen Bereiche, die von den beiden anderen Versuchsteilnehmern überwacht werden und gegebenenfalls einer Zusatzinformation, ergibt sich ein eindeutiges Ausfallmuster, das den Rückschluss auf eine Ursache zulässt.

Durch diese Zuordnung ergeben sich

- A) drei technische Anlagen, deren Produktion nur einem Bereiche zugeordnet ist („Anlage a<sub>11</sub>“, „Anlage b<sub>11</sub>“, „Anlage c<sub>11</sub>“),
- B) drei technische Anlagen, auf deren Produktion jeweils zwei Bereiche zugreifen („Anlage 1<sub>11</sub>“, „Anlage 3<sub>11</sub>“, „Anlage 4<sub>11</sub>“),
- C) eine technische Anlagen, auf deren Produktion alle Bereiche zugreifen („Anlage 2<sub>11</sub>“).

## 5.1 Überwachungsaufgabe

In der Überwachungsaufgabe muss jeder Teilnehmer die Produktion in den ihm zugewiesenen Bereich im Blick haben. Für jeden Bereich steht ihm hierzu, angeordnet nach Standorten, eine Anzeige der aktuellen Ist- und Sollwerte zur Verfügung. Den aktuellen Energiebedarf an dem jeweiligen Standort kann sie einer darüber angeordneten Anzeige entnehmen (Bild 4). Die Überwachungsaufgabe wird dadurch erschwert, dass sich die einzelnen Sollwerte entsprechend der Vorgaben eines nicht einsehbaren Zeitplans (*schedule*) ändern und die Istwerte sich diesen nach einer gegebenen Latenzzeit automatisch angleichen. Die Schwierigkeit der Überwachungsaufgabe ist über die Variation der Häufigkeit von Sollwertänderungen, der Länge der Latenzzeiten, der Geschwindigkeit der Änderungen sowie der Breite eines Toleranzbereiches der Sollwerterfüllung (Genauigkeit des Ableseprozesses; Bild 3) anpassbar. Die Sollwertvorgaben zu Beginn eines Durchgangs sind in der Regel ebenfalls nicht einheitlich.

Sobald ein Teilnehmer eine Abweichung zwischen Ist- und Sollwertvorgaben in einem der überwachten Produktionsbereiche erkennt, ist er aufgefordert, durch das Drücken einer zugeordneten Taste in die Diagnoseansicht zu wechseln. Durch einen zeitgleichen Ausfall einer weiteren technischen Anlage an einem weiteren

Produktionsbereich kann ein Teilnehmer zusätzlich unter Entscheidungsdruck gesetzt werden, einer Ertragsmatrix folgend zu priorisieren.

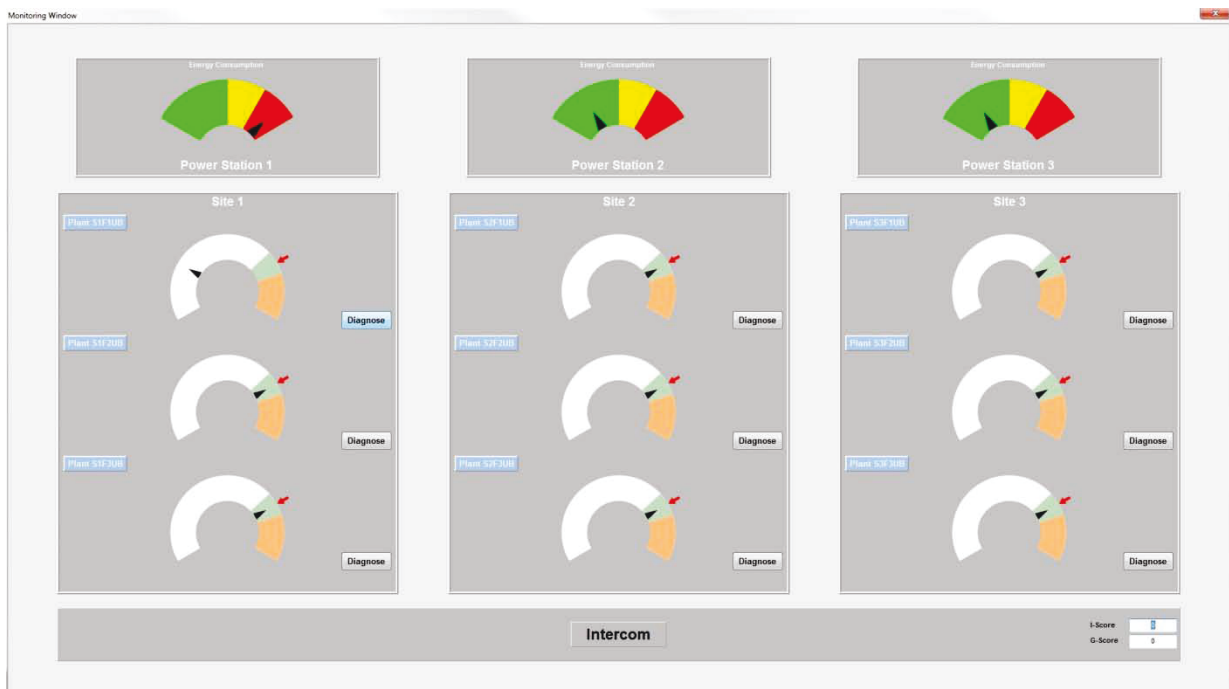


Bild 4: ConCenT Prototyp im Überwachungsmodus; Ansicht von Teilnehmer B

In diesem Moment wird den anderen Gruppenmitgliedern ein Hinweis eingeblendet, dass um einen Austausch zur Diagnose einer Produktionsstörung gebeten wird. Sobald die entsprechenden Diagnosetasten aktiviert wurden, wechseln sämtliche Teilnehmer in die Diagnoseansicht. Falls einer der Teilnehmer das Ersuchen um einen Austausch ablehnt, werden die anderen darüber informiert und verbleiben in der Überwachungsansicht.

## 5.2 Diagnoseaufgabe

In der Diagnoseaufgabe (Bild 5) erhalten die drei Teilnehmer unspezifische Statusangaben über die Anzahl der an der Produktion ihrer Einheit beteiligten technischen Anlagen die störungsfrei arbeiten. Ein Beispiel für die unspezifischen Statusangaben, die den Teilnehmern gegeben wird, ist (vgl. Beispiel in Bild 3):

- Teilnehmer A: 3 von 4 Maschinen sind verfügbar (eine Funktionsstörung)
- Teilnehmer B: 4 von 4 Maschinen sind verfügbar (keine Funktionsstörung)
- Teilnehmer C: 2 von 4 Maschinen sind verfügbar (zwei Funktionsstörungen)

Abhängig von den unspezifischen Statusangaben kann entweder eindeutig die betroffene technische Anlage geschlussfolgert werden<sup>1</sup> oder der Sachverhalt

<sup>1</sup> Wie im obigen Beispiel (Bilder 3 und 5): Die Anlage zur Synthese des Endprodukts des von Teilnehmer B überwachten Bereichs des Verbundes sowie die Anlage zur Herstellung der Komponente, welche die von Teilnehmer A und C überwachten Bereiche gemeinsam verwenden, sind betroffen.

bleibt mehrdeutig. Im letzteren Fall kann über die Darbietung von Zusatzinformationen Eindeutigkeit geschaffen werden. Die Aufgabenschwierigkeit kann hierbei wiederum durch die Verteilung der Informationen innerhalb der Gruppe und den mehr oder weniger komplexen Kontext, in dem diese Informationen zu finden sind, weiter variiert werden.

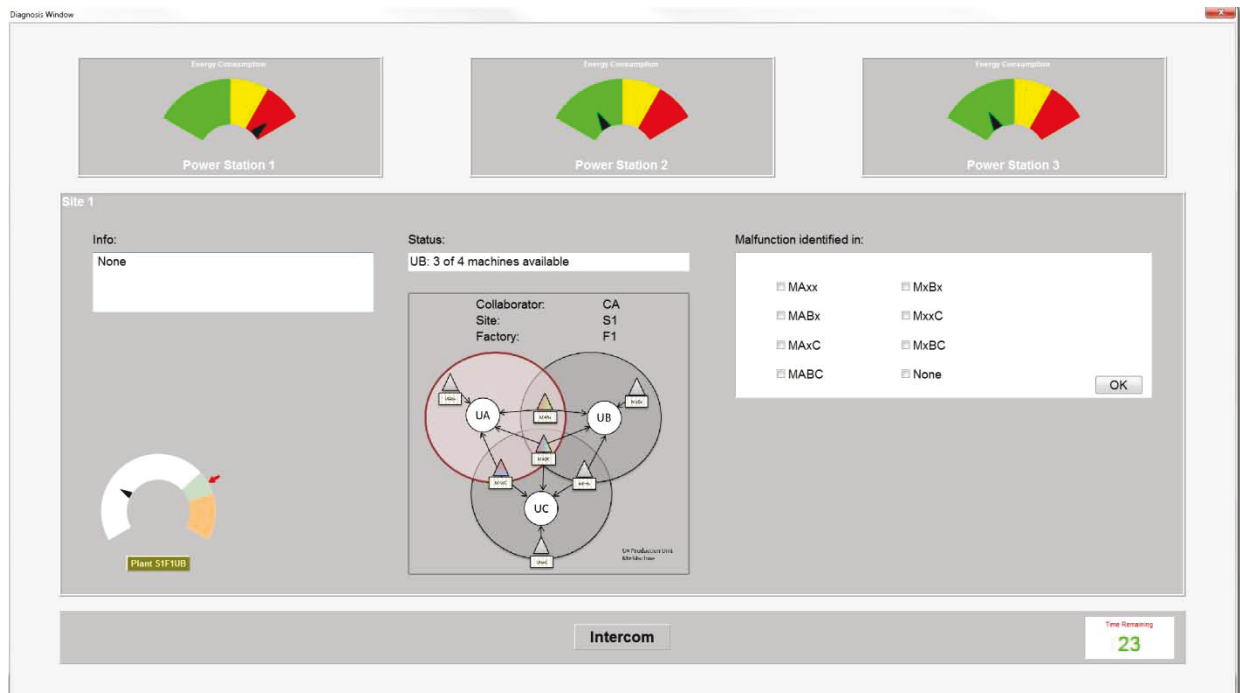


Bild 5: ConCenT Prototyp im Diagnosemodus; Ansicht von Teilnehmer A

Darüber hinaus kann während der Bearbeitung einer Diagnoseaufgabe der Handlungszeitdruck auf die Teilnehmer durch den zeitgleichen Ausfall einer weiteren technischen Anlage an einem weiteren Produktionsbereich erhöht werden.

Die Schlussfolgerungen bezüglich der gestörten technischen Anlagen können die Gruppenteilnehmer gemeinsam ziehen. Zur Aktivierung der Fehlerbehebungsansicht müssen die entsprechenden Angaben aber von jedem Teilnehmer individuell korrekt in das System eingegeben worden sein. Für die Bearbeitung der Diagnoseaufgabe steht den Teilnehmern eine vorgegebene Zeit zur Verfügung. Wird die Aufgabe innerhalb des Zeitrahmens korrekt bearbeitet, gewinnt die Gruppe eine gegebene Punktzahl. Wird die Aufgabe nicht innerhalb dieser zeitlichen Vorgaben abgeschlossen, erfolgt der Wechsel in die Fehlerbehebungsansicht, bei einem gleichzeitigen Punkteabzug.

### 5.3 Fehlerbehebungsaufgabe

Mit dem Einblenden der Fehlerbehebungsansicht (Bild 6) wird den Teilnehmern ein fiktives Analyseergebnis zur Ursache der Funktionsstörung in der identifizierten technischen Anlage eingeblendet. Nun werden die Teilnehmer aufgefordert, sich zwischen zwei Optionen zur Beseitigung der Fehlfunktion zu entscheiden: dem Austausch der betroffenen Einheit oder deren Reparatur. Die Auswahl dieser Optionen belastet drei vorgegebene Kostenträger in unterschied-

licher Weise: Die Personalkosten fallen bei der Wahl der Reparaturoption höher aus, da hierfür Spezialisten einzusetzen sind. Die Transport und Materialkosten fallen aber verhältnismäßig geringer aus. Demgegenüber fallen die Personalkosten bei einem Austausch der betroffenen Einheit geringer aus, da hierfür keine teuren Spezialisten eingesetzt werden müssen. Die Kosten für die Beschaffung (Material und Transport) fallen aber entsprechend höher aus. Die Teilnehmer haben nun die Aufgabe die übergreifend betrachtet kostengünstigere Variante auszuwählen. Hierzu müssen sie erneut die ihnen zur Verfügung stehende Information in die Gruppe einbringen. Die Teilnehmer können sich die Preise für die angegebenen Optionen jeweils für nur einen der Kostenträger anzeigen lassen. Darüber hinaus verfügen sie über die Informationen zum aktuellen Budget dieses Kostenträgers. Es gilt die Regel, dass der Teilnehmer, welcher Zugriff auf die Personalkosten hat, letztlich auch die Entscheidung fällt. Die Schwierigkeit der Entscheidungsaufgabe kann zusätzlich dadurch variiert werden, dass die einzelnen Budgets mehr oder weniger knapp bemessen sind und das Unterschreiten eines Mindestguthabens, bzw. eine Überbuchung eines Kostenträgers, zu einem Punktabzug führt.

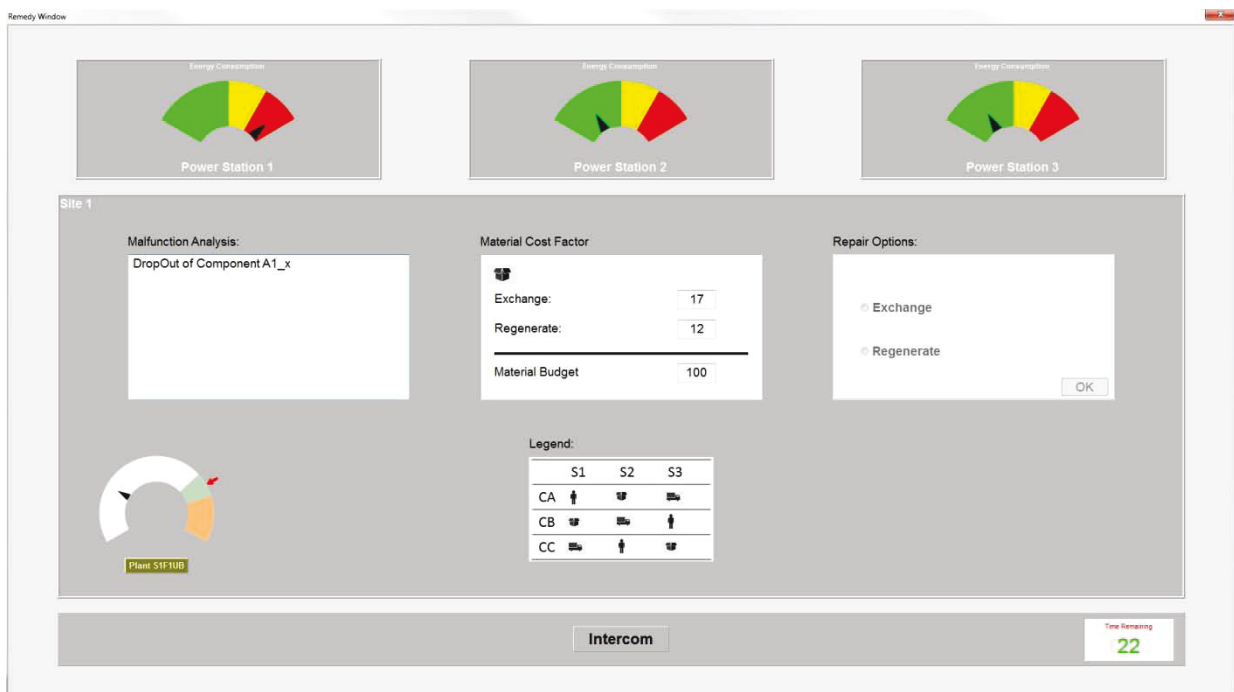


Bild 6: ConCentT Prototyp im Fehlerbehebungsmodus; Ansicht des für das Materialbudget verantwortlichen Teilnehmers

## 6 Zusammenfassung und Ausblick

Ziel dieses Beitrags ist die Vorstellung der experimentellen Untersuchungsplattform ConCentT. Da es sich hierbei um „work-in-progress“ handelt, richtet sich der Ausblick an dieser Stelle auf den Einsatz dieser synthetischen Aufgabenumgebung im Kontext der im DLR-Projekt COCO geplanten experimentellen Untersuchungen, deren Fragestellungen eingangs skizziert wurden. Diesem Einsatz wird eine Validierung der fertigen Untersuchungsszenarien durch

Domänen-Experten vorausgehen. Hierbei wird insbesondere überprüft werden, ob die Aufgabenumgebung die Anforderung erfüllt, individuelle Ausprägungen der von den Experten vorab genannten positiven Verhaltensdispositionen (Teamfähigkeit, Präzision, Entscheidungsfähigkeit, Eigenverantwortung, Flexibilität, Priorisierung, Einsatzbereitschaft und vorausschauenden Arbeit) im synthetischen Aufgabenkontext erkennbar und messbar zu machen. Darüber hinaus wird eine besondere methodische Herausforderung darin bestehen, aus den verteilten Blickdaten objektive Verhaltensindikatoren einer koordinierten Bearbeitung von Aufgaben in Teams, in Abgrenzung zu dysfunktionalen Teamleistungen, zu generieren. Noch im Rahmen des Projekts werden die Erkenntnisse zu den sich auf ein gemeinsames Situationsverständnis positiv und negativ auswirkenden Verhaltensdispositionen für die Entwicklung eines Trainings, als Beitrag zur Optimierung der Teamarbeit in Leitzentralen, genutzt werden.

## Literatur

- Bartlett, F. (1953). *Psychological criteria of fatigue*. London: HK Lewis & Co.
- Broadbent, D.E. (1950). The twenty dials test under quiet conditions. *Med.Res.Council APU Report*, 130, 50.
- Bruder, C., Eissfeldt, H., Grasshoff, D., Gürlük, H., Friedrich, M., Hasse, C. et al. (2013). *Aviator II-Simulator-based research on operational monitoring and decision making for human operators in future aviation*. DLR-Forschungsbericht FB, 4. Köln: DLR.
- Cooke, N.J., Gorman, J.C., Myers, C.W. & Duran, J.L. (2013). Interactive team cognition. *Cognitive Science*, 37, 255-285.
- Cooke, N.J. & Shope, S.M. (2004). Designing a synthetic task environment. *Scaled worlds: Development, validation, and application*, 263, 278.
- Donk, M. & Hagemester, C. (1994). Visual instrument monitoring as affected by simultaneous self-paced card sorting. *IEEE Transactions on Systems, Man, & Cybernetics*.
- Eissfeldt, H., Grasshoff, D., Hasse, C., Hoermann, H.-J., Schulze Kissing, D., Stern, C. et al. (2009). *Aviator 2030: Ability requirements in future ATM systems II. Simulations and experiments* (Rep. No. DLR Research Report 2009-28). Köln: DLR.
- Fitts, P.M., Jones, R.E. & Milton, J.L. (1950). *Eye fixations of aircraft pilots: Frequency, duration, and sequence of fixations when flying Air Force ground controlled approach system (GCA)*, AF Tech. Rept. 5967 (ATI 69038).
- Hauland, G. (2008). Measuring individual and team situation awareness during planning tasks in training of en route air traffic control. *The International Journal of Aviation Psychology*, 18, 290-304.
- Hockey, G.R.J. (1970). Changes in attention allocation in a multicomponent task under loss of sleep. *British Journal of Psychology*, 61, 473-480.
- Roth, E.M., Mumaw, R.J., Vicente, K.J. & Burns, C.M. (1997). Operator monitoring during normal operations: Vigilance or problem-solving?. In *Proceedings of the Human Factors and Ergonomics Society Annual Meeting* (Vol. 41, No. 1, pp 158-162). SAGE Publications.
- Sanders, A.F. & Reitsma, W.D. (1982). The effect of sleep-loss on processing information in the functional visual field. *Acta Psychologica*, 51, 149-162.

- Senders, J.W. (1964). The Human Operator as a Monitor and Controller of Multidegree of Freedom Systems. *IEEE Transactions on Human Factors in Electronics*, HFE-5, 2-5.
- Sheridan, T.B. & Rouse, W.B. (1972). Supervisory sampling and control: sources of suboptimality in a prediction. In *Seventh Annual Conference on Manual Control* (pp 81).
- Smith, P.J., McCoy, C.E. & Orasanu, J. (2001). Distributed Cooperative Problem-Solving in the Air Traffic Management System. In E.Salas & G. Klein (Eds.), *Linking Expertise and Naturalistic Decision Making* (pp 367-381). Mahwah, NJ: Lawrence Erlbaum Associates.
- Suchman, L. (1997). Centers of coordination: A case and some themes. In L.B. Resnick, R. Säljö, C. Pontecorvo & B. Burge (Eds.), *Discourse, Tools and Reasoning* (pp 41-62). Berlin, Heidelberg: Springer.
- Waterson, P., Robertson, M.M., Cooke, N.J., Militello, L., Roth, E. & Stanton, N.A. (2015). Defining the methodological challenges and opportunities for an effective science of sociotechnical systems and safety. *Ergonomics*, 58(4), 565-599.
- Wickens, C.D., Helleberg, J., Goh, J., Xu, X. & Horrey, W.J. (2001). *Pilot task management: Testing an attentional expected value model of visual scanning*. Savoy, IL, UIUC Institute of Aviation Technical Report.

## Danksagung

Wir möchten Frau Dr. Anna Seemüller für ihre maßgebliche Mitarbeit bei der Entwicklung der Aufgabenumgebung ConCenT danken.

## Autoren

Dr. Dipl.-Psych. D. Schulze Kissing	Deutsches Zentrum für Luft- und
Dr. Dipl.-Psych. H. Eißfeldt	Raumfahrt e.V.
	Institut für Luft-und Raumfahrtmedizin
	Abteilung Luft- und Raumfahrtpsychologie
	Hamburg

Kontakt: [dirk.schulze-kissing@dlr.de](mailto:dirk.schulze-kissing@dlr.de)