2013

Human Factors

VY Safety Letter Spezial IV

DFS Deutsche Flugsicherung

Vorwort

Robert Schickling

Der Safety Letter Spezial IV hat das Thema Automation als Schwerpunkt. Automation ist ein wichtiges Thema, das in der DFS wie auch in anderen Industrien immer mehr an Bedeutung gewinnt. Da auch die DFS eine Weiterentwicklung der Automation im Fünf-Punkte-Plan der Geschäftsführung verankert hat, ist es für den späteren Erfolg entscheidend, dass wir uns früh und umfassend mit dem Thema befassen. Blickt man in die Historie, wird deutlich, dass der Einsatz von Technik und Automation immer mehrere Ziele verfolgte: Als schwere Tätigkeiten vom Menschen auf Maschinen übertragen wurden, ging es um eine Verbesserung der Arbeitsbedingungen. Schnellere und präziser arbeitende Maschinen zielten auf die Verbesserung von Effizienz und Produktivität. Und der Einsatz von Robotern trug außerdem auch zur Erhöhung der Sicherheit der Arbeiter bei.

Über viele Jahrzehnte hinweg, beginnend mit dem Industriezeitalter, den Entwicklungen bei IT- und Industrierobotern bis zur heutigen Zeit, lässt sich eine rasante Entwicklung der Automation feststellen. In unserer heutigen Zeit ist die Automation allgegenwärtig, in unserem Alltag genauso wie in unseren Arbeitszusammenhängen. Sprach man vor 30 Jahren noch von „Human-Machine-Interactions“, also darüber, wie der Mensch die Maschine bedient, ist der wissenschaftliche Begriff heute „Joint Cognitive Systems“, da Mensch und Automation interaktiv und rückgekoppelt „zusammen“-arbeiten.

Die technische Entwicklung vollzog sich schneller als die zugehörigen Human-Factors- Theorien. Hier hat es aber in den letzten Jahren deutliche Verbesserungen gegeben und man kann bei der Entwicklung neuer Systeme auf Grundlagen und neueste Erkenntnisse zurückgreifen. Es muss ein Gleichgewicht zwischen technischer Möglichkeit und sinnvoller Nutzeranwendungen hergestellt werden. Nicht alles, was technisch machbar ist, ist für jeden Arbeitskontext geeignet. Nicht jede technische Neuerung führt zu den angestrebten Verbesserungen. Ohne in das Industriezeitalter zurückgehen zu müssen, hilft es aber, sich den Zielen Sicherheit, Produktivität und Effizienz auch im Zusammenhang von Automation und Nutzerorientierung wieder bewusst zu werden.

Wir müssen aber auch kritisch und sensibel bleiben, da durch die schnelle Entwicklung der Automation immer auch „Überraschungen“ auftreten können.

Wir in der DFS sind mitten in diesem Prozess. Wir haben in den letzten Jahren viele neue Systeme eingeführt und wir werden in den zukünftigen Jahren weitere Systemneuerungen erleben. Wir haben gelernt, dass wir früher den zukünftigen Nutzer einbinden müssen. Die als DFS-Standard eingeführte „nutzerzentrierte Vorgehensweise“ hilft uns, die gesteckten Ziele besser zu erreichen. Wir müssen aber auch kritisch und sensibel bleiben, da durch die schnelle Entwicklung der Automation immer auch „Überraschungen“ auftreten können. Diese *Automation Surprises* sind nicht vollständig auszuschließen, da die Interaktionen zwischen Mensch und System (Automation) enger gekoppelt sind und Prozesse schneller ablaufen. Jüngste Unfalluntersuchungen zeigen, dass die *Automation Surprises* in der Luftfahrt zu Vorfällen und Unfällen geführt haben. Sie müssen daher stärker in den Fokus der Aufmerksamkeit rücken.

Dieser Safety Letter Spezial leistet dazu einen ersten und wichtigen Beitrag. Wir sind in der DFS auf einem guten Weg, die Zukunft zu gestalten. Wir stellen uns dem Thema Automation offen und kritisch, wir schaffen Strukturen, die uns helfen, Systeme besser auf Alltagstauglichkeit und Nutzerorientierung zu entwickeln und wir lernen aus unseren Erfahrungen und nutzen diese aktiv für neue Systeme. Exemplarisch seien hier der Design Process Guide und das Ergonomie-Board genannt. Bereichsübergreifende und kooperative Zusammenarbeit werden uns für die Zukunft stärken.

Robert Schickling

Inhalt

Sie halten gerade den vierten „Safety Letter, Human Factors Spezial“ in Ihren Händen. Wie bisher akzentuieren wir einen Themenkomplex und illustrieren ihn anhand mehrerer Beiträge - diesmal anhand des Schwerpunktthemas „Design und Automation“.

Kaum ein Leitspruch überschreibt die Situation der DFS und den Themenschwerpunkt dieser Ausgabe treffender als das Motto der Chikagoer Weltausstellung im Jahr 1933: „Science Finds, Industry Applies, Man Conforms“. Dieser Denktradition zufolge hat sich der Mensch der Technik anzupassen – und nicht umgekehrt. **Don Norman**, der sich insbesondere mit der Entwicklung unterschiedlicher Designtheorien einen Namen gemacht hat, diente sie 60 Jahre später als Einleitung für seinen Bestseller „Things That Make Us Smart“. Inzwischen ist die erste Revision eines weiteren Bestsellers erschienen („The Design of Everyday Things“), aus dem uns Professor Norman einen Auszug zur Verfügung gestellt hat.

Darin schlägt Norman eine Invertierung des Mottos vor: die nutzerzentrierte Designphilosophie. Gemäß dem Prinzip „People propose, Science studies, Technology conforms“ erscheint sie notwendig, um der Komplexität heutiger Systeme gerecht zu werden. Wie ein zeitgemäßer Ansatz aussieht, beschreibt **André Perott** in seinem Beitrag. Darin diskutiert er die Vorteile, aber auch die Gefahren einer nutzerzentrierten Gestaltung, die er aus Sicht unseres Unternehmens darstellt. Dennoch betont auch dieser Beitrag die Bedeutung von Automation und ihre konzeptionelle Umsetzung. Detaillierter mit dem Thema Automation beschäftigt sich der Artikel von **Nils Schader**: mit dessen unterschiedlichen Ausprägungen, Kategorisierungs- und sinnvollen Einsatzmöglichkeiten. Außerdem geht er auf die Bedeutung von Automation innerhalb der DFS ein.

Darüber hinaus möchten wir uns aber auch themenverwandten Aspekten zuwenden. Dafür greifen die Gastautoren jeweils auf ein Großschadensereignis zurück, das sie als zentralen Anker für ihre Texte nutzen. **David D. Woods** zum Beispiel, dessen wissenschaftliche Anfangstage stark von der Reaktorkatastrophe von Harrisburg („Three Mile Island“) im Jahr 1979 geprägt wurden, blickt auf die amerikanische Luft- und Raumfahrtbehörde NASA, die 2003 den Totalverlust eines ihrer Spaceshuttles zu beklagen hatte.

Christiane Heuerding nimmt auf zwei andere Ereignisse Bezug: auf den Untergang der Titanic im Jahre 1912 und die Havarie der Costa Concordia 100 Jahre später an der Küste von Giglio im Mittelmeer. Und zum Anlass dafür, Parallelen zu aktuellen DFS-Entwicklungen zu ziehen. Abschließend greift **Sherry Cardinal** die Katastrophe auf der Ölplattform „Deepwater Horizon“ im Golf von Mexiko (April 2010) auf. Sie diente als tragischer Ausgangspunkt für Kriseninterventionsmaßnahmen, um die möglichen traumatisierenden Implikationen dieses Ereignisses zu minimieren.

„Mensch, Natur und Technik – Eine neue Welt entsteht“ lautete das Motto der Weltausstellung, die im Jahre 2000 in Hannover stattfand. Sie folgte der Leitidee, das Gleichgewicht zwischen Mensch, Natur und Technik auszubalancieren – ein weitsichtiger Gedanke, wenn wir so manche Diskussion der letzten Jahre reflektieren: über die Neuordnung des Eisenbahnknotens Stuttgart, den Bau einer neuen Landebahn für den Flughafen Frankfurt oder den Neubau des Flughafens Berlin Brandenburg. 13 Jahre später hat dieser Balanceakt nichts an Aktualität verloren und so betrachtet dieses Heft auch die Verknüpfung von Mensch und Technik. Das Thema Automation hat auch vor der Welt der Flugsicherung nicht Halt gemacht, Assistenzsysteme und höher automatisierte Systeme sind die Folge. Wir tun gut daran, die Warnung zu hören, die schon 1964 in Nobert Wieners Buch „God and Golem, Inc.“ zu vernehmen ist:

„The gadget-minded people often have the illusion that a highly automatized world will make smaller claims on human ingenuity than does the present one and will take over from us our need for difficult thinking [...]. This is palpably false.”

Ein Mehr an technischer Automation führt für den Menschen also nicht zwangsläufig zu weniger Arbeitslast oder geringerer kreativer Herausforderung. Liegt das Heil tatsächlich nur darin, die vermeintlich unzuverlässige mensch-

liche Komponente zu reduzieren? Und deshalb die Entwicklung von Maschinen voranzutreiben, die mehr Aufgaben übernehmen, die zuvor Menschen ausgeführt hatten? Es irrt, wer so denkt. Diese Simplifizierung (auch „Substitution Myth“ genannt) begleitet die Luftfahrt von Anfang an. Eine der Nebenwirkungen dieses Simplifizierungsgedankens zeigte sich beispielhaft in der Lektion, die die Luftfahrt nach der Einführung des „Glascockpits“ in den 1980er und 90er Jahren lernte. Sie musste erkennen, dass Probleme bzw. Anforderungen nicht einfach verschwinden, sondern (häufig unerwartet) andere Probleme in anderen Bereichen auslösen können. Einer dieser Nebeneffekte ist der äußerst gut dokumentierte „Automation Surprise“. Aus Sicht des Benutzers drängen sich dann Fragen auf wie zum Beispiel „What is it doing now?“, „What is it doing next?“ oder „Why did it do this?“ Dass diese Fragen nicht nur in einer Cockpitumgebung relevant sind, sondern auch im Kontrollraum bei der Bedienung der Flugsicherungssysteme auftreten können, dürfte fast jeder Fluglotse stillschweigend bejahen. Da in den nächsten Jahren weitere Systemeinführungen vor der Tür stehen, erscheint es umso wichtiger, den nutzerzentrierten Ansatz in der DFS fest zu verankern und die Wichtigkeit von Human-Factors-Forschungen zu betonen. Genauso wichtig ist es deshalb, auch Ihnen, der dieses Heft in den Händen hält, die Bedeutung dieses Themas näherzubringen. Wie bereits skizziert, gehen die Autorentexte auf drei Großschadensereignisse ein: Untergang der Titanic, Stranden der Costa Concordia und Untergang der Ölbohrplattform Deepwater Horizon. Auf der einen Seite macht die Übertragung der sichtbar werdenden Parallelen auf die DFS deutlich, dass auch unser Unternehmen genügend Angriffsfläche für eine Katastrophe bietet. Nur weil bislang kein solches Ereignis eingetreten ist, bedeutet dies nicht, dass wir ihnen immun gegenüber sind. Auf der anderen Seite sollten wir bei aller Dramatik und Sprengstoff, den diese Fälle bieten, nicht vergessen, dass in der hohen Anzahl an Flugbewegungen unerwünschte Ereignisse nur äußerst selten auftreten.

Sicherlich sind die Texte nicht immer einfach zugänglich, da sie eine Mischung aus Wissenschaft und Praxis reflektieren. Sie machen aber auch unseren Anspruch sichtbar, der von den aktuellen wissenschaftlichen Entwicklungen geprägt wird – und in diesem Sinne setzen wir die Tradition auch mit dieser Ausgabe fort.

Wie immer freuen wir uns über Anregungen, Kritik und einen regen Austausch.
Viel Spaß beim Lesen!

Christoph Peters und Jörg Leonhardt

Prof. Donald A. Norman. He lives at jnd.org.

Don Norman is both a businessperson (VP at Apple, Executive at HP) and an academic (Harvard, UC San Diego, Northwestern). He is a member of the National Academy of Engineering, an IDEO fellow, and a trustee of IIT Institute of Design. As co-founder of the Nielsen Norman Group, he serves on company boards and helps them make products more enjoyable, understandable, and profitable. His books include Emotional Design, and Living with Complexity, and most recently an expanded and revised edition of The Design of Everyday Things.

Design und Automation sind die Schlüsselthemen dieser Ausgabe. Deshalb sind wir sehr stolz, dass wir Prof. Norman für einen Gastbeitrag gewinnen konnten. Seine Bücher und wissenschaftlichen Publikationen sind längst zu Klassikern ihres Genres geworden und in 19 Sprachen übersetzt worden. Eines seiner bekanntesten Bücher wurde 1988 unter dem Titel „The Design of Everyday Things" veröffentlicht. 25 Jahre später erscheint nun die erste Revision dieser Publikation. Daraus hat er uns freundlicherweise einen Ausschnitt eines Kapitels zur Verfügung gestellt, der das Thema Design mit dem Konzept „Human Error" zusammenführt.

Human Error? No, bad Design!

By Donald A. Norman

Most industrial accidents are blamed on human error. I have seen estimates which claim that anywhere from 75% to 95% of accidents are caused by human error. How is it that so many people are so incompetent? Answer: They aren't. It's a design problem.

If the number of accidents blamed upon human error were one to five percent, I might believe that people were at fault. But when the percentage is so high, then clearly some other factors must be involved. When something happens this frequently, it means that there must be some underlying factor.

When a bridge collapses, we analyze the incident to find the causes of the collapse and reformulate the design rules so that never again will that form of accident happen. When we discover that electronic equipment is malfunctioning because it is responding to unavoidable electrical noise, we redesign the circuits to be more tolerant of the noise. But when an accident is thought to be caused by people, we blame them and then continue doing things just as we did in the past.

Physical limitations are well understood by designers; mental limitations are greatly misunderstood. We should treat all failures in the same way: find the fundamental causes and redesign the system so that these can no longer lead to problems. We design equipment that requires people to be fully alert and attentive for hours, or to remember archaic, confusing procedures even if they are only used infrequently, sometimes only once in a lifetime. We subject people to boring environments with nothing to do for hours on end, until suddenly they must respond quickly and accurately. Or we subject people to complex, high-workload environments, where they are continually interrupted while having to do multiple tasks simultaneously. Then we wonder why there is failure.

Even worse is that when I talk to people who design and administer these systems, they admit that they have nodded off while supposedly working. Some even admit to falling asleep for an instant while driving. They admit to turning the wrong stove burners on or off in their homes, and to other small but significant errors. Yet when their workers do this, they blame them for "human error." And when people who use products have similar issues, they are blamed for not reading the directions properly, or for not being fully alert and attentive.

Understanding why there is error

Error occurs for many reasons. The most common is in the nature of the tasks and procedures that require people to behave in unnatural ways – staying alert for hours at a time, providing precise, accurate control specifications, all the while multi-tasking, doing several things at once, and subjected to multiple interfering activities. Interruptions are a common reason for error, not helped by designs and procedures that assume full, dedicated attention and that do not make it easy to resume operations after an interruption. And finally, perhaps the worst culprit of all, is the attitude

of people regarding errors. When an error happens, we should determine why, then redesign the product or the procedures being followed so that it will never occur again or that, if it does, so that it will have minimal impact.

When an error causes a financial loss or, worse, leads to an injury or death, a special committee is convened to investigate the cause and, almost without fail, guilty people are found. The next step is to blame and punish them with a monetary fine, or by firing or jailing them. Sometimes a lesser punishment is proclaimed: make the guilty parties go through more training. Blame and punish: Blame and train. The investigations and resulting punishments feel good: "we caught the culprit." But it doesn't cure the problem: the same error will recur over and over again.

Designing for error

It is relatively easy to design for the situation where everything goes well, where people use the device in the way that was intended, and no unforeseen events occur. The tricky part is to design for when things go wrong.

Consider a conversation between two people. Are errors made? Yes, but they are not treated as such. If a person says something that is not understandable, we don't say: error – repeat. No, we ask for clarification. If a person says something that we believe to be false, we question and debate, we don't issue a warning signal. We don't beep. We don't give error messages. We ask for more information and engage in mutual dialog to reach an understanding. In normal conversations between two friends, misstatements are taken as normal, as approximations to what was really meant. Grammatical errors, self-corrections and restarted phrases are ignored. In fact, they are usually not even detected because we concentrate upon the intended meaning, not the surface features.

Machines are not intelligent enough to determine the meaning of our actions, but even so, they are far less intelligent than they could be. With our products, if we do something inappropriate, if the action fits the proper format for a command, the product does it, even if it is outrageously dangerous. This has led to tragic accidents, especially in healthcare where the inappropriate design of infusion pumps and X-ray machines allowed extreme overdoses of medication or radiation to be administered to patients, leading to their deaths. In financial institutions, simple keyboard errors have led to huge financial transactions far beyond normal limits. Even simple checks for reasonableness would have stopped all of these errors.

Many systems compound the problem by making it easy to err but difficult or impossible to discover error or to recover from it. It should not be possible for one simple error to cause widespread damage. Here is what should be done:

- Understand the causes of error and design to minimize those causes.
- Do sensibility checks. Does the action pass the "common sense" test?
- Make it possible to reverse actions – to "undo" them – or make it harder to do what cannot be reversed.
- Make it easier for people to discover the errors that do occur, and make them easier to correct.
- Don't treat the action as an error, but rather try to help the person complete the action properly. Think of the action as an approximation to what is desired.

As this article demonstrates, we know a lot about errors. Thus, novices are more likely to make mistakes than slips, whereas experts are more likely to make slips. Mistakes often arise from ambiguous or unclear information about the current state of a system, the lack of a good conceptual model, and inappropriate procedures. Recall that most mistakes result from the erroneous choice of goal or plan or the erroneous evaluation and interpretation. All of these come about through poor information provided by the system: poor information about the choice of goals and the means to accomplish them (plans), and poor quality feedback and information about what has actually happened.

A major source of error, especially memory-lapse errors, is interruption. When an activity is interrupted by some other event, the cost of the interruption is far greater than the loss of the time required to deal with the interruption: it is also the cost of resuming the interrupted activity. To resume, it is necessary to remember precisely the previous state of the activity: what the goal was, where one was in the action cycle and the relevant state the system. Most systems make it difficult to resume after an interruption. Most discard critical information needed to remember the numerous small decisions that had been made, the things that were in working memory, to say nothing of the current state of the system. What still needs to be done? Maybe I was finished? It is no wonder that many slips and mistakes are the result of interruptions.

One study even showed that cell phone usage during walking led to serious deficits.

Multi-tasking, the situation where we deliberately do several tasks simultaneously, erroneously appears to be an efficient way of getting a lot done. It is much beloved by teen-agers and busy workers, but in fact, all the evidence points to severe degradation of performance, increased errors, and a general lack of both quality and efficiency. Doing two tasks at once takes longer than the sum of the time it would take to do each alone. Even as simple and common a task as talking on a hands-free cell phone while driving leads to a serious degradation of driving skills. One study even showed that cell phone usage during walking led to serious deficits. The researchers "found that cell phone users walked more slowly, changed directions more frequently, and were less likely to acknowledge other people than individuals in the other conditions. In the second study, we found that cell phone users were less likely to notice an unusual activity along their walking route (a unicycling clown)" (Hyman, Boss, Wise, McKenzie & Caggiano, 2010).

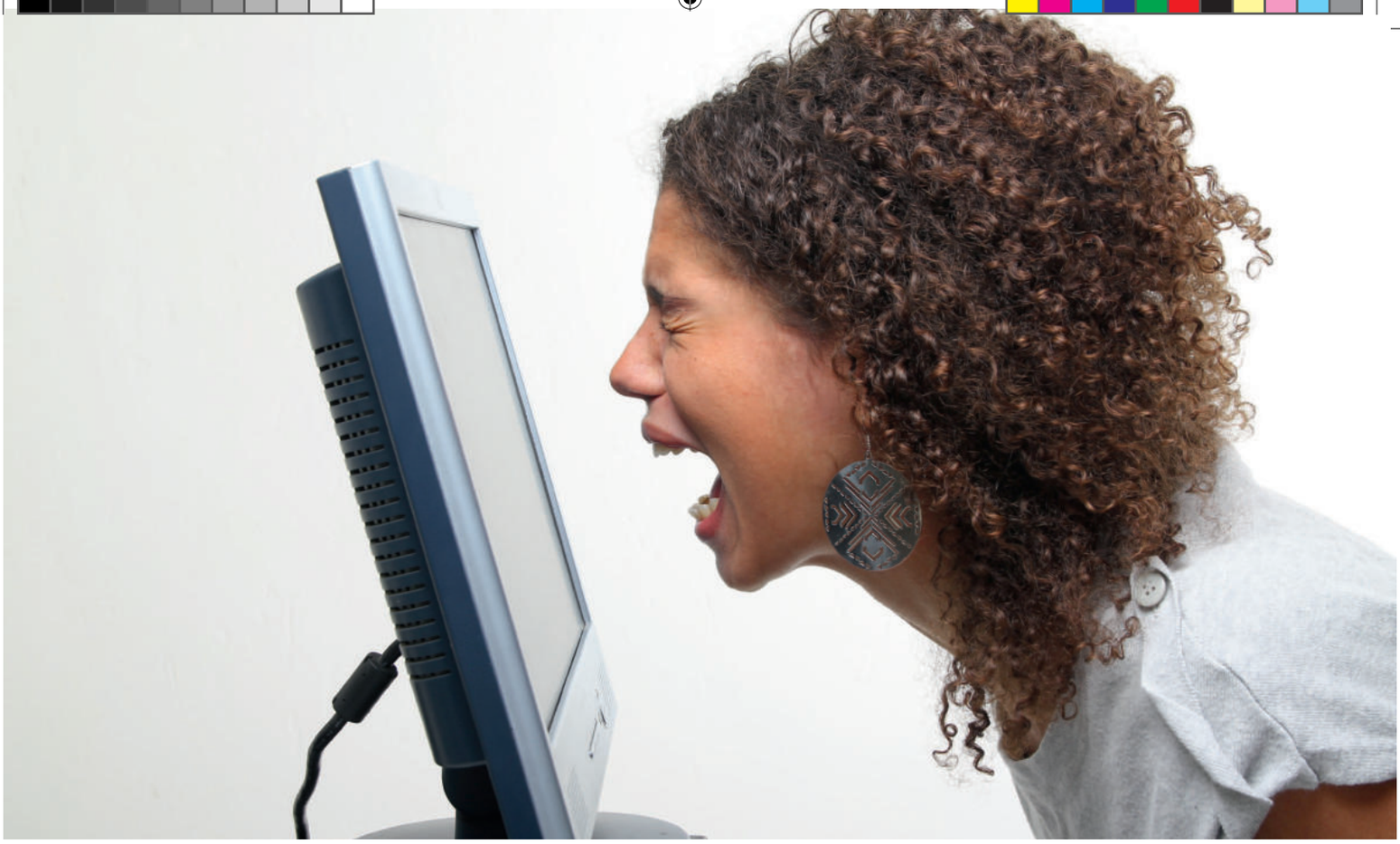
A large percentage of medical errors are due to interruptions. In aviation, where interruptions were also determined to be a major problem during the critical phases of flying – landing and takeoff – the U.S. Federal Aviation Authority (FAA) requires what they call a "Sterile Cockpit Configuration" whereby pilots are not allowed to discuss any topic not directly related to the control of the airplane during these critical periods. In addition, the flight attendants are not permitted to talk to the pilots during these phases (at times, this has led to the opposite error – failure to inform the pilots of emergency situations).

Establishing similar sterile periods would be of great benefit to many professions, including medicine and other safety-critical operations. My wife and I follow this convention in driving: when the driver is entering or leaving a high-speed highway, conversation ceases until the transition has been completed. Interruptions and distractions lead to errors, both mistakes and slips.

Warning signals are usually not the answer. Consider the control room of a nuclear power plant, the cockpit of a commercial aircraft, or the operating room of a hospital. Each has a large number of different instruments, gauges, and controls, all with signals that tend to sound similar because they all use simple tone generators to beep their warnings. There is no coordination among the instruments, which means that in major emergencies they all sound at once. Most can be ignored anyway because they tell the operator about something that is already known. Each competes with the others to be heard, interfering with efforts to address the problem.

Unnecessary, annoying alarms occur in numerous situations. How do people cope? By disconnecting warning signals, taping over warning lights (or removing the bulbs), silencing bells, and basically getting rid of all the safety warnings. The problem comes afterwards, when people either forget to restore the warning systems (there are those memory-lapse slips again), or if a real emergency happens while they have the alarms disconnected. At that point, nobody notices. Warnings and safety methods must be used with care and intelligence, taking into account the tradeoffs for the people who are affected.

The design of warning signals is surprisingly complex. They have to be loud or bright enough to be noticed, but not so loud or bright that they become annoying distractions. The signal has to both attract attention (act as a signifier of critical information) and also deliver information about the nature of the event that is being signified. The various



instruments need to have a coordinated response, which means that there must be international standards and collaboration among the many design teams from different, often competing, companies. Although considerable research has been directed toward this problem, including the development of national standards for alarm management systems, the problem still remains in many situations.

More and more of our machines present information through speech. But like all approaches, this has both strengths and weaknesses. It allows for precise information to be conveyed, especially when the person's visual attention is directed elsewhere. But if several speech warnings operate at the same time, or if the environment is noisy, speech warnings may not be understood. Or if conversations among the users or operators are necessary, speech warnings will interfere. Speech warning signals can be effective, but only if used intelligently.

Design Lessons from the Study of Errors

Several design lessons can be drawn from the study of errors, one for preventing errors before they occur and one for detecting and correcting them when they do occur. In general, the solutions follow directly from the preceding analyses.

Adding Constraints to Block Errors

Prevention often involves adding specific constraints to actions. In the physical world, this can be done through the clever use of shape and size. Thus, in automobiles, a variety of fluids are required for safe operation and maintenance: engine oil, transmission oil, brake fluid, windshield washer solution, radiator coolant, battery water, and gasoline. Putting the wrong fluid into a reservoir could lead to serious damage or even an accident. Automobile manufacturers try to minimize these errors by segregating the filling points, thereby reducing description-similarity errors. By locating filling points for fluids that should be added only occasionally or by qualified mechanics separately from the more frequently used ones, the average motorist is unlikely to use them accidentally. Errors in adding fluids to the wrong container can be minimized by making the openings have different sizes and shapes and providing physical constraints against inappropriate filling. Different fluids often have different colors so that they can be distinguished. All these are excellent ways to minimize errors.

Electronic systems have a wide range of methods that could be used to reduce error. One is to segregate controls, so that easily confused controls are located far from one another. Another is to use separate modules, so that any control not directly relevant to the current operation is not visible on the screen, but requires extra effort to get to.

Undo

Perhaps the most powerful tool to minimize the impact of errors is the "undo" command in modern electronic systems, reversing the operations performed by the previous command, wherever possible. The best systems have multiple levels of undo, so it is possible to undo an entire sequence of actions.

Obviously, undo is not always possible. Sometimes it is only effective if done immediately after the action. Still, it is a powerful tool to minimize the impact of error. It is still amazing to me that many electronic and computer-based systems fail to provide undo even where it is clearly possible and desirable.

Confirmation and Error Messages

Many systems try to prevent errors by requiring confirmation before a command will be executed, especially when the action will destroy something of importance. But these requests are usually ill-timed because after requesting an operation, people are usually certain they want it done. Hence, the standard joke about these such warnings:

Person: Delete "my most important file."
System: Do you want to delete "my most important file"?
Person: Yes.
System: Are you certain?
Person: Yes!
System: „My most important file" has been deleted.
Person: Oh. Damn.

"But when task gets too complex, automation give up. This, of course, is precisely when its needed the most."

The request for confirmation seems like an irritant rather than an essential safety check because the person tends to focus upon the action rather than the object that is being acted upon. A better check would be a prominent display of both the action to be taken and the object, perhaps with the choice of "cancel" or "do it." The important point is making salient what the implications of the action are. Of course, it is because of errors of this sort that the undo command is so important. In the days of graphical user interfaces on computers, not only was undo a standard command, but when files were "deleted", they were actually simply moved from sight and stored in the file folder named "Trash", so that in the above example, the person could open the Trash and retrieve the erroneously deleted file.

Confirmations have different implications for slips and mistakes. When I am writing, I use two very large displays and a powerful computer. I might have seven to ten applications running simultaneously. I have counted as many as 40 open windows. Suppose I activate the command that closes one of the windows which triggers a confirmatory message: did I wish to close the window? How I deal with this depends upon why I requested that the window be closed. If it was a slip, the confirmation required will be useful. If it was by mistake, I am apt to ignore it. Consider these two examples:

A slip leads me to close the wrong window

Suppose I intended to type the word "We", but instead of typing "shift-w" for the first character, I typed "command-w", (or control-w), the keyboard command for closing a window. Because I expected the screen to display an upper case "w", when a new window appeared, asking if I really wanted to delete the file, I would be surprised which would immediately alert me to the slip. I would hit "cancel" and retype the shift-w, carefully this time.

A mistake leads me to close the wrong window

Now suppose I really intended to close a window. I often use a temporary file in a window to keep notes about the chapter I am working on. When I am finished with it, I close it without saving its contents – after all, I am finished. But because I usually have multiple windows open, it is very easy to close the wrong one. The computer assumes that all commands apply to the active window – the one where the last actions had been performed (and which contains the text cursor). But if I reviewed the temporary window prior to closing it, my visual attention is focused upon that window, and when I decide to close it, I forget that it is not the active window from the computer's point of view. So I issue the command to shut the window, the computer presents me with a dialog box, asking for confirmation, and I accept it, choosing the option not to save my work. Because the dialog box was expected, I didn't bother to read it. As a result, I closed the wrong window and worse, did not save any of the typing, possibly losing a considerable amount of work. Warning messages are surprisingly ineffective against mistakes.

Was this a mistake or a slip? Both. Issuing the "close" command while the wrong window was active is a memory-lapse slip. But deciding not to read the dialog box and accepting it without saving the contents was a mistake (two mistakes, actually).

What can a designer do? Several things:

- Make the item being acted upon more prominent. That is, change the appearance of the actual object being acted upon to be more visible: enlarge it, or perhaps change its color.
- Make the operation reversible. If the person saves the content, no harm is done except the annoyance of having to reopen the file. If the person elects "Don't Save", the system could secretly save the contents, and the next time the person opens the file, it could ask whether it should restore it to the latest condition.

The paradox of automation

Machines are getting smarter. More and more tasks are becoming fully automated. As this happens, there is a tendency to believe that many of the difficulties involved with human control will go away. Across the world, automobile accidents kill and injure tens of millions of people every year. When we finally have widespread adoption of self-driving cars, the accident and casualty rate will probably be dramatically reduced, just as automation in factories and aviation have increased efficiency, reduced error, and reduced the rate of injury.

When automation works, it is wonderful, but when it fails, the resulting impact is usually unexpected and, as a result, dangerous. Today, automation and networked electrical generation systems have dramatically reduced the amount of time that electrical power is not available to homes and businesses. But when the electrical power grid goes down, it can affect huge sections of a country and take many days to recover. With self-driving cars, I predict that we will have fewer accidents and injuries, but that when there is an accident, it will be huge.

Automation keeps becoming more and more capable. Automatic systems can take over tasks that used to be done by people, whether it is maintaining the proper temperature, automatically keeping an automobile within its assigned lane at the correct distance from the car in front, airplanes that can completely fly by themselves from takeoff to landing, or ships that navigate by themselves. When automation works, the tasks are usually done as well as or better than by people. Moreover, it saves people from dull, dreary routine tasks, allowing more useful, productive use of time, reducing fatigue and error. But when the task gets too complex, automation tends to give up. This, of course, is precisely when it is needed the most. The paradox is that automation can take over the dull, dreary tasks, but fails with the complex ones.

When automation fails, it often does so without warning. This is a situation I have documented very thoroughly in my books and many of my papers, as have many other people in the field of safety and automation. When the failure occurs, the human is "out of the loop". This means that the person has not been paying much attention to the operation, and it takes time for the failure to be noticed and evaluated, and then to decide how to respond.

In an airplane, when the automation fails, there is usually considerable time for the pilots to understand the situation and respond. Airplanes fly quite high: over 10 km (6 miles) above the earth, so even if the plane were to start falling, the pilots might have several minutes to respond. Moreover, pilots are extremely well trained. When automation fails in an automobile, the person might have only a fraction of a second to avoid an accident. This would be extremely difficult even for the most expert driver, and most drivers are not well trained.

In other settings, such as on ships, there may be more time to respond, but only if the failure of the automation is noticed. In one dramatic case, the grounding of the cruise ship Royal Majesty in 1997, the failure lasted for several days and was only detected in the post-accident investigation, after the ship had run aground, causing several million dollars in damage. What happened?

The GPS satellite system for determining location somehow had become disconnected from the navigation system (nobody ever discovered how), so the navigation system was using what is called "dead reckoning", approximating the ship's location by estimating speed and direction of travel. The design of the navigation system made it difficult to determine that the position being shown was only approximate. As a result, as the ship traveled from Bermuda to its destination of Boston, it went too far south and went aground on Cape Cod, a peninsula south of Boston. The automation had performed flawlessly for years, which increased people's trust and reliance upon it, so the normal manual checking of location or careful perusal of the display (to see the tiny letters "DR" indicating dead reckoning mode) were not done. This is a huge mode error failure.

Design principles for dealing with error

People are flexible, versatile, and creative. Machines are rigid, precise, and relatively fixed in their operations. There is a mismatch between the two, one that can lead to enhanced capability if used properly. Think of an electronic calculator. It doesn't do mathematics like a person, but can solve problems people can't. Moreover, calculators do not make errors. So the human plus calculator is a perfect collaboration: we humans figure out what the important problems are and how to state them. Then we use calculators to compute the solutions.

Difficulties arise when we do not think of people and machines as collaborative systems, but rather assign whatever tasks can be automated to the machines and leave the rest to people. This ends up requiring people to behave in machine-like fashion, in ways that differ from human capabilities. We expect people to monitor machines, which means keeping alert for long periods, something we are bad at. We require people to do repeated operations, with the extreme precision and accuracy required by machines, again something we are not good at. When we divide up the machine and human components of a task in this way, we fail to take advantage of human strengths and capabilities but instead rely upon areas where we are genetically, biologically unsuited. Yet, when people fail, they are blamed.

What we call "human error" is often simply a human action that is inappropriate for the needs of technology. As a result, it flags a deficit in our technology. It should not be thought of as error. We should eliminate the concept of error: instead, we should realize that people can use assistance in translating their goals and plans into the appropriate form for technology.

Given the mismatch between human competencies and technological requirements, errors are inevitable. Therefore, the best designs take that fact as given and seek to minimize the opportunities for errors while also mitigating the

consequences. Assume that every possible mishap will happen, so protect against them. Make actions reversible, Make errors less costly. Here are the key design principles:

- Put the knowledge required to operate the technology in the world. Don't require that all the knowledge must be in the head. Allow for efficient operation when people have learned all the requirements, when they are experts who can perform without the knowledge of the world, but make it possible for non-experts to use the knowledge in the world. This will also help experts who need to perform a rare, infrequently performed operation or when they return to the technology after a prolonged absence.
- Use the power of natural and artificial constraints: physical, logical, semantic, and cultural. Exploit the power of forcing functions and natural mappings.
- Bridge the two gulfs, the Gulf of Execution and the Gulf of Evaluation. Make things visible, both for execution and evaluation. On the execution side, provide feedforward information: make the options readily available. On the evaluation side, provide feedback: make the results of each action apparent. Make it possible to determine the system's status readily, easily, and accurately, and in a form consistent with the person's goals, plans, and expectations.

We should deal with error by embracing it, by seeking to understand the causes and ensuring they do not happen again. We need to assist rather than punish or scold.

Notes

There has been a lot of work on the study of error, human reliability, and resilience. A good source, besides the items cited below, is the Wiki of Science article on human error (Wiki of Science, 2013).

Human error: Two of the most important researchers in human error are the British psychologist James Reason and the Danish engineer Jens Rasmussen. Also see the books by the Swedish investigator Sidney Dekker, and MIT Professor Nancy Leveson (Dekker, 2011, 2012, 2013; Leveson, N., 2012; Leveson, N. G., 1995; Rasmussen, Duncan, & Leplat, 1987; Rasmussen, Pejtersen, & Goodstein, 1994; Reason, J. T., 1990, 2008).

Slips and mistakes: The descriptions of skill-based, rule-based, and knowledge-based behavior is taken from Jens Rasmussen's paper on the topic (1983), which still stands as one of the best introductions. The classification of errors into slips and mistakes was done jointly by Reason and me. The classification of mistakes into rule-based and knowledge-based follows the work of Rasmussen (Rasmussen, Goodstein, Andersen, & Olsen, 1988; Rasmussen, Pejtersen, & Goodstein, 1994; Reason, J. T., 1990, 1997, 2008). Memory lapse errors (both slips and mistakes) were not originally distinguished from other errors: they were put into separate categories later, but not quite the same way I have done here.

Hindsight: Baruch Fischhoff's study is called "Hindsight ≠ Foresight: The Effect of Outcome Knowledge on Judgment Under Uncertainty" (1975). And while you are at it, see his more recent work (Fischhoff, 2012; Fischhoff & Kadvany, 2011).

Unicycling clown: The clever study of the invisible clown, riding a unicycle, "Did you see the unicycling clown? Inattentional blindness while walking and talking on a cell phone" was done by (Hyman, Boss, Wise, McKenzie, & Caggiano, 2010).

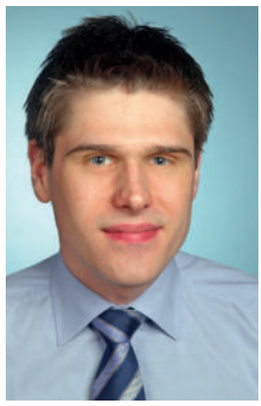
Designing for error: I discuss the idea of designing for error in a paper in Communications of the ACM, in which I analyze a number of the slips people make in using computer systems and suggest system design principles that might minimize those errors (Norman, 1983). This philosophy also pervades the book that our research team put together: User-Centered System Design (Norman & Draper, 1986); two chapters are especially relevant to the discussions here: my "Cognitive Engineering" and the one I wrote with Clayton Lewis, "Designing for Error".

Automation: Much of my research and writings have addressed issues of automation. An early paper, "Coffee Cups in the Cockpit", addresses this problem as well as the fact that when talking about incidents in a large country – or that occur worldwide – a "one-in-a-million chance" is not good enough odds (Norman 1992). My book "The Design of Future Things" deals extensively with this issue (Norman 2007).

Royal Majesty accident: An excellent analysis of the mode error accident with the cruise ship Royal Majesty is contained in Asaf Degani's book on automation, Taming HAL: Designing Interfaces Beyond 2001 (Degani, 2004), as well as in the analysis by Lützhöft and Dekker and the official NTSB report (Lützhöft & Dekker, 2002; National Transportation Safety Board,1997).

Für eine umfassendere Darstellung der Literaturangaben sei auf das Buch von Prof. Norman verwiesen.

In der Projektplanung spielen Kostenaspekte in der heutigen Zeit eine immer entscheidendere Rolle. Eine umso größere Bedeutung gewinnt deshalb der sogenannte nutzerzentrierte Ansatz: d.h. die frühzeitige Einbindung des künftigen Nutzers während der Planungsphase, um die Kosten für Ergonomieanpassungen möglichst gering zu halten. Denn diese fallen umso höher aus, je später in das System eingegriffen wird. Diese Einbindung schwankt zwischen zwei extremen Positionen: der „Pseudopartizipation" und dem „Democratic Design". Der Artikel von André Perott beschreibt auf dieser Grundlage die frühzeitige und sinnvolle Einbindung des Nutzers in die Systemgestaltung – mit all seinen Vor- und Nachteilen, auch im Vergleich zum bisher dominierenden technikzentrierten Ansatz.



André Perott studierte Wirtschaftsingenieurwesen mit Fachrichtung Maschinenbau an der TU Darmstadt. Anschließend war er zwei Jahre als wissenschaftlicher Mitarbeiter am Institut für Arbeitswissenschaft der TU Darmstadt tätig. Seit 2012 arbeitet er für die DFS und berät interne Projekte zu Themen der ergonomischen und nutzerzentrierten Gestaltung.

Ergonomische Systemgestaltung: Ein nutzerzentrierter Ansatz für die DFS

Von André Perott

> *„The road to technology-centered systems is paved with user-centered intentions."* *David D. Woods*

Vorfälle als Anlass einer nutzerzentrierten Gestaltung

Im Konsumgüterbereich ist die nutzerzentrierte Gestaltung längst zum zentralen Erfolgsfaktor avanciert. Begriffe wie „Usability", „Intuitive Design" und „Simplicity" haben sich mehr und mehr zum Verkaufsargument entwickelt und verdrängen zunehmend die pure Funktionalität als emotionsloses und rationales Entscheidungskriterium. Im Zentrum der Betrachtung steht nicht länger die Technologie, sondern der Nutzer mit seinem ganz spezifischen Nutzungskontext. Zur Erfolgskontrolle einer nutzerzentrierten Systementwicklung bedient sich die Industrie spezieller Kenngrößen, wie z.B. Kundenzufriedenheit, Einfachheit der Nutzung, Umsatzsteigerungen oder Reduzierung von telefonischen Anfragen (vgl. Mao et al., 2005).

Es stellt sich die Frage, ob ein solcher Perspektivwechsel nicht auch im Flugsicherungskontext möglich wäre. Anders als im Konsumgüterbereich ist die Flugsicherung von einem hoch professionalisierten Umgang mit Betriebsmitteln geprägt sowie von redundanten und stark gekoppelten Systemen (vgl. Leveson et al. 2001). Dies führt mitunter zu einer technikzentrierten Gestaltung konservativer Systeme, die zwar äußerst robust gegen Ausfälle sind, allerdings den eigentlichen Nutzer mit seinem Nutzungskontext (Ziele, Arbeitsaufgaben, vorhandene Arbeitsmittel sowie die physische und soziale Umgebung) hintenanstellen.

Diese Tendenzen lassen sich nicht nur in der Flugsicherung beobachten, sondern in der gesamten Luftfahrtbranche. Landry (2009) beschreibt die gegenwärtige Situation wie folgt:

> *[…] the underlying technological automation, such as radar, autopilots, communication protocols, and navigation systems were themselves clearly engineered.*
>
> *However, the human-centered computing aspects of the system were mostly developed on the basis of experience and, unfortunately, tragedies.*

Beispiele, die diese Perspektive unterstützen, gibt es viele:

- 1956 kollidierten über dem Grand Canyon zwei Flugzeuge. Dies führte zur Einführung von Radarsystemen in der amerikanischen Flugsicherung.
- Nachdem 1974 ein kontrollierter Flug auf dem Boden zerschellte, wurden Bodenwarnsysteme fester Bestanteil auf allen kommerziellen Flügen.
- 1975 sorgte ein durch Scherwind verursachter Unfall für die Implementierung von Scherwind-Warnsystemen.
- Eine Kollision im mittleren Luftraum nahe des Flughafens in Los Angeles im Jahre 1986 war Katalysator für die Einführung von Kollisions-Warnsystemen.
- Nach dem Absturz des Air-France-Fluges 447 im Jahr 2009 auf Grund eines Ausfalls der Geschwindigkeitssensoren empfiehlt die BEA (2012) die „Verbesserung der Ergonomie des Flugzeugs, um den Besatzungen Anzeigen bereitzustellen, die sie unterstützen, ungewöhnliche Situationen zu erkennen und zu beherrschen".

Technikzentrierte vs. nutzerzentrierte Gestaltung

Doch auch wenn jede Komponente für sich bewertet fehlerfrei funktionieren mag, zeigen sich dann im Zusammenspiel häufig die Schwächen.

All diese tragischen Beispiele verdeutlichen, dass häufig erst Katastrophen Anlass einer nutzerzentrierten Entwicklung sind. Die anfänglich guten Absichten verlieren sich aber schnell in spezifischen technischen Lösungen, die sich zwar auf den Einzelfall beziehen, allerdings den Gesamtkontext der Nutzung im Alltag außer Acht lassen. Solchen technikzentrierten Vorgehensweisen liegt die Vorstellung zu Grunde, dass sich die hohe Komplexität des Gestaltungsprozesses durch Aufgliedern desselben in leicht kalkulierbare Teilschritte beherrschen lässt. Die (vermeintliche) Lösung ergibt sich schließlich durch das Zusammenfügen der verschiedenen Teillösungen. Doch auch wenn jede Komponente für sich bewertet fehlerfrei funktionieren mag, zeigen sich dann im Zusammenspiel häufig die Schwächen wie z.B. inkonsistente Bedienung, unerwartetes Systemverhalten („Automation Surprises") oder nicht aufgabenangemessene Informationsdarstellung.

Im Gegensatz dazu stellt der nutzerzentrierte Ansatz die Arbeitsaufgabe (d.h. das Ziel der Aufgabe, die damit verbundene Planung und Durchführung) des Nutzers in den Mittelpunkt der Betrachtung – unter Berücksichtigung organisatorischer, sozialer und politischer Aspekte. Die Gestaltung wird als ein integrierter Problemlöseprozess mit zahlreichen Iterationen verstanden, in den die Nutzer systematisch von Anfang an eingebunden werden. In dieser Sichtweise ist die nutzerzentrierte Gestaltung der Normalfall, die nicht erst von Vor- und Unfällen ausgelöst wird.

Die nutzerzentrierte Gestaltung ist kein völlig neuartiges Konzept, sondern gerade in innovativen Branchen fest etabliert. Der grundsätzliche Ablauf einer nutzerzentrierten Entwicklung ist geregelt und standardisiert in ISO 9241-210 (2010). Abbildung 1 zeigt diesen Prozess. Wesentliche Charakteristika sind:

- Eine ausgeprägte Analysephase zum Verständnis des Nutzungskontextes.
- Zahlreiche Iterationen mit vielen Prototypen, wobei die Komplexität der Prototypen stetig steigt (vom Papier-Prototypen über Wireframes bis hin zu funktionalen Beta-Versionen).
- Einbindung von Nutzern in allen Phasen des Prozesses.

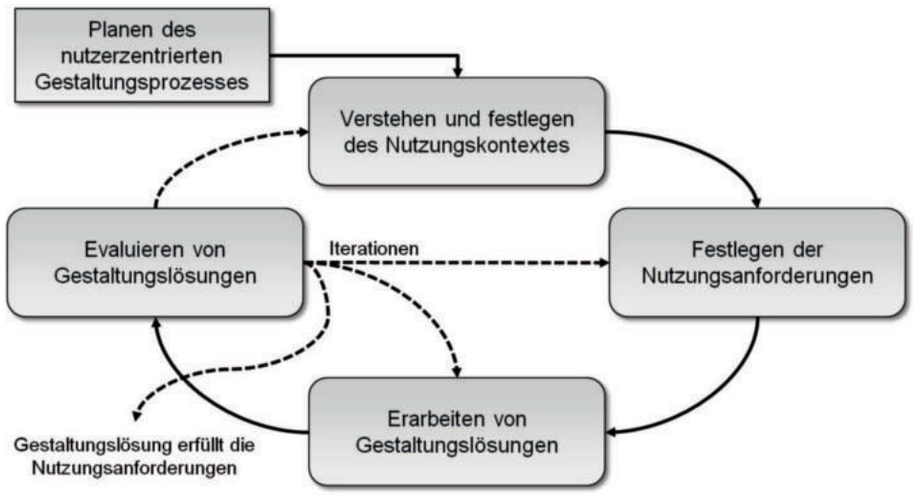


Abbildung 1: Der nutzerzentrierte Gestaltungsprozess nach DIN EN ISO 9241-210 (2010)

Bedürfnisse und Anforderungen der Nutzer werden verstanden und können gezielter in vorhandene Lösungen integriert werden.

Vorteile einer nutzerzentrierten Gestaltung

Studien zeigen, dass der nutzerzentrierte Gestaltungsprozess auch in der Flugsicherung Anwendung finden kann (vgl. König, 2012). Mit dem Prozess sind zahlreiche Vorteile verbunden. Die ergonomische Qualität des Endprodukts lässt sich erheblich steigern, da das Fachwissen der Nutzer (bezogen auf deren Ziele und Arbeitsweisen) einfließt und bisher unbeachtete Aspekte rechtzeitig erkannt werden. Mit der Einbindung der Nutzer wird auch eine höhere Validität der für die Entwicklung zu Grunde gelegten Annahmen erreicht.

Ein weiterer Vorteil ergibt sich aus der höheren Nutzerakzeptanz. Die Nutzer identifizieren sich mit der gemeinsamen Lösung und tragen technische Kompromisse eher mit.

Gleichzeitig qualifizieren sich sowohl Entwickler als auch Nutzer im Rahmen des Gestaltungprozesses weiter. Auf der einen Seite steigt das Empathievermögen der Entwickler für die Lotsentätigkeit: Bedürfnisse und Anforderungen der Nutzer werden verstanden und können gezielter in vorhandene Lösungen integriert werden. Auf der anderen Seite entwickeln die Nutzer ein besseres Verständnis für das Systemverhalten, die damit verbundenen Möglichkeiten und auch für die Grenzen des Machbaren.

Zusätzlich lassen sich auch die Entwicklungskosten durch eine frühzeitige Einbindung senken (vgl. Hendrick, 2008). Tabelle 1 zeigt das für Ergonomie benötige Budget (anteilig am Gesamtbudget) in Abhängigkeit der Projektphase, in der die Einbindung erfolgt. Bei einer frühen Einbindung sind 1–2,5 Prozent des Gesamtbudgets für Ergonomie-Maßnahmen in der Regel ausreichend. Ist das System erst einmal in Betrieb, vervielfachen sich die Kosten um das Doppelte bis Zehnfache auf Grund aufwendiger Nacharbeiten. Eine Ursache hierfür ist die unzureichende Kontrolle von Lock-in-Effekten.

Tabelle 1: Die Kosten von Ergonomie in einer Entwicklung (Alexander, 1999)

Phase der Entwicklung	Anteil am Gesamtbudget der Entwicklung (%)
Konzeptentwicklung	1–2,5
Entwurfsphase	1–3
Konstruktion	2–6,5
Inbetriebnahme	4–10,5
Normaler Betrieb	5–12+

Viele Entscheidungen in einem Gestaltungsvorhaben sind, sobald sie einmal getroffen wurden, nur schwer reversibel. Diese Einwirkungen auf den Gestaltungsprozess werden auch als Lock-in-Effekte bezeichnet. Beispielsweise ist es schwierig, nachdem die Baugenehmigung erteilt wurde, die Geometrie eines Gebäudes nachträglich zu ändern. Wird es auf Grund unberücksichtigter Aspekte dennoch nötig, ist dies mit hohen Kosten und erheblichem Aufwand verbunden.

Am Anfang eines Projekts gibt es relativ wenige Lock-in-Effekte. Der Entwickler beginnt auf einer grünen Wiese und kann frei entscheiden. Gegen Ende des Projekts ist das Meiste hingegen bereits vorgegeben, nur noch wenige Änderungen sind möglich. Ähnlich verhält es sich mit dem Wissensstand. Am Anfang des Projekts weiß man relativ wenig über das zukünftige System und kann nur schwer den Projekterfolg und die damit verbundenen Risiken abschätzen. Am Ende weiß man wesentlich mehr. Dies führt zwangsläufig zum Dilemma der Systemgestaltung: Zu Projektbeginn hat man alle Möglichkeiten, weiß aber nichts; gegen Projektende weiß man alles, kann aber nichts mehr am System ändern. Abbildung 2a fasst den Gedanken grafisch zusammen. Das Dilemma verdeutlicht, wie wichtig es ist, Lock-in-Effekte zu kontrollieren und die Zeitpunkte für bestimmte Entscheidungen bewusst zu setzen.

Am Anfang des Projekts weiß man relativ wenig über das zukünftige System und kann nur schwer den Projekterfolg und die damit verbundenen Risiken abschätzen.

Eine ausgeprägte Analysephase sowie zahlreiche Iterationen können dabei unterstützen, solche Effekte zu beherrschen. Abbildung 2 stellt zwei Beispiele gegenüber: Im ersten Beispiel (Abbildung 2a) werden frühzeitig Entscheidungen unter hoher Unsicherheit getroffen. Es entstehen Lock-in-Effekte, die mit einem erhöhten Projektrisiko einhergehen. Im zweiten Beispiel (Abbildung 2b) wird der eigentlichen Gestaltung eine ausgeprägte Analysephase vorangestellt und anschließend in mehreren kleinen Iterationen optimiert und entschieden. Auch hier entstehen Lock-in-Effekte. Bereits für die erste Entscheidung steht allerdings eine breitere Wissensbasis zur Verfügung, sodass sich das Projektrisiko insgesamt verringert und die Gefahr nachträglicher Änderung minimiert wird.

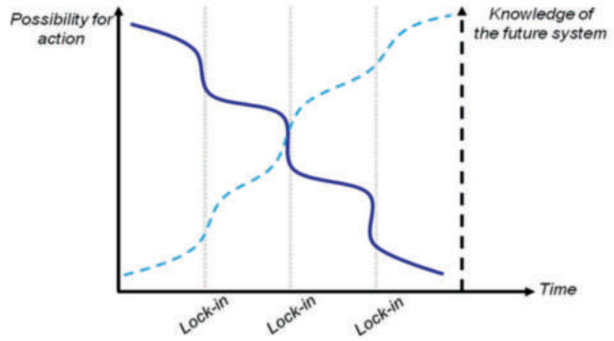


Abbildung 2a: Der Zusammenhang zwischen Wissen und Möglichkeiten in der Gestaltung (Béguin, 2011)

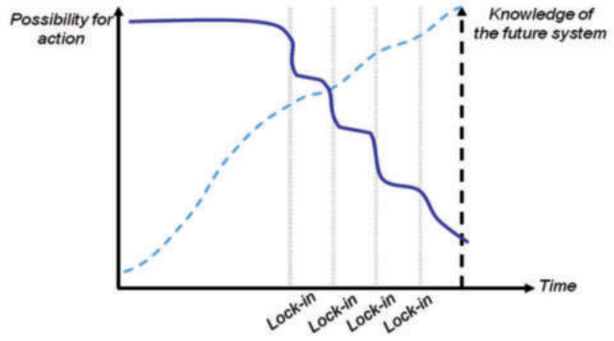


Abbildung 2b: Der Zusammenhang zwischen Wissen und Möglichkeiten in der Gestaltung bei ausgeprägter Analysephase und mehreren kleinen Iterationen

Gefahren einer nutzerzentrierten Gestaltung

Mit der nutzerzentrierten Gestaltung gehen allerdings auch Gefahren einher. Diese ergeben sich aus der ambivalenten Natur der Nutzerzentrierung, welche sich zwischen den beiden Extremen „Pseudopartizipation“ und „Democratic Design“ bewegt. Beide sind zu vermeiden, in der Realität befinden sich Gestaltungsprojekte irgendwo in der Mitte dieses Spannungsfeldes.

Bei der Pseudopartizipation werden alle Entscheidungen schon im Vorfeld vom Management bzw. vom Projektteam gefällt. Pro forma sollen diese nachträglich vom Nutzer legitimiert werden. Das Risiko steigt, dass wichtige Anforderungen aus dem Nutzungskontext unberücksichtigt bleiben.

Das andere Extrem ist das Democratic Design, bei dem die Verantwortung vermeintlich vollständig an die Nutzer abgegeben wird. Die technische Entwicklung wird als Abstimmungsprozess verstanden, in der sich letztendlich diejenige Präferenz durchsetzt, für die die größte Mehrheit besteht. Dieser Ansatz verkennt allerdings, dass technische Entscheidungen oftmals mit strategischen Entscheidungen verbunden sind, deren Auswirkungen für die Gesamtorganisation aus Nutzersicht schwer abzuschätzen sind. Zudem fokussieren Nutzer früher auf Detaillösungen und entscheiden bei großer Unsicherheit mitunter konservativ (basierend auf alten Systemen). Nutzermeinungen können zudem volatil sein, sodass Anforderungen, die heute festgelegt werden, nicht zwingend den Bedürfnissen von morgen entsprechen müssen.

Nutzermeinungen können zudem volatil sein, sodass Anforderungen, die heute festgelegt werden, nicht zwingend den Bedürfnissen von morgen entsprechen müssen.

Aus diesem Grund ist ein klares Rollenverständnis zwischen den Systementwicklern und den Nutzern eine entscheidende Voraussetzung. Ansonsten kann dies zu unüberwindbaren Barrieren in der Systemgestaltung führen, in denen sich die Entwickler von den Nutzern gegängelt und bevormundet fühlen und die Nutzer unverstanden in ihren zentralen Bedürfnissen. Kompromisse sind dann nur noch schwer möglich.

Um eine Fehlentwicklung in beide Richtungen zu vermeiden, wird folgendes Rollenverständnis vorgeschlagen:

Die Nutzer

- sind Experten auf ihrem Gebiet
- erklären Ziele und Vorgehensweisen bei der Arbeit
- vermitteln Bedürfnisse und Interessenlagen
- bewerten Lösungsvarianten auf ihre Eignung
- zeigen Probleme bei verschiedenen Lösungsvarianten auf.

Die Entwickler

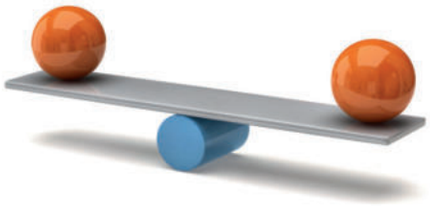
- tragen explizite Bedürfnisse zusammen
- ermitteln implizite Anforderungen (Anforderungen, die nicht explizit ausgesprochen, sondern stillschweigend vorausgesetzt werden)
- identifizieren typische Arbeitsweisen am Arbeitsplatz
- objektivieren subjektive Lotsenaussagen mit Hilfe geeigneter Methoden
- berücksichtigen den zukünftigen Nutzungskontext (z.B. mit Hilfe von Zukunftsszenarien)
- überführen die Erkenntnisse in Konzepte und Lösungen stellvertretend für den Nutzer
- lassen die Lösung strukturiert und methodisch vom Nutzer bewerten.

Dieses Rollenverständnis muss immer wieder neu an das jeweilige Gestaltungsvorhaben angepasst werden. Bei hoch innovativen und oftmals noch vagen Konzeptideen muss die Nutzereinbindung natürlich anders erfolgen als bei handfesten und gezielten Optimierungen bestehender Systeme.

Die Perspektive der DFS auf die nutzerzentrierte Gestaltung

Nutzerzentrierung und Ergonomie werden häufig als Ergänzung zum normalen Gestaltungsprozess verstanden, die lediglich der Optimierung bedürfen, nachdem technische Gesichtspunkte vollständig definiert werden. Dem liegt die Annahme zu Grunde, man müsse Aufwand und Ergonomie gegeneinander abwägen, ähnlich wie zwei Gegengewichte einer zweischaligen Waage, die sich die Balance halten müssen: Entweder man entscheidet sich für Ergonomie, dann bedeutet das einen höheren Aufwand und längere Entwicklungszeiten. Oder man favorisiert kürzere Entwicklungszeiten, dann bleibt weniger Zeit für Ergonomie. Das Bild der Waage verkennt allerdings die Realität komplexer Gestaltungsvorhaben, wie wir sie auch in der DFS vorfinden. Die Komplexität ergibt sich dabei aus der hohen Anzahl an Sub-Systemen, deren enge Kopplung und den hohen Anforderungen an den Nutzer des Systems bzw. an die Tätigkeit. In einem solchen Umfeld widersprechen sich eine schlanke und ergonomische Systemgestaltung gar nicht, sondern ergänzen sich vielmehr.

Die Suche nach schnellen Lösungen auf Grund von Zeitdruck unter komplexen Bedingungen führt nämlich genau zu dem, was man eigentlich vermeiden wollte: Lange Entwicklungszeiten und schlecht zu bedienende Systeme. Sarter, Woods & Billings (1997) formulieren das wie folgt:



Finally, design projects tend to experience severe resource pressure which almost invariably narrows the focus so that the automation is regarded as only an object or device that needs to possess certain features and perform certain functions under a narrowed range of conditions.

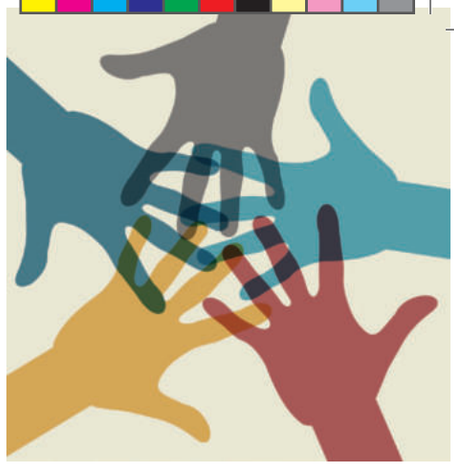
The need to support interaction and coordination between the machine and its human user(s) in the interest of building a joint human machine system becomes secondary. At this stage, potential benefits of a system may be lost, gaps begin to appear, oversimplifications arise, and boundaries are narrowed. The consequences are challenges to human performance.

Auch in der DFS beobachten wir Entwicklungszeiten von teilweise zehn Jahren und mehr. Die Gründe dafür ähneln den oben beschriebenen. Langsam vollzieht sich in der DFS allerdings ein Paradigmenwechsel, der sich in kleinen Schritten von der technikzentrierten Sichtweise abwendet und in Richtung einer nutzerzentrierten Gestaltung wandert. Das Zielsystem bleibt dabei weitgehend unverändert und hat nach wie vor die Verbesserung von Sicherheit, Performance und Komfort zum Ziel (vgl. Boy, 2001). Es ändert sich lediglich die Perspektive auf dem Weg dorthin.

Ein Beispiel für gelungene nutzerzentrierte Entwicklung in der DFS ist der vollzogene Wechsel von der Negativdarstellung zur Positivdarstellung im unteren Luftraum. Es erfüllt die wesentlichen Kriterien einer nutzerzentrierten Entwicklung.

Zunächst untersuchte eine ausgeprägte Analysephase die Priorität der farblich dargestellten Zustände aus Lotsensicht. Zusätzlich wurden die verschiedenen Adaptionen aller Niederlassungen zusammengetragen. Gemeinsam mit den Nutzern wurde erörtert, inwiefern Unterschiede zwischen den Niederlassungen tatsächlich betrieblich notwendig oder nur historisch gewachsen sind. Ein weiterer Gegenstand der Analyse waren technische und organisatorische Rahmenbedingungen, d.h. eine Aufstellung, welche Parameter überhaupt mit vertretbarem Aufwand verändert werden können.

Anschließend fanden insgesamt fünf Iterationen statt, wobei sich der Farbentwurf nach jeder Iteration verfeinerte. Im Zeitverlauf nahm die Komplexität der Prototypen stetig zu: Die erste Evaluierung erfolgte im P-2-Labor mit einfachen Mitteln, die letzte fand unter realitätsnahen Bedingungen im neuen Betriebsraum Langen unter Berücksichtigung der finalen Anzeigegeräte und der Beleuchtungssituation statt. Für die Evaluationen wurden Nutzer aller Niederlassungen einbezogen. Im Ergebnis konnte innerhalb der geplanten Zeitvorgaben ein für alle Niederlassungen einheitliches Farbkonzept entwickelt werden, das allen betrieblichen Notwendigkeiten Rechnung trägt.



Dieses und andere Beispiele zeigen, dass eine nutzerzentrierte Vorgehensweise in der DFS grundsätzlich nicht nur möglich, sondern auch zielführend ist. Langfristig könnten weitere Vorhaben in der DFS diesen Beispielen folgen, um die nutzerzentrierte Gestaltung im Unternehmen nachhaltig zu etablieren. Wünschenswerter Standard für die DFS wäre eine nutzerzentrierte Entwicklung nach Vorbild der ISO 9241-210 (2010). Für dieses ambitionierte Ziel sollten langfristig die richtigen Weichen gestellt werden. Konkrete Empfehlungen für Gestaltungsvorhaben der DFS sind:

Analysephase weiter stärken

Probleme können nur gelöst werden, wenn diese klar definiert und vor allem bekannt sind. Die Analysephase stellt die zentralen Fragen einer Systementwicklung aus Nutzersicht heraus:

- Wieso bedarf es überhaupt einer Neuentwicklung?
- Wer sind die Nutzer?
- Welche Tätigkeiten sollen mit der Technologie bearbeitet werden?
- Welche derzeitigen Probleme können gelöst werden?
- Was ändert sich durch neue Technologien an der Arbeitsweise?

Durch Klärung dieser oder anderer Fragen lassen sich direkt Anforderungen ableiten, die wiederum eine rationale Datenlage für die weitere Lösungsfindung bilden.

Ein weiterer Vorteil der Analyse: Sie ermöglicht den gedanklichen Schritt zurück. Lösen wir überhaupt das eigentliche Problem oder bekämpfen wir lediglich Symptome? In einer Niederlassung beispielsweise gab es klare Indizien, dass Labels einer bestimmten Farbe übersehen werden. Eine naheliegende Idee war, diese Farbe einfach zu ändern (Symptombekämpfung). Allerdings löste diese Maßnahme nicht das eigentliche Problem. Eine sorgfältige Analyse ergab schließlich, dass nicht eine einzelne Farbe das Problem darstellte, sondern das Farbkonzept als Ganzes, welches sich nicht an den Prioritäten des operativen Geschäfts orientierte.

Für Analysen sollte die DFS zudem vermehrt auf vergangenes Projektwissen zurückgreifen, welches derzeit nicht immer strukturiert und aufbereitet vorliegt. Gutachten, Untersuchungen und Analysen sind derzeit häufig nur über das persönliche soziale Netzwerk der Mitarbeiter zugänglich und werden nicht zentral koordiniert oder gesteuert.

Kreative Konzeption statt Fokussieren auf die schnelle Lösung

Mit der Einführung neuer Technologien steigt auch die Komplexität im Gesamtsystem der Flugsicherung. Die zahlreichen Abhängigkeiten können dazu führen, dass eine Lösung im Einzelfall betrachtet zwar sinnvoll erscheint, aber nicht zwingend in das Gesamtbild passt. Das Resultat ist ein Flickenteppich aus verschiedenen Systemen, die zwar technisch betrachtet korrekt zusammenarbeiten, deren Verhalten für den Nutzer aber nicht mehr nachvollziehbar ist. Typische Symptome auf Systemebene sind beispielsweise unvorhergesehenes Systemverhalten, inkonsistente Farbverwendung, unterschiedliche Schriftarten, verschiedene Tabellenstrukturen oder nicht ineinandergreifende Bedienvarianten.

Um solchen Fehlentwicklungen entgegenzuwirken bedarf es systemübergreifender Grundsätze und Konzepte, die die prinzipielle Arbeitsweise eines Gesamtsystems beschreiben. Diese können bei der Entwicklung eine klare Richtung vorgeben, als Bewertungsmaßstab dienen und darüber hinaus zusätzliche Orientierung bieten, ob sich die Entwicklung noch auf dem geplanten Weg befindet oder sich mehr und mehr von der ursprünglichen Motivation entfernt. Um ein Beispiel zu nennen: Bisher gibt es kein betriebliches DFS-Automatisierungskonzept, welches grundsätzlich klärt, welche Ziele mit Hilfe der Automation verfolgt werden, mit welchen Mitteln diese erreicht werden sollen und wie sich dadurch die Arbeitsweise der Nutzer verändern muss. Solche Konzepte sind allerdings Voraussetzung, um kommenden Herausforderungen überhaupt begegnen zu können.

Einplanen von mehr, aber dafür kürzeren Iterationen

Entwicklungszeiten in der DFS dauern lange. Der Lotse bekommt einen ersten Entwurf meist erst in späten Projektphasen zu Gesicht, nachdem viele Entscheidungen bereits getroffen wurden. Dabei stützt sich die DFS für die Prototypenerstellung hauptsächlich auf kostspielige Beta-Versionen, die oftmals von externen Lieferanten zugeliefert werden müssen. Um kürzere und schnellere Entwicklungszyklen zu erreichen, sollten zusätzlich vermehrt einfache Prototypen frühzeitig im Prozess zum Einsatz kommen, wie z.B. Wireframes oder Look-&-Feel-Prototypen. Auf diese Weise werden die Iterationszyklen verkürzt und Nutzerrückmeldungen früher in die Betrachtung integriert. Abweichungen zu den getroffenen Annahmen werden schneller auf allen Ebenen des nutzerzentrierten Gestaltungsprozesses erkannt. Typische Abweichungen (in Anlehnung des nutzerzentrierten Gestaltungsprozesses in Abbildung 1) könnten sein:

- Der zu Grunde gelegte Nutzungskontext ist unvollständig oder fehlerhaft beschrieben.
- Die Anforderungen sind unzureichend definiert.
- Die technische Lösung setzt die definierten Anforderungen nicht adäquat um.

Alle drei Fälle bedürfen einer möglichst frühzeitigen Anpassung des Nutzungskontextes, der Nutzungsanforderungen oder aber der Gestaltungslösung.

Fazit

Bisher erscheint die Frage, wie man gebrauchstaugliche Systeme in angemessener Zeit entwickeln und einführen kann, auch im internationalen Kontext weitgehend ungeklärt.

Rückblickend konnte die DFS in den letzten Jahren große Erfolge verzeichnen und die hohe Nachfrage anderer Flugsicherungsorganisationen nach DFS-Systemen unterstreicht diese positive Entwicklung zusätzlich. Andererseits war der Weg zu diesen Erfolgen steinig und die alltägliche Arbeit zeigt, dass wir noch nicht am Ziel angekommen sind. Systementwicklungen in der Flugsicherung dauern zu lange und sind oftmals mit hohem Aufwand verbunden, die noch lange nach der eigentlichen Systemeinführung entstehen.

Mit diesen Herausforderungen steht die DFS in Europa keinesfalls alleine da: Bisher erscheint die Frage, wie man gebrauchstaugliche Systeme in angemessener Zeit entwickeln und einführen kann, auch im internationalen Kontext weitgehend ungeklärt. Es zeigt sich aber: Die nutzerzentrierte Gestaltung stellt bei der Lösung dieser Probleme ein entscheidendes Fundament dar.

In der DFS ist der Paradigmenwechsel bereits eingeleitet. Positive Erfahrungen aus der Vergangenheit werden übernommen, negative Entwicklungen systematisch hinterfragt und analysiert, sodass sich langfristig daraus lernen lässt. Projekte in der DFS greifen auf eine nutzerzentrierte Vorgehensweise zurück; und das von Anfang an, beginnend bei der Planungs- und Analysephase. Beispiele hierfür sind zum einen der bereits genannte Wechsel zur Positivdarstellung im unteren Luftraum, zum anderen iCAS Phase II in Bremen. Beide Vorhaben werden in Fragen der Ergonomie vom Bereich Human Factors begleitet und in der methodischen Ausführung unterstützt. Erstmals werden gezielt auch nutzerzentrierte Zielgrößen ermittelt und erfasst. Diese können subjektiv sein (wie z.B. Gebrauchstauglichkeit, Arbeitslast) oder aber objektiv (Zeichenkontrast, Helligkeitswerte, Akustikwerte).

Ein wichtiger Erfolgsfaktor für die Etablierung der nutzerzentrierten Perspektive ist zum einen die bereichsübergreifende Zusammenarbeit, zum anderen auch das Bekenntnis des DFS-Managements zu dieser Sichtweise. Ein bedeutender Meilenstein dabei ist die Gründung des Ergonomie-Boards, welches in Zukunft unter der Leitung von VY/H und OP zentral Ergonomie-Aspekte in der DFS steuern und koordinieren soll.

Mit diesen ersten Schritten ist die DFS derzeit einer der wenigen europäischen Impulsgeber und hat die Chance, sich langfristig als Innovationsführer für effektive, effiziente und zufriedenstellende Fluglotsensysteme zu profilieren.

Literaturhinweise:

Alexander, D. C. (1999). The ergonomics cost justification process. Presented at the Department of Defense Annual Ergonomics Conference. Fairfax/VA, USA.

BEA: Flugunfalluntersuchung des Airbus A330-203, http://www.bea.aero/fr/enquetes/vol.af.447/note05juillet2012.de.pdf, zuletzt abgerufen am 14.09.2012.

Béguin, P. (2011). Acting within the boundaries of work systems development, Human Factors and Ergonomics. Manufacturing & Service Industries, 21, 6, 543–554.

Boy, G.A. (2011). A Human-Centered Design Approach. Handbook of Human-Machine Interaction (Hrsg. Boy), 1–20.

DIN EN ISO 9241-210 (2010). Ergonomie der Mensch-System-Interaktion – Teil 210: Prozess zur Gestaltung gebrauchstauglicher interaktiver Systeme. Berlin, D: Beuth Verlag GmbH.

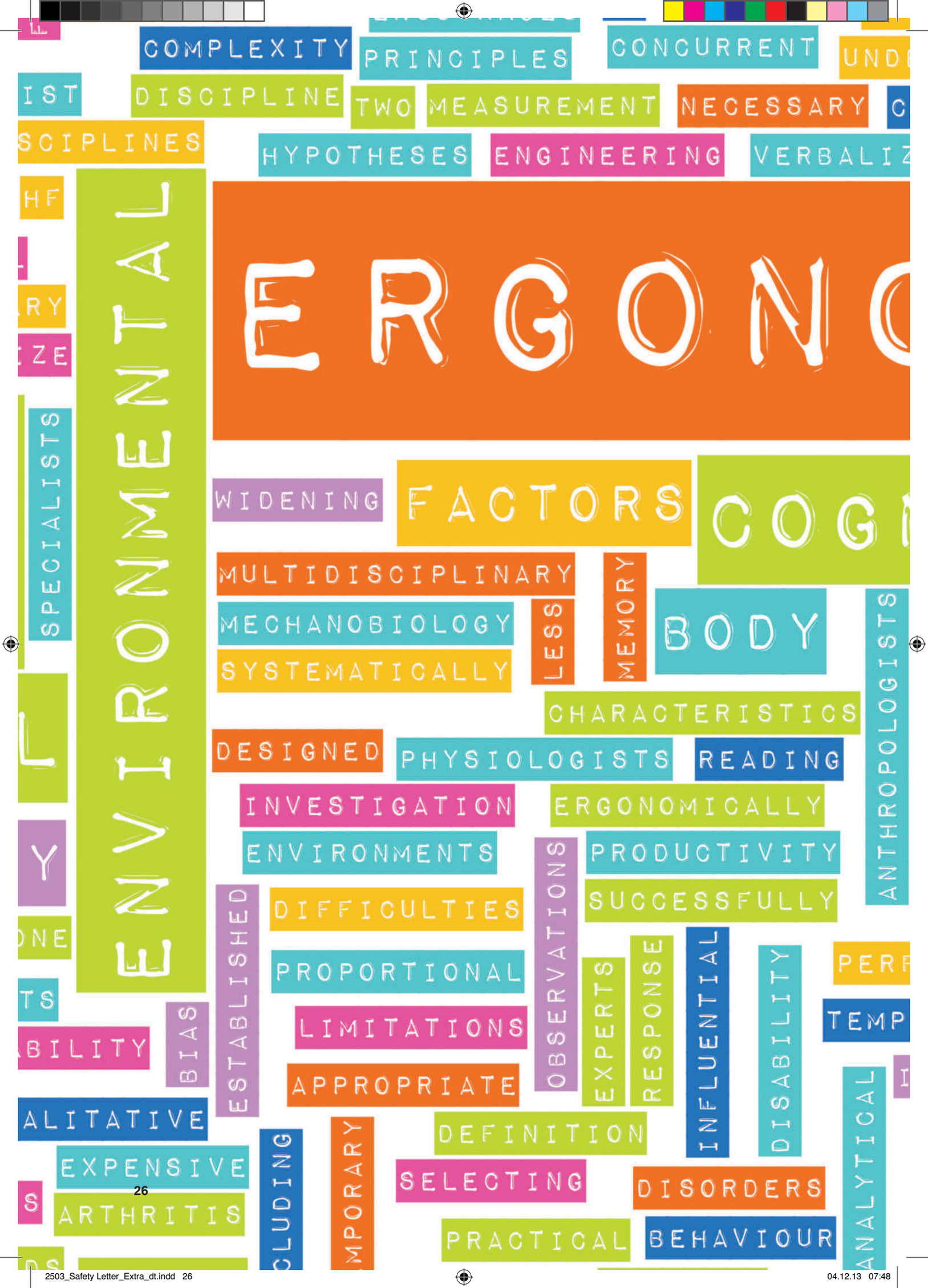
Hendrick, H. W. (2008). Applying ergonomics to systems: Some documented "lessons learned". Applied Ergonomics, 39, 418–426.

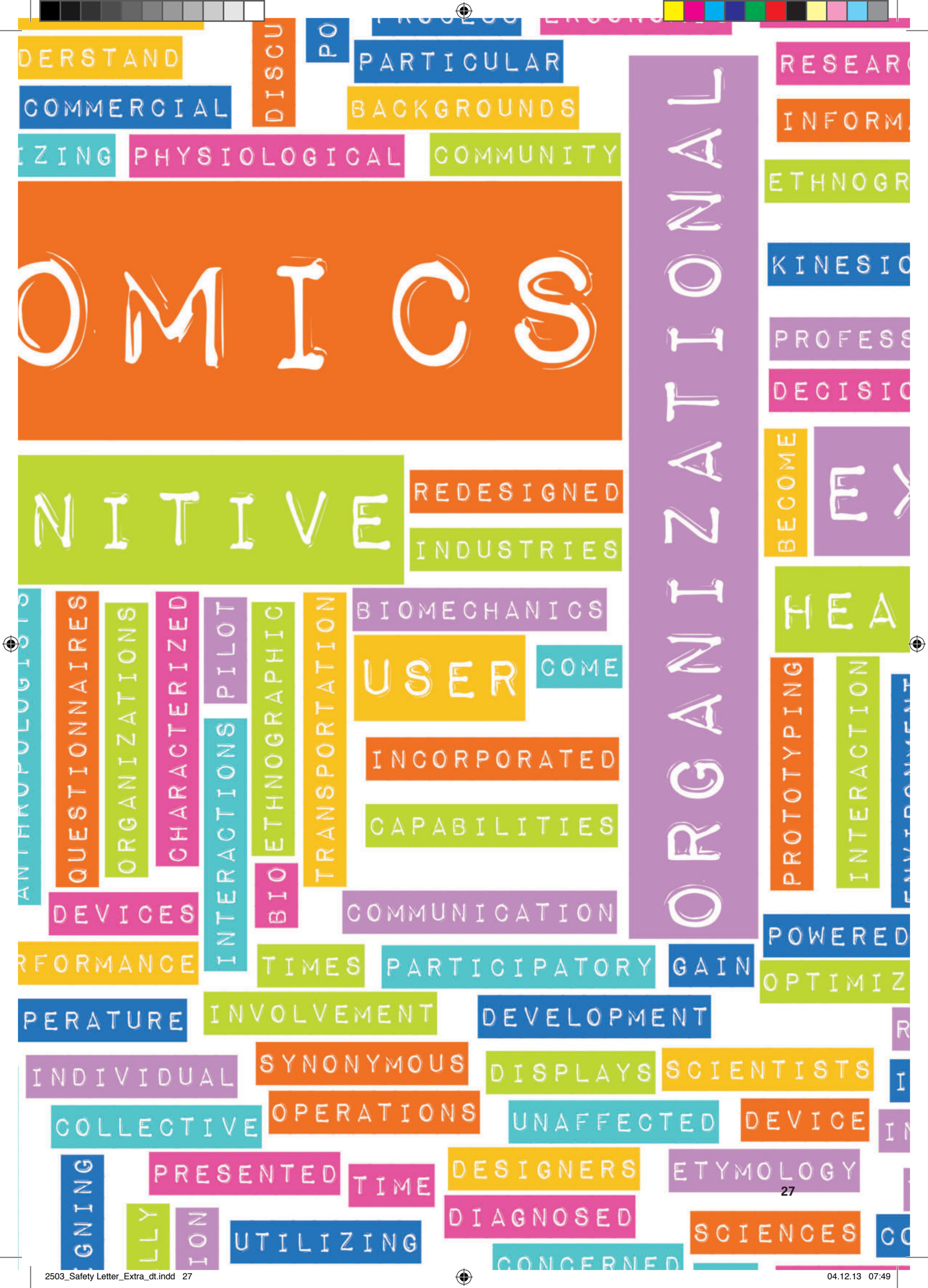
König, C. (2012). Analyse und Anwendung des menschzentrierten Gestaltungsprozesses zur Entwicklung von Human-Machine-Interfaces im Arbeitskontext am Beispiel Flugsicherung. Dissertation an der Technischen Universität Darmstadt.

Leveson, N., de Villepin, M., Srinivasan, J., Daouk, M., Neogi, N., Bachelder, E., Bellingham, J. (2001). A Safety and Human-Centered Approach to Developing New Air Traffic Management Tools. 4th USA/Europe Air Traffic Management R&D Seminar, Santa Fe/NM, USA.

Mao, J.-Y., Vredenburg, K., Smith, P.W., Carey, T. (2005). The state of User-Centered Design Practice. Communications of the ACM, 48, 3, 105–109.

Sarter, N. B., Woods, D. D., Billings, C. E. (1997). Automation Surprises. G. Salvendy (Hrsg.), Handbook of Human Factors & Ergonomics, 2. Auflage. Hoboken/NJ, USA: John Wiley & Sons.





Nils Schader studierte Allgemeinen Maschinenbau an der TU Darmstadt. Als Schwerpunkte seines Studiums wählte er die Bereiche Luftfahrt und Arbeitswissenschaft. Danach vereinte er beide Aspekte in seiner Arbeit als wissenschaftlicher Mitarbeiter am Institut für Arbeitswissenschaft der TU Darmstadt im Rahmen von Flugsicherungsprojekten. Seit 2012 arbeitet er für die DFS im Bereich Human Factors und berät aktuelle Projekte zu ergonomischen Fragestellungen.

Mensch oder Maschine? Wer arbeitet zuverlässiger, wer sicherer? Ist der Computer der bessere Fluglotse? Fast täglich können wir uns über die Medien ein Bild davon machen, wie immer mehr Arbeitsprozesse automatisiert werden. Gibt es Limitationen, die den ungebrochenen Trend zur Automatisierung einschränken oder ist die Maschine in jedem Fall der bessere Akteur? Im Folgenden nimmt Nils Schader eine sprachliche Einordnung der Begriffe Automation und Automatisierung vor. Zudem diskutiert er Einsatzbereiche und zeigt ihre Implikationen für die DFS auf. Dabei zeigt er auf, dass nicht reflektiertes und bedingungsloses Automatisieren auch Gefahren birgt, die es zu vermeiden gilt.

Automation in der Flugsicherung: Chance und Risiko

Von Nils Schader

> *"Things that make us smart can also make us dumb."*
> *Donald Norman*

Das Schlagwort „Automation" ist aus dem Alltag nicht mehr wegzudenken. Egal ob im privaten oder beruflichen Umfeld, alles ist oder wird automatisiert. Das Smartphone erinnert uns, wann wir losfahren müssen, um pünktlich zum Termin zu erscheinen oder daran, ob der Flug von einem anderen Gate abfliegt. Wenn der Termin überstanden ist, sagt es uns, welche Sehenswürdigkeiten in der Nähe liegen, damit wir die verbleibende Zeit hierfür nutzen können. Das elektronische Buchungssystem erinnert uns nach der Rückkehr an die Reisekostenabrechnung und weiß bis auf die Kosten des Bustickets über alles Bescheid. Für Anfragen an die Kfz-Versicherung, die Krankenkasse oder den Handyanbieter haben wir die Wahl zwischen Hotline mit Sprachsteuerung oder einem virtuellen Assistenten (Avatar) auf der Website. Haben wir beim Autofahren mal nicht aufgepasst, so sagt uns der Bordcomputer dank Kamerasystem, welches Tempolimit gerade aktuell ist. Eine Karte haben wir gar nicht mehr dabei. Und mit der Erwähnung von „Oberklasselimousine" und „enge Parklücke" erschreckt man nicht mal mehr den unerfahrensten Führerscheinneuling.

So überrascht es auch wenig, dass kaum ein Tag vergeht, in dem nicht in irgendeiner Form zum Thema berichtet wird:

> FAZ.net, 21.08.2013:
> **Continental will mit Google und IBM Roboterautos entwickeln**
> Der weltweit zweitgrößte Autozulieferer Continental steht kurz vor dem Abschluss von Kooperationsverträgen mit den beiden amerikanischen Technologie¬konzernen Google und IBM. Die geplante Zusammenarbeit zielt darauf ab, neue Lösungen für das automatisierte Fahren zu finden. Die dafür notwendigen Investitionen sollen ebenso wie künftige Erträge geteilt werden.
>
> Sueddeutsche.de, 09.08.2013:
> **NSA will 90 Prozent ihrer Systemadministratoren entlassen**
> Die Verantwortlichen an der Spitze der NSA sind sich einig, dass künftig so wenig Menschen wie irgend möglich Zugang zu den geheimen Überwachungs¬programmen haben dürfen. So soll verhindert werden, dass erneut brisante Informationen nach außen gelangen. Die Lösung dafür ist denkbar einfach: Mitarbeiter entlassen.
> Der Geheimdienst werde sich von etwa 90 Prozent seiner Systemadministratoren trennen […]. Ziel sei es, möglichst viele der Aufgaben zu automatisieren, die bisher Menschen erledigt hätten. Dieser Prozess sei

bereits in der Umsetzung, verlaufe aber „noch nicht schnell genug“, sagte Alexander. Daten transferieren und Netzwerke sichern, das seien Aufgaben, die „wahrscheinlich von Maschinen besser erledigt werden könnten“.

Spiegel Online, 14.06.2013:
Automatisiertes Fahren: Mensch gegen Maschine
BMW, Mercedes, Audi – was Rang und Namen hat, tüftelt am superschlauen Fahrzeug. Und der Internetkonzern Google fährt voraus. Die Einführung des autonomen Autos scheint damit bloß eine Frage der Zeit. Sie fordert aber bei weitem nicht nur Ingenieure heraus – sondern betrifft fast jeden Einzelnen von uns. Denn in Zukunft werden sich alle, die den Führerschein haben oder haben wollen, über die neue Machtverteilung im Auto Gedanken machen müssen: Wie viele Entscheidungen überlasse ich beim Fahren der Technik?

Auch in der DFS kommt man an dem Thema nicht vorbei. Punkt 2 des 5-Punkte-Programms, der sich mit dem Thema Kapazität beschäftigt, schlägt „höhere Kapazität […] durch Automatisierung mittels neuer Technologien und durch neue Verfahren, nicht durch mehr Personal“ vor.

Das Versprechen Automation scheint das Allheilmittel gegen alle Kosten-, Personal- und Zuverlässigkeitsprobleme zu sein. Personaleinsparungen, verkürzte Ausbildungszeiten, Erhöhung von Qualität und Sicherheit sind typische Motive, die wenigstens implizit immer wieder in den Überlegungen auftauchen.

Selten lassen sich solch kritische Äußerungen wie in dem zuletzt zitierten Artikel finden. Und wenn, sind sie oft mit einer politischen Botschaft verbunden, gerade wenn es um das Thema Arbeitsplätze geht. Die Tragweite und auch Vielschichtigkeit des Themas verdient aber eine ergebnisoffene und differenzierte Betrachtung.

Dieser Beitrag wird im Folgenden versuchen, Chancen, Risiken und aktuelle Entwicklungen aus der Perspektive der Flugsicherung im Allgemeinen und der DFS im Speziellen zu beleuchten.

Was ist Automation?
Wenn wir uns vertieft mit dem Thema beschäftigen wollen, so muss zunächst geklärt werden, worum es uns eigentlich genau geht – wir brauchen eine Definition.

Geht man zurück zum Wortursprung, landet man im Griechischen: Automation leitet sich von „automatos“ ab, was so viel wie „von selbst geschehend, sich selbst bewegend“ bedeutet. Von hier stammt also der Gedanke, Dinge ohne Eingriff des Menschen ablaufen zu lassen.

Auffällig ist, dass der Begriff selbst in informierten Kreisen inflationär und häufig falsch, oder zumindest unpräzise, verwendet wird. Vor allem im englischsprachigen Raum ist oft jeder Einsatz von Technologie im industriellen Umfeld „Automation“. In Deutschland findet sich diese Denkweise im Begriff „Automatisierungstechnik“. Gemeint ist dort der Einsatz von Technik in der industriellen Produktion zur Steigerung der Produktivität und der Qualität. Dies kann tatsächlich ein Ergebnis von Automatisierung sein, trifft die Sache aber nicht im Kern. Behandelt werden dort meist nur Themen der Regelungstechnik, also die Auslegung von elektronischen Steuerungs- und Regelsystemen für Fertigungsstraßen und Ähnliches (man denke an die typische Fabrik eines „Die Sendung mit der Maus“-Beitrags).

Die Perspektive der Wissenschaft geht wesentlich weiter. Dies spiegelt sich in der folgenden Definition wider, welche allen folgenden Überlegungen zugrunde liegen soll:

Geht man zurück zum Wortursprung, landet man im Griechischen: Automation leitet sich von „automatos“ ab, was so viel wie „von selbst geschehend, sich selbst bewegend“ bedeutet. Von hier stammt also der Gedanke, Dinge ohne Eingriff des Menschen ablaufen zu lassen.

„Mit Automatisierung und Automation wird der Prozess sowie sein Resultat bezeichnet, in dem Aufgaben und Tätigkeiten, die vom Menschen ausgeführt wurden, an eine Maschine übergeben werden." (Hauß & Timpe, 2002)

Eine Maschine ist in diesem Zusammenhang jedes technische Gebilde, sei es eine Anlage, ein Apparat, ein Gerät oder eine Software, die der zielgerichteten Umsetzung von Stoffen, Energie oder Information dient. Die Maschine besteht dabei aus mehreren Komponenten, was sie vom Werkzeug abgrenzt: Sie kann komplette Teilschritte eines größeren Prozesses übernehmen. Mensch und Maschine teilen sich also die Aufgaben, die zur Zielerreichung nötig sind.

Im Alltag finden sich viele Beispiele hierfür:
Das elektronische Telefonbuch unserer Telefonanlage automatisiert das Auffinden der korrekten Telefonnummer für einen Namen.

Das schon erwähnte Navigationssystem im Auto empfängt Informationen über Staus und andere Verkehrsbehinderungen und erspart uns, die Verkehrsnachrichten im Radio zu verfolgen.

Die Rechtschreibprüfung in Word und anderen Textverarbeitungsprogrammen automatisiert das Nachschlagen im Duden.

Ein Bereich der Luftfahrt, der mittlerweile extrem automatisiert ist, ist das Flight-Deck (Cockpit). Bedingt durch die Vielzahl der Aufgaben war es in der Anfangszeit der Langstreckenflüge, egal ob zivil oder militärisch, üblich, eine große Crew dabeizuhaben: Piloten, Navigator, Funker, Bordingenieure. Je kleiner die Maschine, umso mehr Arbeit musste auf die vorhandenen Personen aufgeteilt werden. Somit war jede Entlastung willkommen, und es wundert nicht, dass schon sehr früh einfache Autopiloten entwickelt wurden, die zumindest Höhe und Steuerkurs stabil halten konnten. Der Navigator erhielt ebenfalls zunehmend Unterstützung bei seinen Berechnungen, die mit dem Aufkommen der Trägheitsnavigationssysteme (INS) ihren Höhepunkt fand – und ihn schließlich überflüssig machte. Moderne Flight-Management-Systeme (FMS) sind u.a. dank GPS in der Lage, ganze Flugverläufe abzubilden und abzufliegen. Die letzte Position, die mittels Automation ersetzt wurde, war die des Flugingenieurs, der die technischen Systeme überwachte und bediente, also z.B. die Druckkabine oder die Triebwerke. In den 1980er-Jahren entstanden dann neue Airliner, die auch diese Funktionen einem Computersystem (u.a. Full Authority Digital Engine Control, FADEC) anvertrauten: Das aktuelle 2-Mann-Cockpit war geboren.

Schon zu Anfängen der Industriellen Revolution zeigte sich, dass der Mensch nicht immer allen Anforderungen im gewünschten Maße gerecht werden konnte oder wollte.

Automation ist dabei aber kein Phänomen unseres Computerzeitalters. Schon zu Anfängen der Industriellen Revolution zeigte sich, dass der Mensch nicht immer allen Anforderungen im gewünschten Maße gerecht werden konnte oder wollte. James Watt stattete beispielsweise seine Dampfmaschinen mit sogenannten Fliehkraftreglern aus, die die Drehzahl ohne Überwachung und Eingriff durch den Menschen konstant halten konnten.

Welche Teile eines Prozesses als „automatisiert" empfunden werden, ist im Laufe der Zeit einem Wandel unterworfen: So werden automatisierte Funktionen irgendwann als integraler Teil des technischen Systems gesehen, wie z.B. der elektrische Anlasser im Auto.

Eine Teilmenge von Automation, die zunehmend an Bedeutung gewinnt, sind Unterstützungs- oder Assistenzsysteme. Die Grenzen dieser Klassifikation, ob ein System ein Unterstützungs- oder Assistenzsystem ist, sind fließend. Ein Unterstützungssystem ist ein „informationsverarbeitendes technisches Gebilde, das die Aufgabenerfüllung eines Operateurs in einem Mensch-Maschine-System dadurch fördert, dass es bestimmte, für seine Zielerreichung notwendige Teilaufgaben innerhalb seiner Gesamtaufgabe übernimmt und/oder ausführt". (Hauß & Timpe, 2002)

Diese Klasse von Automation findet man zunehmend im Automobil, z.B. in Form der Adaptive Cruise Control, die eine konstante Zeitlücke zum vorausfahrenden Fahrzeug halten kann. Der Fahrer muss sich in diesem Fall also weder um das Halten einer bestimmten Geschwindigkeit noch um das Halten eines bestimmten Abstandes kümmern. Weitere Beispiele sind Notbremsassistenten, Spurhalteassistenten etc.

Bei Assistenzsystemen werden Teilaspekte einer komplexeren Aufgabe (z.B. Fahrzeugführung) zwischen Mensch und Maschine aufgeteilt. Um erfolgreich zu sein, ist ein funktionierender Informationsaustausch zwischen beiden Teilsystemen nötig. Somit ist leicht einzusehen, dass in diesem Fall der Mensch-Maschine-Schnittstelle (Human Machine Interface, HMI) eine zentrale Rolle zukommt.

Innerhalb der DFS werden Lotsen-Assistenzsysteme und ihr HMI zumindest mittelfristig das zentrale Thema sein, wenn es um Automation geht.

Ein sehr triftiger Grund, Menschen gewisse Aufgaben nicht zu übertragen, sind mit ihnen verbundene Gefahren und als untragbar eingeschätzte Risiken für Leib und Leben.

Warum automatisiert der Mensch so gerne?

Einige klassische Motive der Automatisierung sind in der Einleitung schon angeklungen. Die Gründe für die Übertragung von Aufgaben vom Menschen auf Maschinen sind aber erstaunlich vielschichtig.

Ein sehr triftiger Grund, Menschen gewisse Aufgaben nicht zu übertragen, sind mit ihnen verbundene Gefahren und als untragbar eingeschätzte Risiken für Leib und Leben. Sicher noch im Gedächtnis geblieben sind der Einsatz von Kameradrohnen zur Lagesondierung im havarierten Atomkraftwerk Fukushima, oder die Versuche, dem lecken Bohrloch der Deep-Water-Horizon-Plattform mit ROVs („remotely operated underwater vehicle“) beizukommen.

Ein weiterer klassischer Grund ist, dass die geforderten Fähigkeiten bezüglich einer Tätigkeit den Einsatz des Menschen schlicht nicht zulassen. So können die Anforderungen bezüglich der Präzision oder der Geschwindigkeit über dem „menschenmöglichen“ Niveau liegen. Oder aber es sind Kräfte nötig, die nicht zu leisten sind. Beides tritt häufig in der industriellen Produktion auf, man denke an moderne computergesteuerte Werkzeugmaschinen (CNC) und Industrieroboter. Heute übliche Taktzeiten und die gleichbleibend hohe Qualität sind ohne den Einsatz solcher Automation nicht zu erreichen.

Hinter all dem steckt natürlich die (teils implizite) Erwartung „des Marktes“, dass sich Preise trotz hoher oder sogar steigender Qualität nach unten bewegen. Dies ist z.B. über hohe Stückzahlen und kurze Stückzeiten zu erreichen.

Schon mehrfach angeklungen ist die Idee, mit neuen technischen Systemen Personal einzusparen, oder aber die Komplexität einer Aufgabe so weit zu reduzieren, dass eine geringwertigere Ausbildung für deren Bewältigung nötig ist. Damit verbunden ist natürlich auch eine geringere Bezahlung für die weniger qualifizierten Arbeitnehmer.

Letztlich geht es auch darum, konkurrenzfähig zu bleiben, oder einen Vorsprung herauszuarbeiten bzw. auszubauen. Dies führt dazu, dass verfügbare (IT-)Technologie früher oder später auch eingesetzt wird, ungeachtet einer aktuell gesehenen Sinnhaftigkeit (oder Sinnlosigkeit). Denn wenn man erfolgreich ist, zwingt man die Wettbewerber nachzuziehen. Man denke hier an das erste iPhone, oder noch einige Jahre früher, die iPod-Geräte, die sich ihren eigenen Markt geschaffen haben und die nun nach Jahren erst eingeholt und langsam verdrängt werden.

Ebenfalls gesellschaftlich tief verankert ist ein starkes Bild der technischen Machbarkeit – noch nicht vorhandene technische Lösungen für Probleme werden als Herausforderung per se gesehen, unabhängig vom tatsächlichen Bedarf: „Das muss gehen!“

Ein (vermeintlich) tatsächlicher Bedarf ergibt sich immer wieder nach Unglücksfällen. Durch die Fokussierung auf den Menschen als Verursacher von Unfällen und Vorfällen herrscht die Idee vor, jede bekanntgewordene Schwach-

stelle durch eine technische Systemkomponente abzusichern. Dies ist „messbarer“ als andere Angriffspunkte, wie Ausbildung oder organisationale Veränderungen: Denn letztlich muss jemand sagen können: „Wir haben alles getan, um eine Wiederholung auszuschließen!“ Dieses Phänomen ist in der Luftfahrtbranche sehr verbreitet, und es gibt eine ganze Reihe von Sicherheitssystemen, die auf tragische Abstürze zurückgehen.

Für manche Tätigkeiten reicht auch das „Sensorenpaket“ des Menschen nicht aus. Wir haben zwar eine große Anzahl von Sinneswahrnehmungen zur Verfügung, jedoch ist das jeweils abgedeckte Spektrum natürlich evolutionär für eine bestimmte Art von Aufgaben entstanden, die nicht notwendigerweise kompatibel mit aktuellen Anforderungen sind. So hört und sieht der Mensch in einem erstaunlich großen Frequenzbereich, kann aber beispielsweise keine Wärmestrahlung sehen.

Ebenfalls an Grenzen stößt man regelmäßig, wenn mehrere anspruchsvolle Aufgaben gleichzeitig auszuführen sind. Zwar ist Multitasking ein mindestens ebenso populäres Wort wie Automation selbst, es bleibt jedoch ein Fakt, dass der Mensch nicht für parallele Informationsverarbeitung gemacht ist. Dies funktioniert dann einigermaßen, wenn zwei Sinneskanäle in unterschiedlichem Maße gefordert sind – z.B. Auto fahren inkl. Straße beobachten und nebenbei Musik hören. Es endet aber spätestens dann, wenn höhere kognitive Funktionen ins Spiel kommen: Ein typisches Verhalten ist es beispielsweise bei der Einfahrt in eine noch unbekannte Stadt, das Radio leise zu drehen, um sich auf die Navigation konzentrieren zu können.

Von wirtschaftlichen Erwägungen abgesehen ist ein gemeinsames Merkmal der bisher beschriebenen Motive, dass es darum geht, den Menschen von ihn überfordernden Aufgaben und Situationen zu entlasten.

Ebenfalls einsichtig sollte sein, dass es Aufgaben gibt, die die intellektuellen Fähigkeiten des Menschen schlicht überschreiten. Unsere Gedächtnisleistung ist ebenso begrenzt wie unsere Rechenleistung.

Von wirtschaftlichen Erwägungen abgesehen ist ein gemeinsames Merkmal der bisher beschriebenen Motive, dass es darum geht, den Menschen von ihn überfordernden Aufgaben und Situationen zu entlasten. Dies ist sehr sinnvoll, da eine Überforderung zu einem starken Leistungsabfall führt, Frustration auslöst und bestenfalls ermüdet, schlimmstenfalls Stress und Krankheit zur Folge hat.

Wenig beachtet wird oft, dass Unterforderung nahezu dieselben Symptome auslöst. Auch hier können Stress und Krankheit die Folge sein, wenn die vorhandenen Qualifikationen des Mitarbeiters brachliegen, er monotone, repetitive Aufgaben auszuführen hat. Die Leistung bricht ein, da es nicht möglich ist, eine hohe Konzentration über einen längeren Zeitraum aufrechtzuerhalten, wenn keine Leistung gefordert wird.

Der Mensch braucht letztlich ein angemessenes, mittleres Anforderungsniveau (vgl. Abbildung 1). Dort kann er sich optimal entfalten, seine Fähigkeiten nutzen, um Probleme und Aufgaben zu lösen und so sein Wissen, seine Fähigkeiten und letztlich auch seine Zufriedenheit steigern. Es sollte also ein zentrales Ziel jedes Automatisierungsvorhabens sein, ebendieses Anforderungsniveau sicherzustellen.

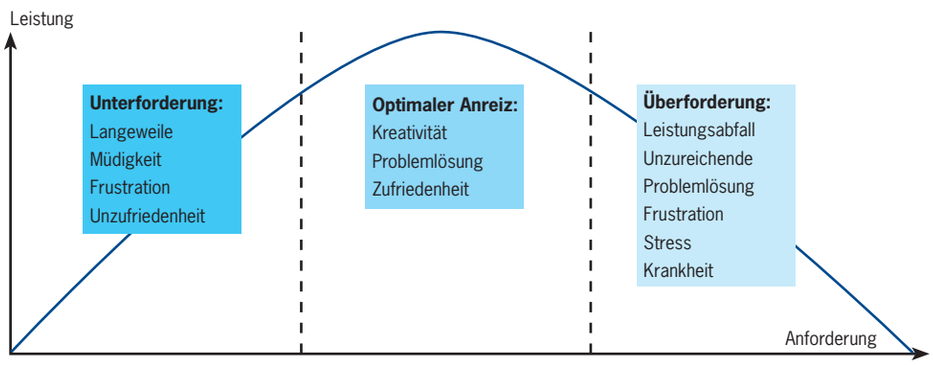


Abbildung 1: Leistungsfähigkeit des Menschen in Relation zu den an ihn gestellten Anforderungen

Eine Übersicht, bei welchen Aufgabentypen Automatisierung zum Abbau von Über- bzw. Unterforderung sinnvoll sein kann, zeigt Tabelle 1.

Tabelle 1 Typische Ausprägungen von Über- und Unterforderung

Automatisierung zum Abbau von Überforderung	Automatisierung zum Abbau von Unterforderung
bei Aufgaben, die zur Sättigung in einem oder mehreren Wahrnehmungskanälen führen	bei Überwachungsaufgaben mit niedriger Ereignisrate
zur Begrenzung der Zahl an gleichzeitig zu bearbeitenden Aufgaben	bei selten durchzuführenden Aufgaben
um die Zahl der „zu merkenden" Informationen/Ereignisse zu begrenzen	bei Routineaufgaben, die einfach zu automatisieren wären
wenn die Informationsverarbeitungskapazität des Menschen durch die Komplexität der Aufgabe überschritten wird	bei langweiligen und demotivierenden Aufgaben
bei Aufgaben mit Schrittfolge und Zeittaktung	
bei sich ständig wiederholenden (repetitiven) Aufgaben	

Wie klassifiziert man Automation?

Die Breite des Themas erzeugt den Bedarf, verschiedene Typen von Automation zu identifizieren, um sie handhabbarer und vergleichbar zu machen.

Ein Ansatz ist es, verschiedene Typen der Automation anhand ihrer zugrundliegenden „Philosophie" zu klassifizieren. Dabei lassen sich drei Haupttypen ausmachen, die auch weitestgehend dem tatsächlichen Zeitverlauf entsprechen:

Left-over

Diese Art von Automation lässt sich grob mit dem Prinzip „Automatisiere, was du kannst, den Rest überlasse dem Operator" beschreiben. Dem liegt der Ansatz zugrunde, dass jede Funktion grundsätzlich besser von der Maschine übernommen werden sollte. Grenzen setzt letztlich nur die zur Verfügung stehende Technologie.

Compensatory

Wie im vorherigen Abschnitt erläutert, gibt es bestimmte Typen von Aufgaben, die nicht gut für die Ausführung durch den Menschen geeignet sind. Basierend auf solchen Überlegungen liegt es nahe, möglichst umfassende Listen mit Vor- und Nachteilen von Mensch und Maschine anzulegen, um eine Zuordnung von Aufgaben zu erleichtern. Eine frühe, und nach wie vor gerne verwendete solche Liste wurde bereits 1951 von Fitts erstellt. Entsprechend der fortschreitenden technologischen Entwicklungen wurde sie nach und nach aktualisiert. Das zugrundeliegende Prinzip ist immer „Jeder macht das, was er am besten kann."

Supervisory

Dies ist der aktuell am weitesten verbreitete Typ von Automation. Der Mensch erfüllt hier die Rolle als Überwacher (Supervisor) über weitgehend automatisierte Prozesse. Ihm fällt die Rolle zu, bei Abweichungen von erwarteten Abläufen oder Ergebnissen korrigierend einzugreifen, Vorgaben zu machen, Entscheidungen zu treffen usw. Entsprechend dem hohen Verbreitungsgrad befasst sich ein großer Teil der aktuellen Literatur mit dieser Ausprägung von Automation.

Complementary

Wenn man von Complementary (ergänzender) Automation spricht, meint man damit, dass man Mensch und Maschine als miteinander arbeitende kognitive Systeme betrachtet. Man rückt das System als Ganzes in den Vordergrund und versucht, die Eigenschaften von Mensch und Maschine nicht nur nicht-negativ (vgl. compensatory), sondern möglichst gewinnbringend zu verbinden. Es geht darum, Synergien zu schaffen, um bezüglich der vorhandenen Aufgaben möglichst effizient Ergebnisse zu erzielen.

Adaptive

Adaptive Automation ist letztlich eine gedankliche Weiterentwicklung der komplementären Automation. Man versucht hier dem Umstand Rechnung zu tragen, dass reale (Arbeits-)Systeme dynamisch sind, und sich somit Ziele, Aufgaben, aber auch die Zustände der Systemkomponenten, inkl. des Menschen, verändern. Eine Aufgabenzuteilung sollte sich also dynamisch je nach Zustand von System und Akteuren verändern, um jeweils einen optimalen Arbeitspunkt zu ermöglichen. Denkbar ist auch, dass der Mensch den Grad der Automation direkt beeinflussen kann: Wenn man die Fahrzeugführung als Beispiel heranzieht, hieße das, dass man völlig ununterstützt, also manuell fahren kann, man aber auch die Hände vom Lenkrad nehmen kann, und dann die technische Systemseite die Stabilisierung übernimmt. Zentrale und noch ungeklärte Forschungsthemen sind hierbei die Erkennung der Nutzerabsichten und wie eine Übergabe von Aufgaben, vor allem von der Maschine in Richtung Mensch, erfolgen sollte.

Neben diesen sehr abstrakten Klassifikationen gibt es auch Versuche, Automation zwar immer noch qualitativ, aber deutlich strukturierter zu beschreiben.

So zerlegt Sheridan (2002) jede Aufgabe in immer gleiche Phasen:

- Informationsakquise
- Analyse und Anzeige
- Handlung auswählen
- Handlung ausführen

Jeder dieser Phasen kann nun entweder dem Menschen oder der Maschine zugeordnet sein. Er definiert weiterhin acht verschiedene Stufen pro Phase, um eine feinere Unterscheidung dieser Zuordnung zu ermöglichen – die Extremwerte dieser Skala sind dann also: „The human must do it all“ vs „computer ignores the human“.

Daran angelehnt haben sich im deutschsprachigen Raum etwas andere Begrifflichkeiten für die einzelnen Phasen etabliert. Und eine weitere Dimension kam hinzu: Verantwortung.

In Tabelle 2 sind verschiedene, heute übliche Assistenzsysteme und andere Automation aus dem Fahrzeugbereich den einzelnen Phasen zugeordnet. Die Einordnung ist dabei nicht immer eindeutig, zeigt aber die grundsätzlichen Tendenzen auf. Es fällt auf, dass zu jeder Phase Einträge vorhanden sind, nur die Spalte „Verantwortung“ bleibt leer. Dies entspricht der momentanen Philosophie der Ersteller und auch der Gesetzgeber, befindet sich aber gerade im Umbruch – siehe das Beispiel aus der Einleitung zum vollautomatischen Fahren.

Tabelle 2 Klassifikation von Automation (Assistenzsysteme) in Anlehnung an Sheridan (2002), angewendet auf Systeme in der Fahrzeugbranche (zukünftige Systeme kursiv dargestellt)

	Situationsanalyse	Situationsbewertung	Aktionsauswahl	Aktionsausführung	Verantwortung	
Maschine	Nachtschicht Stauinfo					Benutzer
	Toter-Winkel-Warner, Verkehrszeichenerkennung, Einparkhilfe					
	Navigation					
	ACC, Spurhalteassistent, Notbremssystem, Automatisches Einparken					
	Fahrzeug-zu-Fahrzeug-Kommunikation? Vollautomatisches Fahren?					

In Tabelle 3 wurde dasselbe Schema verwendet, um Systemkomponenten, die innerhalb der DFS verwendet werden, einzuordnen. Es besteht dabei kein Anspruch auf Vollständigkeit. Im Vergleich zum Fahrzeugbereich fällt auf, dass es im Bereich Aktionsauswahl und -ausführung nur Systeme gibt, die entweder noch nicht in Betrieb sind (CoRA) oder aber eher Sekundäraufgaben betreffen. In die eigentliche Verkehrskontrolle greift bislang kein System ein.

Tabelle 3 Klassifikation von Automation (Assistenzsysteme) in Anlehnung an Sheridan (2002), angewendet auf Systeme der Flugsicherung (zukünftige Systeme kursiv dargestellt)

	Situationsanalyse	Situationsbewertung	Aktionsauswahl	Aktionsausführung	Verantwortung	
Maschine	Labels, Tracks, Wetter					Benutzer
	STCA, MTCD, EDFL, …Mode-S-Warnings, …					
	CATO? *Conflict Resolutions Advisory (CoRA)?*					
	Label-Deconflicting, Änderung Sektorsequenz (VAFORIT)					

Anhand dieses einfachen Klassifikationsschemas lässt sich ablesen, dass die Flugsicherung in Bezug auf den Automatisierungsgrad gegenüber anderen Branchen zurückliegt. Dass dies als solches keinen Nachteil bedeutet, wird im nächsten Abschnitt deutlich.

Wo liegen die Grenzen für sinnvolle Automatisierung?

Bezüglich der Entwicklung von Automation bestehen zwei „harte" Grenzen, jenseits derer ein Einsatz keinen Sinn ergibt. Diese sind in Abbildung 2 dargestellt: Bei niedrigkomplexen Aufgaben ist die manuelle Ausführung deutlich schneller als die Entwicklung bzw. Programmierung einer entsprechenden automatischen Funktion. Dies mag sich wieder relativieren, wenn die Aufgabe entsprechend oft ausgeführt wird. Entsprechendes kennt man aus dem Büroalltag: Der Import von Daten aus einer CSV-Datei in Excel ist zwar etwas mühselig, rechtfertigt aber im Einzelfall nicht die Erstellung eines Makros.

Der umgekehrte Fall liegt vor, wenn die Aufgabe hochkomplex ist. Zwar mögen Automationsprozesse Zeit für ihre Ausführung einsparen, allerdings steigt der Entwicklungsaufwand für eine Lösung, die alle Eventualitäten abdeckt, exponentiell an. Hier stellt der Mensch durch seine inhärente Flexibilität nach wie vor das „Mittel" der Wahl dar.

Entsprechend ergibt sich ein Bereich von Aufgaben mittlerer Komplexität, bei dem sich ein vielversprechendes Aufwand-Nutzen-Verhältnis einstellt.

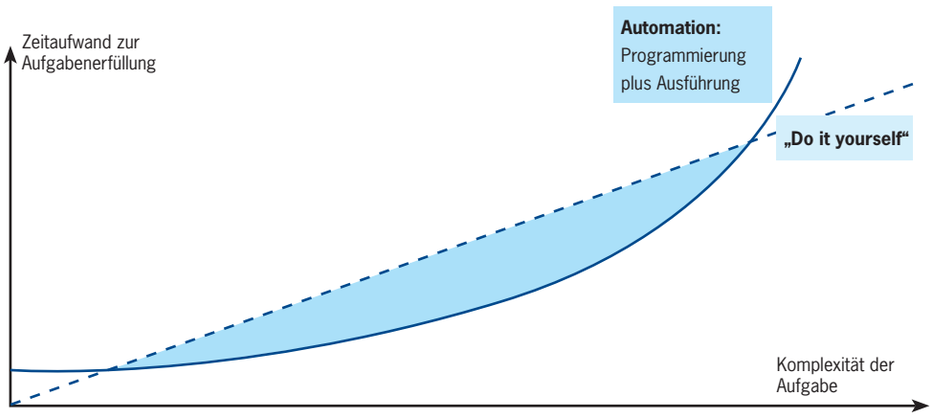
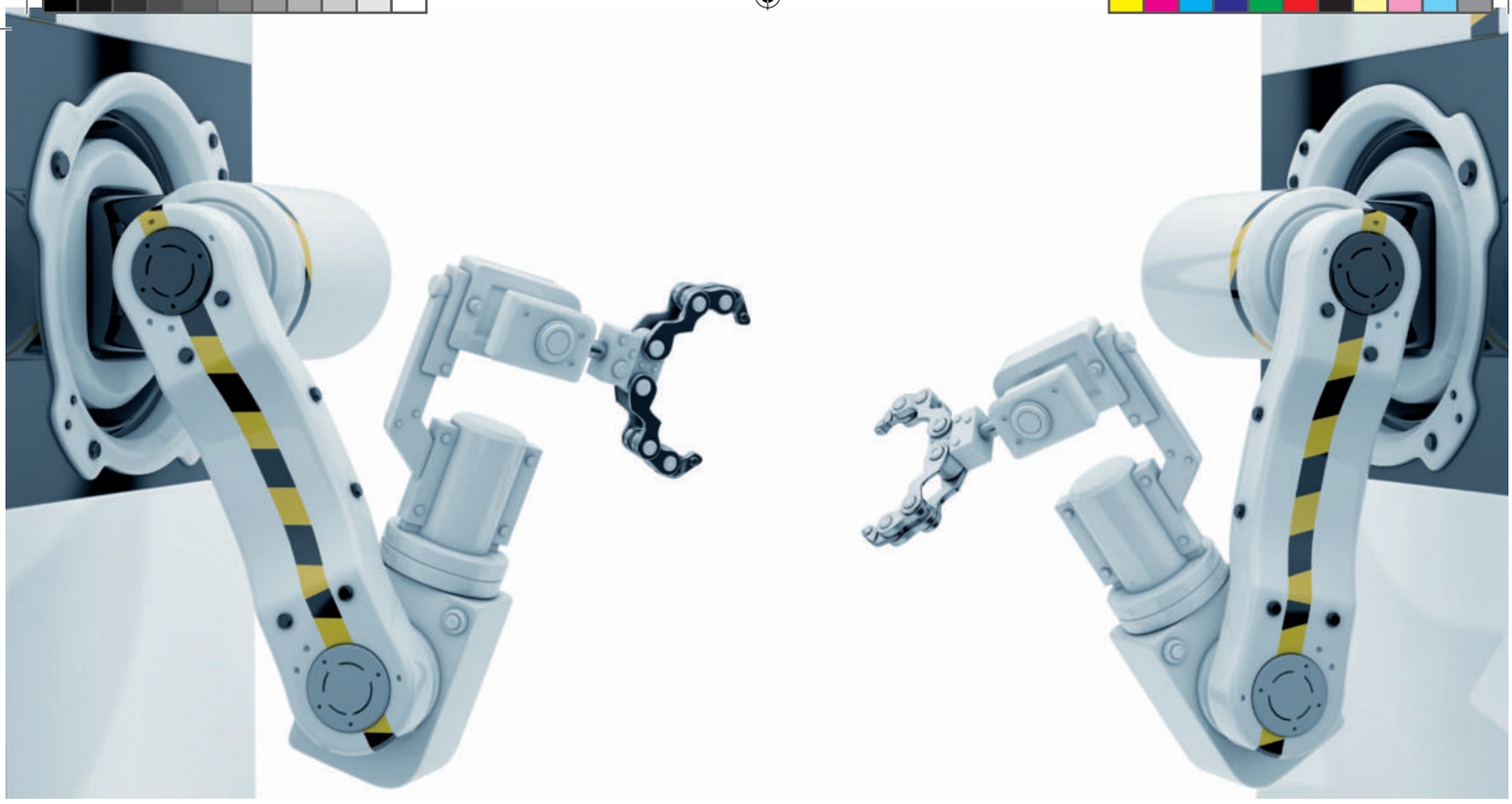


Abbildung 2 Zeitaufwand zur Aufgabenerfüllung von automatisierten Funktionen und manueller Ausführung



Ungeachtet der Kosten für die Entwicklung von Automation gibt es noch eine Reihe von Phänomenen, die vor einer Entscheidung zur Entwicklung und auch im Entwicklungsprozess selbst beachtet werden sollten.

Wie schon erwähnt, hat der zunehmende Einsatz von Automation in vielen Arbeitsbereichen (Kraftwerke, Chemische Industrie, Leitwarten im Schienenverkehr, Flugzeugcockpits, …) die Rolle des Menschen dort stark in Richtung eines „Managers" verschoben. Es geht weniger um die aktive Kontrolle von Prozessen und das direkte Eingreifen in diese, sondern vielmehr um die Überwachung, die Supervision, automatisch ablaufender Funktionen.

Ein fundamentales Problem, welches sich aus dieser Entwicklung ergibt, hat Bainbridge schon 1987 mit dem Begriff „Ironies of Automation" überschrieben: Automatische Kontrollsysteme sind eingeführt worden, weil sie die Aufgaben besser erfüllen können als der Operateur – und doch wird vom Operateur verlangt, dass er das richtige Funktionieren der Systeme überwacht.

Der Nutzer muss also eigentlich zu jedem Zeitpunkt wissen, was gerade passiert, um überhaupt beurteilen zu können, ob die Automation korrekt arbeitet. Dies führt im schlechtesten Fall dazu, dass gar keine Entlastung eintritt, sondern sich die Belastung verlagert und insgesamt erhöht.

Ein weiterer Effekt ist, dass im Routinefall die Arbeitsbelastung eben tatsächlich nur aus dem Überwachen von Anzeigen und Bildschirmen besteht. Die Beanspruchung der Operateure ist niedrig, was zu Monotonie und Langeweile mit dem schon beschriebenen Leistungsabfall führt. Ist dies über einen längeren Zeitraum der Fall, so besteht die Gefahr, dass die „eigentlichen" Fähigkeiten verkümmern. Auch die Geschwindigkeit, mit der Wissensinhalte aus dem Gedächtnis abgerufen werden können, ist von der Verwendungshäufigkeit abhängig. Man spricht bei diesem Phänomen von „Skill Degradation". Besonders unangenehm werden diese Auswirkungen, wenn die automatisierten Prozesse ausfallen, und die komplette Aufgabenerfüllung wieder bei den menschlichen Operateuren liegt.

Dies wird momentan sehr stark im Cockpit-Bereich diskutiert, wo durch Fly-by-Wire-Steuerung und vollautomatische Navigation der Vorwurf im Raum steht, die Piloten verlernten langsam, aber sicher, das Fliegen.

Letztlich steigen auch die Anforderungen an die Ausbildung: Denn es muss nicht nur vermittelt werden, wie es „eigentlich" geht, sondern auch wie mit den automatisierten Funktionen umzugehen ist: also beispielsweise die Programmierung des FMS.

Ebenfalls aus dem Cockpitbereich stammen die Begriffe „Mode Confusion“ bzw. „Mode Awareness“. Hintergrund ist, dass das Maß bzw. die Funktionsweise der automatisierten Kontrolle variieren können. Zusätzlich interagieren meist viele automatisierte Funktionen miteinander, beeinflussen sich also auch gegenseitig. Ein typisches Beispiel sind die verschiedenen „Laws“ des Fly-by-Wire-Systems von Airbus. Je nachdem, welche Sensordaten (nicht) zur Verfügung stehen, sind verschiedene Unterstützungs- und Schutzfunktionen aktiv (oder auch nicht). Die „Mode Confusion“ entsteht nun, wenn Handlungen der Piloten von Zustand A ausgehen, in Wirklichkeit aber Zustand B vorhanden ist. Dies könnte beim Absturz der Air-France-Maschine vor Brasilien im Jahr 2009 eine Rolle gespielt haben.

Allgemein spricht man dann, wenn ein automatisches System etwas tut, was der Nutzer nicht erwartet hat, von „Automation Surprises“. Dies ist den meisten Kollegen sicher aus dem Büroalltag vertraut – nicht selten fragt man sich: „Was tut er denn jetzt wieder?“ Mag dies im Büroalltag nur nervig sein, so sollte es in einem sicherheitskritischen Umfeld eigentlich gar nicht vorkommen. Hier schließt sich der Kreis zur Ironie der Automation: Um diese „bösen Überraschungen“ zu vermeiden, muss der Benutzer zu jeder Zeit im Loop gehalten werden, was notwendigerweise die mögliche Entlastung einschränkt.

Eng damit verbunden, und ebenfalls nicht zu unterschätzen, ist das Thema Vertrauen in die Automation.

Hierzu gibt es sogar Untersuchungen aus dem Bereich der Flugverkehrskontrolle: Metzger und Parasuraman stellten bereits 2005 fest, dass Fluglotsen Konflikte besser manuell und ohne Unterstützung erkannten als mit einer Unterstützung, die nicht 100-prozentig zuverlässig war. Bei einer unzuverlässigen Konflikterkennung erhöhte sich die Arbeitslast, da zusätzlich zum Überprüfen der angezeigten Konflikte eben noch die eigentliche Konfliktsuche kommt.

Aber auch eine (scheinbar) 100-prozentig zuverlässige Lösung birgt Gefahren. Denn wenn meistens alles automatisiert gut geht, entsteht leicht ein Übermaß an Vertrauen (Overreliance), welches zu einer Art Betriebsblindheit führen kann.

Aber auch eine (scheinbar) 100-prozentig zuverlässige Lösung birgt Gefahren. Denn wenn meistens alles automatisiert gut geht, entsteht leicht ein Übermaß an Vertrauen (Overreliance), welches zu einer Art Betriebsblindheit führen kann. Weil man es eben gewohnt ist, dass alles funktioniert, wird ungewöhnliches Systemverhalten dann eher mit mangelndem eigenen Systemverständnis abgetan. Folglich werden Hinweise auf eine sich gefährlich entwickelnde Situation nicht als solche wahrgenommen. Vielmehr verstärken sie den Eindruck, dass automatisierte Prozesse auch in solchen Situationen aufeinander abgestimmt ablaufen, denen man sich als Nutzer dann unterordnet (Confirmation Bias).

Abschließend soll noch darauf hingewiesen werden, dass sich auch aus gesellschaftlicher Perspektive ethisch-moralische Grenzen ergeben. Automation sollte nicht zum Selbstzweck werden, sondern letztlich dem Wohlergehen dienen bzw. dieses steigern.

Auch herrscht momentan Konsens darüber, dass eine Verantwortung immer nur beim Menschen liegen kann, und nicht an technische Komponenten delegierbar ist. Wie sich diese Haltung mit der immer weiter steigenden Präsenz von immer „intelligenterer“ Technologie verändern wird, ist offen – eine erste umfassende Debatte wird sich spätestens dann ergeben, wenn das Google-Auto serienreif ist.

Fazit

Was bedeutet dies alles nun für den Einsatz von Automation innerhalb der DFS?

Zunächst einmal ist festzuhalten, dass bislang noch nicht allzu viel Automation in die Systeme der Flugsicherungen Einzug gehalten hat – zumindest nicht im Bereich der eigentlichen Fluglotsentätigkeit. Dies liegt zu einem Gutteil sicher daran, dass ebenjene Aufgaben nur sehr schwer an eine Maschine (in diesem Fall Software) zu übertragen sind. Trotz aller Verfahren und standardisierten Vorgehensweisen ist immer noch ein hohes Maß an Kreativität, Umsicht und Erfahrung gefragt, um in hochkomplexen, sich dynamisch entwickelnden Situationen schnelle und sichere Entscheidungen zu treffen.

Es steht aber außer Zweifel, dass auch in diesem Kontext immer mehr Automation eingesetzt werden wird. Es besteht ein hoher Leistungs- und vor allem Kostendruck, der kaum anders zu erfüllen sein wird. Dabei wird man mit Sicherheit auf die zuvor beschriebenen Probleme treffen. Eine Kapazitätssteigerung wird nur dann möglich sein, wenn man die Ironie der Automation in den Griff bekommt. Für ein gleichbleibend hohes Sicherheitsniveau dürfen keine „Automation Surprises" auftreten, und dem Lotsen müssen zu jedem Zeitpunkt die Fähigkeiten und Limitationen seiner „virtuellen Kollegen" bewusst sein. Die Ausgestaltung dieser Systeme ist aber glücklicherweise offen, und so können viele der in anderen Bereichen schmerzlich gelernten Lektionen genutzt und umgesetzt werden.

Der noch nicht allzu hohe Automatisierungsgrad von Flugsicherungssystemen sollte daher als Chance begriffen werden, mit Bedacht Veränderungen an bestehenden und zukünftigen Systemen vorzunehmen, um das Zusammenspiel von Mensch und Maschine im Sinne einer komplementären Automation zu optimieren. Durch den Einsatz von Unterstützungssystemen können und sollten die Stärken der Fluglotsen, ihre Flexibilität auf unerwartete Situationen zu reagieren, ihre Problemlösefähigkeit etc. gefördert und für das Gesamtsystem gewinnbringend eingesetzt werden. Damit wird die Resilienz des Systems Flugsicherung erhöht und die Sicherheit gestärkt.

Eine technologiezentrierte Entwicklung, die implizit von der Unzuverlässigkeit des Menschen ausgeht, sollte ersetzt werden durch ein Vorgehen, das von der eigentlichen Arbeitsaufgabe ausgeht.

Ein erster Ansatzpunkt sollte die konzeptionelle Auseinandersetzung mit dem Thema sein. Man wird die bestehende Arbeitsumgebung deutlich verändern und prägen, so dass es sicher nicht übertrieben ist, davon zu sprechen, eine Automationsvision zu entwickeln – wie stellen wir uns die Fluglotsentätigkeit der Zukunft vor? Hieraus lassen sich die Eckpunkte eines Automatisierungskonzepts ableiten. Ist dieses Fundament vorhanden, lassen sich darauf aufbauend die einzelnen nächsten Schritte planen und es ist sichergestellt, dass man ein stimmiges und integriertes Gesamtsystem erhält.

Besonders wichtig ist es, dabei den Nutzer in den Mittelpunkt zu rücken. Eine technologiezentrierte Entwicklung, die implizit von der Unzuverlässigkeit des Menschen ausgeht, sollte ersetzt werden durch ein Vorgehen, das von der eigentlichen Arbeitsaufgabe ausgeht (vgl. hierzu den Artikel zur nutzerzentrierten Systemgestaltung in diesem Safety Letter Spezial). Nur so wird sichergestellt, dass die entstehenden Systeme auch im Alltag (also in Routine- und Sondersituationen) nutzbar sind und einen Vorteil bringen.

Die Weichen dafür werden gerade gestellt. Maßnahmen wie die Optimierung der Farben in P1/VAFORIT und die Entwicklung des P-2-Positiv-Farbsets, die auf den Prinzipien der nutzerzentrierten Gestaltung aufbauen und vom Bereich Human Factors im Safety Management begleitet wurden, sind Schritte in die richtige Richtung. Im Projekt iCAS Phase 2 in Bremen wird ein entsprechendes Vorgehen zum ersten Mal im größeren Stile angewendet.

Dort beschäftigt man sich, neben der Klärung vieler Detailfragen, auch mit den konzeptionellen Herausforderungen: Wie soll das Zusammenspiel von Lotse und System funktionieren, wie sollen Konflikte zur Anzeige gebracht werden, wann ist welche Information für die Entscheidungen und das „Picture" der Lotsen eine Unterstützung, wann zu viel des Guten? Besonders wichtig und vorbildlich ist hierbei ist auch die Nutzung der vorhandenen Erfahrungen der Niederlassung Karlsruhe.

Die dabei in solchen Projekten auf „lokaler" Ebene gewonnenen Erkenntnisse müssen möglichst schnell und strukturiert auch den Weg zurück in die Gesamtorganisation finden, um „global" bereichsübergreifend nutzbar zu sein. Daraus können und sollten sich unternehmensweit gültige Prinzipien und Standards entwickeln, um eine hohe ergonomische Qualität bei allen in der DFS eingesetzten Systemen, sicherzustellen. Dafür bedarf es einer entsprechenden Plattform, wie sie z.B. das von den Bereichen OP und VY/H gemeinsam geführte Ergonomie-Board bieten kann.

Literaturhinweise:

Bainbridge, L. (1983). Ironies of automation. Automatica, 19, 6, 775–779.

EASA: Safety Management, http://www.easa.europa.eu/sms/, zuletzt abgerufen am 03.09.2013.

FAZ.net: Continental will mit Google und IBM Roboterautos entwickeln, http://www.faz.net/aktuell/wirtschaft/unternehmen/autozulieferer-continental-will-mit-google-und-ibm-roboterautos-entwickeln-12541041.html, zuletzt abgerufen am 03.09.2013.

Fitts, P. M. (Hrsg.) (1951). Human Engineering for an effective air-navigation and traffic-control system. Columbus/OH, USA: Ohio State University Research Foundation.

Hauß, Y. & Timpe, K.-P. (2002). Automatisierung und Unterstützung im Mensch-Maschine-System. In K.-P. Timpe, T. Jürgensohn & H. Kolrep (Hrsg.), Mensch-Maschine-Systemtechnik. Konzepte, Modellierung, Gestaltung, Evaluation (2. Auflage). Düsseldorf, D: Symposion (41-62).

Metzger, U. & Parasuraman, R. (January 01, 2005). Automation in future air traffic management: Effects of decision aid reliability on controller performance and mental workload. Human Factors, 47, 1.

Norman, D. A. (1993). Things that make us smart: Defending human attributes in the age of the machine. Reading/MA, USA: Addison-Wesley Pub. Co.

Sheridan, T. B. (2002). Humans and automation: System design and research issues. Santa Monica/CA, USA: Human Factors and Ergonomics Society.

Spiegel Online: Automatisiertes Fahren: Mensch gegen Maschine, http://www.spiegel.de/auto/fahrkultur/rechtliche-und-ethische-fragen-zum-automatisierten-fahren-a-905181.html, zuletzt abgerufen am 03.09.2013.

Sueddeutsche.de: NSA will 90 Prozent ihrer Systemadministratoren entlassen, http://www.sueddeutsche.de/politik/schutz-vor-whistleblowern-nsa-will-prozent-ihrer-systemadministratoren-entlassen-1.1742921, zuletzt abgerufen am 03.09.2013.

Dr. David Woods is a professor at Ohio State University in the Institute for Ergonomics and the past president of the Human Factors and Ergonomics Society. From his initial work following the Three Mile Island nuclear power accident, to studies of coordination breakdowns between people and automation in aviation accidents, to his role in today's national debates about patient safety, he has studied how human and team cognition contributes to success and failure in complex, high risk systems.

Der US-amerikanische Wissenschaftler David D. Woods beschäftigt sich intensiv mit den Themenkomplexen Automation und Entscheidungen in komplexen sozio-technischen Systemen. Besonders stark war er in die wissenschaftliche Analyse von Automatisierungsprozessen in der Luftfahrt involviert, vor allem bei der Transition vom traditionellen Cockpit zum sogenannten „Glass Cockpit" Ende der 1980er Jahre. Zur Jahrtausendwende tat er sich mit einer kleinen Anzahl von Wissenschaftlern zusammen und formulierte einen neuen theoretischen Ansatz: das „Resilience Engineering". In mehreren Büchern thematisiert David D. Woods die Implikationen dieser neuen Bewegung für traditionelle Ansätze in der Sicherheitsforschung. Als beständiger Vorreiter neuer Ideen und Sichtweisen mahnt er uns, die Komplexität heutiger Systeme angemessen zu beantworten und überholte Denkstrukturen zu überwinden. Sein Text, den er uns für diese Publikation dankenswerterweise zukommen ließ, führt in die Theorie des Resilience Engineering ein.

Managing resilience to create safety

By David D. Woods

The first impulse after tragic accidents in aviation, transportation, health care, or power generation is to label human error as the cause. Headlines continue to announce human error as if that explained how the accident occurred and how similar events could be prevented in the future. But research has consistently pointed to a different result: Rather than focus on an individual or specific human decision or action, the data are found to point to organizational factors that set up the conditions for failure to occur – organizational accidents (Dekker, 2005).

The question then becomes, what is the difference between organizations that can manage high hazard processes well and others that inadvertently create complexity and miss signals that risks are increasing. One answer focuses on the questions of what safety culture is, what the indicators of poor safety culture are and in what ways leadership signals a commitment to safety. Line managers push back when they hear about these results: "Changing culture is difficult and slow.", "I can demonstrate continual improvements in many specific areas of my operation.", "I can barely meet daily schedule and financial pressures.", "I have decisions to make about how to invest limited resources across many different risks.", "How can I distinguish between inefficiencies that I should reduce and buffers against the unexpected that I should preserve?" As these questions from managers indicate, being proactive about risks is difficult. Researchers have studied how organizations handle very complex activities under pressure to be both highly productive and to achieve ultra-high levels of safety. The results show that successful proactive safety management monitors, measures and increases system resilience (Hollnagel, Woods and Leveson, 2006).

Resilience refers to the art of managing the unexpected or how a team or organization becomes prepared to cope with surprises. Resilience comes from the Latin resilire – to leap back, and denotes a system property characterized by the ability to cope with new challenges or disrupting events. The opposite of resilience is brittleness, referring to systems that breakdown rapidly when disrupting events occur (Cook and Rasmussen, 2005). Analyses of dramatic failures of complex systems, such as the Columbia space shuttle accident, have shown that organizations in these cases missed signals that operations had become more brittle as production pressure eroded various buffers and resources that previously had provided resilience (CAIB, 2003; Woods, 2005). The shift toward resilience in safety management became clear around 2000. Safety researchers had begun to use resilience, robustness or similar terms to summarize how some organizations were able to achieve high levels of safety despite many risks, difficult tasks, and constantly increasing pressures. Resilient organizations were proactive and adaptive, and this led to organizations that not only had high safety but also were able to respond effectively to many types of changes in today›s highly pressured business and operational settings (Weick et al., 1999).

NASA in particular realized the need for proactive safety management processes in the aftermath of, first, the series of Mars exploration failures in 1999 and, then, the Columbia space shuttle accident in 2003. NASA experienced how pressure to be "faster, better, cheaper" led to management decisions that pushed the organization closer to the edge of the performance envelope without anyone's realizing how risk had increased. Previously, organizations measured success in terms of improvements in their productivity, quality, and efficiency, but the data on organizational accidents revealed that this strategy was incomplete. As NASA had discovered, a fourth parameter was needed that captured the organization's ability to anticipate changes in risk without waiting for accident or near miss data to accumulate – resilience.

Proactive safety management then assessed changes in resilience/brittleness and helped the organizations dynamically balance all four of these parameters (Woods, 2005). To understand the concept of resilience, consider the following samples of safety management as health care practices change. Anesthesiology has become much safer over the last 15 years in terms of numbers of adverse events for patients. In addition, there have been changes in medical practice that allow for/encourage surgeries to occur in outpatient settings (e.g., cosmetic surgery). As a result, anesthesia practice has migrated away from the traditional operating room setting where there are a variety of technological and human resources that can be called on should a crisis occur (an example of how financial pressures, changing organizational contexts, and a background of past success trigger shifts in practice that also change vulnerabilities to failure). The safety manager for the health care network recognizes that moving more anesthesia practice to outpatient settings increases brittleness, that is, should an unexpected event trigger a crisis, less expertise, experience, and equipment is available to manage the situation. The safety manager initiates a new crisis management training program for outpatient surgery teams that allows personnel to practice how to respond to a crisis including how to find and bring additional expert resources into the different locations where a crisis could occur (Gaba et al., 1994). To make this decision the safety manager anticipated that future difficult situations could challenge the outpatient surgery/anesthesia system's ability to perform in crises. She recognized that people under pressure for very high performance can underestimate the potential for trouble to arise and overestimate their ability to react to trouble. The safety manager was able to look ahead and anticipate how a surprise could create a cascade of effects that would produce workload, attentional, and decision bottlenecks thereby increasing the risk of poor decisions and decreasing the ability to recover from deteriorating situations. She therefore decided to prepare in advance and to increase the ability of their team or institution to handle crisis events.

The source of resilience lies in the proactive monitoring for changing risks evidenced in the decision of the safety manager to introduce crisis management training. Managing for resilience in this case also consists of continuing efforts to examine the effectiveness of the crisis training program and to modify the scope and content of this training to ensure it is enhancing the organization's ability to respond effectively to crisis events, including new forms of crisis. However, the safety manager's preparations require effort, time, and resources. These may be in short supply and external pressure for increased efficiency/productivity may lead other managers to see this investment as unnecessary or wasteful. If no adverse events have occurred, the effort devoted to train for low probability events will be given low priority compared to other ways to invest the resources. Budget pressures and a strong past safety record may lead high performing managers to reduce or cut investments in this form of training. Such cuts will erode the organization's expertise at crisis response, a source of resilience, and increase its brittleness in the face of disruptions or surprise. Eventually during an outpatient surgery a set of unexpected factors will combine to challenge team performance (a combination of an unrecognized medical condition, a difficult airway, unexpected blood loss, or other unexpected events). A series of poor decisions follow, the situation cascades, and the patient's condition deteriorates leading to an injury (morbidity). After the adverse event, it will be easy with hindsight to become lost in details of the particular disease/physiological issues in this case, in the particular personnel involved and in the sequence of decisions they made. A failure analysis (Dekker, 2002) would show how the situation was mismanaged closer to the adverse consequences as anesthesia/surgical team was slow to recognize the unexpected trouble, and how each delay or misstep, even minor, led to further deterioration in the situation and increased pressure on the team.

A resilience perspective would look deeper and reveal that the ability of this organization to defuse or handle emerging crises had been decreasing. An analyst working from a resilience perspective would note how the organization had responded to production pressures coupled with overconfidence in previous results by reducing investments areas that were important sources of resilience (e.g., cutbacks in the crisis training program). The resilience analyst would also discover that several other near crises had occurred prior to the adverse event which had been poorly handled. The resilience analyst would find that the organization had discounted the significance of these previous cases attributing each only to local factors (e.g., careless individuals) and seeing each as specific and unique. The organization, with an efficiency/past success mindset in place, had missed these opportunities to pick up warning signs and recognize the pattern of a system was becoming more brittle as sources of resilience were eroding. Only a significant patient injury could make the organization recognize how it had been acting riskier than anyone wanted or imagined. This general pattern has been noted in many studies of successful and poor organizations and in many studies of adverse events and accidents (e.g., Weick et al., 1999; CAIB, 2003). Managing resilience requires the ability to monitor for signs that the organization has the adaptive capacity to handle challenge events despite omnipresent pressures for productivity (Hollnagel, 2009; Woods, 2009), and that the organization is able to re-charge resilience when buffers have been depleted and squeezes have become tighter.

The organization, with an efficiency/past success mindset in place, had missed these opportunities to pick up warning signs and recognize the pattern of a system was becoming more brittle as sources of resilience were eroding.

Conclusion

Resilience is another parameter of complex systems in addition to productivity, quality, and efficiency. Managing an organization that carries out complex, high consequence activities requires balancing all four of these parameters. Today, many tools exist to model, measure and improve the parameters of efficiency, productivity, and effectiveness for high performance organizations. Resilience Engineering is the emerging field that seeks to provide managers with tools to model, measure and improve the resilience of their operations while recognizing the constant pressure to be "faster, better, cheaper".

References:

Columbia Accident Investigation Board Report (CAIB), August 2003 (available at http://www.caib.us/news/report/pdf/vol1/full/caib_report_volume1.pdf).

Cook, R. I., Rasmussen, J. (2005). Going solid: a model of system dynamics and consequences for patient safety. Quality & Safety in Health Care, 14, 130–134.

Dekker, S. W. A. (2002). The field guide to human error investigations. Bedford/UK: Cranfield University Press, Aldershot/UK: Ashgate Publishing Ltd.

Dekker, S. W. A. (2005). Ten Questions about Human Error: A new view of human factors and system safety. Hillsdale/NJ, USA: Lawrence Erlbaum Associates.

Gaba, D. M., Howard, S.K. & Jump, B. (1994). Production pressure in the work environment: California anesthesiologists' attitudes and experiences. Anesthesiology, 81, 488–500.

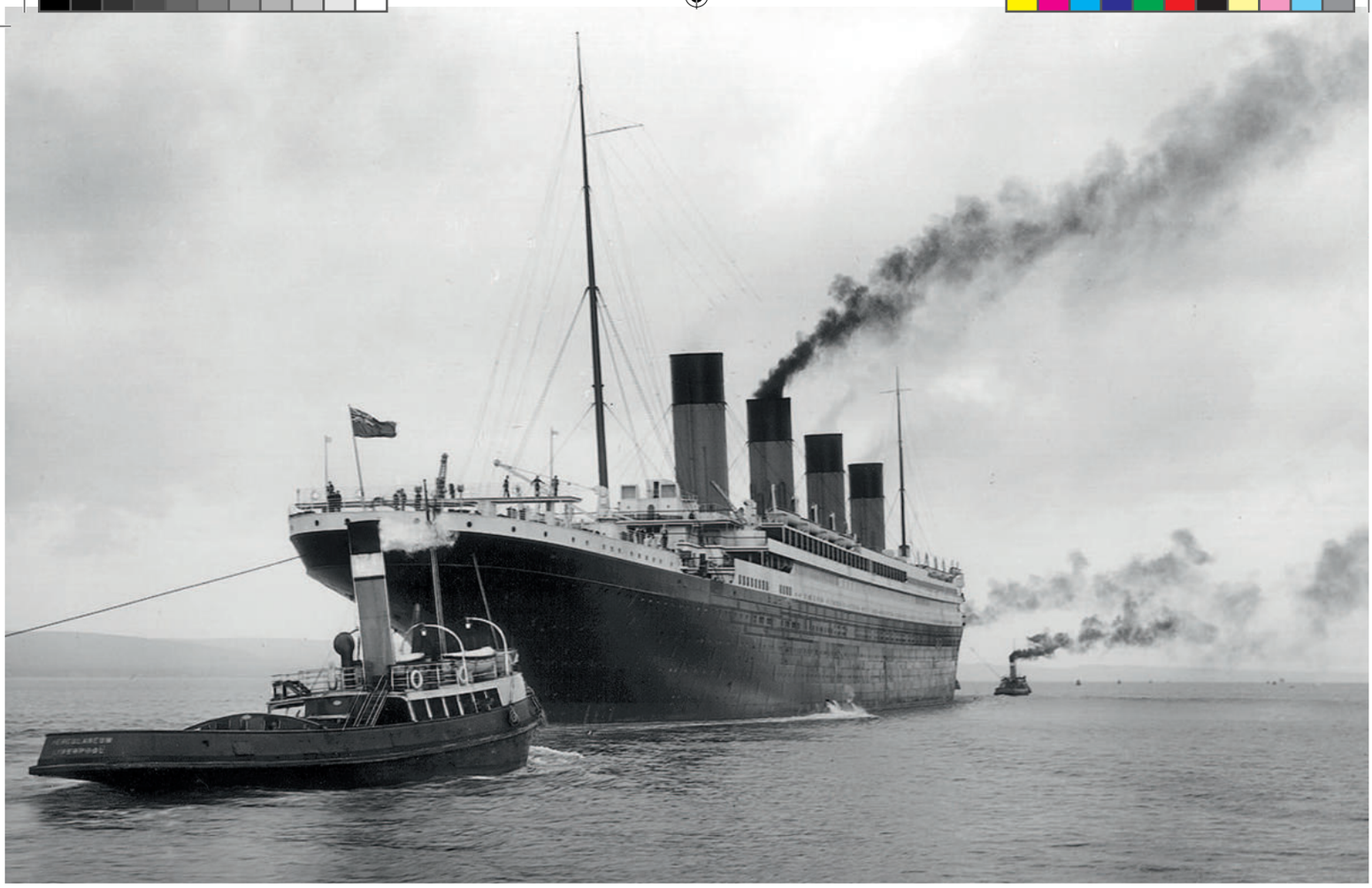
Hollnagel E. (2009). The ETTO principle: Efficiency- Thoroughness Trade-Off. Farnham/UK: Ashgate Publishing Ltd.

Hollnagel, E., Woods, D.D. & Leveson, N. (2006). Resilience engineering: concepts and precepts. Aldershot/UK: Ashgate Publishing Ltd.

Weick, K.E., Sutcliffe, K. M. & Obstfeld, D. (1999). Organizing for high reliability: processes of collective mindfulness. Research in Organizational Behavior, 21, 13–81.

Woods, D. D. (2005). Creating Foresight: Lessons for Resilience from Columbia. In W. H. Starbuck and M. Farjoun (Eds.), Organization at the Limit: NASA and the Columbia Disaster. Hoboken/NJ, USA: Blackwell.

Woods, D. D. (2009). Escaping Failures of Foresight. Safety Science, 47(4), 498–501.



Christiane Heuerding ist seit 1998 in der DFS. Bis zum Jahr 2009 war sie Lotsin im Center Bremen, seit November 2011 ist sie Referentin im Safetymanagement der Niederlassung Nord.

Bereits 2012 hatte Christiane Heuerding aus dem Bremer Safetymanagement für den „VY Safety Letter" über die Costa-Concordia-Havarie und mögliche Parallelen für die Flugsicherung geschrieben. Das Kapitel „Costa Concordia" ist aber noch lange nicht geschlossen: Weder ist das Schiff geborgen noch der Bericht der Behörden fertig und auch der Prozess gegen Kapitän Schettino startete erst in diesem Sommer. Wir drucken hier einleitend noch einmal Ausschnitte aus dem VY-Safety-Letter-Artikel, bevor wir auf die Vergangenheit der Titanic zurück- und dann auf die aktuellen Geschehnisse rund um die Costa Concordia blicken.

Costa Concordia und Flugsicherung

Von Christiane Heuerding

Italiens größtes Kreuzfahrtschiff, die „Costa Concordia", havarierte am 13. Januar 2012. Vor der italienischen Insel Giglio hatte sie einen vorgelagerten Felsen gerammt. 4.229 Menschen waren an Bord, 32 von ihnen überlebten das Unglück nicht. Entsprechend detailliert fiel die weltweite Berichterstattung aus. Dem Nachrichtenmagazin „Der Spiegel" (Ausgabe 4/2012) entstammen die im Folgenden kursiv gedruckten Zitate – ihnen gegenübergestellt sind einige Gedanken mit Blick auf unsere Flugsicherungswelt:

Es ist zum einen eine Geschichte von grobem Leichtsinn und Imponiergehabe, vom grotesken Versagen eines Mannes und von abenteuerlichen Manövern – Manager der Traumindustrie wollen das Unglück ausschließlich so sehen. Aber tatsächlich ist der Fall „Costa Concordia" ein Menetekel für die ganze weltumspannende Branche.
Man ist versucht, nur den „Bad Apple", also den Kapitän zu sehen. Das ist menschlich und vor allem einfach, auch bei uns. Doch „Der Spiegel" sieht gleichzeitig ein systemisches Gebilde hinter dem Vorfall, welches auch auf uns übertragbar ist:

Eine solche Katastrophe galt vielen hier als unmöglich, die Bosse der Kreuzfahrtindustrie sagen immer, ihre Schiffe seien sicher.

Im (jährlich erscheinenden) DFS-Mobilitätsbericht für das Jahr 2012 heißt es: „Die Sicherheit im deutschen Luftraum ist unverändert hoch: Erstmals seit zehn Jahren wurde keine einzige Staffelungsunterschreitung als ‚sehr signifikant' eingestuft." Geben wir uns als Unternehmen vielleicht auch manchmal „unheimlich" selbstsicher? Und behaupten wir, dass kein „echter Vorfall" von uns verursacht wurde und wir somit von Unfällen und großen Fehlern befreit seien? Wähnen wir uns zuweilen zu sicher?

Es geht auch um den Konkurrenzdruck in diesem Geschäft, um Milliardengewinne, um einen boomenden Markt, in dem nur mithalten kann, wer immer größere Schiffe baut.

Trotz derzeitiger Stagnation sehen Experten die Luftfahrtbranche und damit auch das Flugsicherungsgeschäft als einen langfristig wachsenden Markt. Dennoch kommen auch wir nicht mehr ohne Kostendruck aus, der sich auf alle Ebenen auswirkt. Hierzu ein Beispiel aus dem Internetauftritt der DFS:

Wenn Menschen sich evolutionär verändern, dann dauert dieses ja schließlich um ein Vielfaches länger als 100 Jahre.

„Die europäischen Vorgaben werden sich besonders bei der Erhebung der Flugsicherungsgebühren bemerkbar machen. Das bisher geltende Vollkostendeckungsprinzip wird fallen. Künftig wird der Gebührensatz in Deutschland nicht mehr danach bemessen, ob viel oder wenig geflogen wurde. Die EU wird die Höhe der Gebühren vorgeben – unabhängig von der Entwicklung des Verkehrsaufkommens."

Sind sich alle Beteiligten bewusst, welch weitreichenden Einfluss Kostendruck für eine Flugsicherungsorganisation haben kann? Für ein Unternehmen, das mit der Wahrnehmung von hoheitlichen Aufgaben („sichere, geordnete und flüssige Abwicklung des Luftverkehrs" im Luftraum der BRD) beauftragt worden ist? Kostenbewusstsein ist notwendig, jedoch ist wichtig, dass auf allen Ebenen bewusste Abwägungsprozesse stattfinden, die immer wieder hinterfragt werden.

Ich mag Momente, in denen etwas Unvorhergesehenes passiert, wenn man ein wenig abweichen kann von den Standardprozeduren (so Schettino wenige Monate vor dem Unglück).

Das Verlassen von Standard-Procedures ist auch bei uns alltäglich (siehe auch Safety Letter Spezial 1 und 2). Hier ist zu differenzieren, ob es sich um ein Sicherheitskulturproblem (z.B. Teamdruck oder Verantwortungsbewusstsein) handelt oder um einen Normalisierungsprozess, vielleicht auch im Sinne eines Trade-off, um den Anforderungen der Arbeit noch gerecht zu werden. An der Sicherheitskultur muss von allen Seiten kontinuierlich gearbeitet werden, auf sie kann man sich nicht einfach verlassen. Auch Trade-offs und Normalisierungsprozesse, die sich bei uns einschleichen, gilt es zu beobachten und zu hinterfragen. Das muss jeder auf allen Ebenen des Unternehmens für seine Arbeit tun.

(Vier Wochen zuvor. Sturm in Marseille.) Doch Schettino lässt alle auf der Brücke antreten und befiehlt: auslaufen. Die Offiziere schweigen, eisig. Pellegrino: „Wir schauten uns an, wir hatten aber nicht die Energie zu widersprechen."

Wie oft besuchen Lotsen in der DFS noch TRM-Seminare? Nehmen auch verpflichtend alle Azubis daran von Anfang an teil? Hier haben wir meiner Meinung nach ebenfalls ständigen Handlungsbedarf. Wie oben erwähnt, darf sich ein Unternehmen nicht darauf verlassen, dass eine solche Sicherheitskultur, in der jeder seine Meinung sagen kann, einfach existiert. Führungskräfte, Sachbearbeiter und operative Mitarbeiter müssen sie ständig fördern. TRM ist ein guter Anfang, ebenso aber auch die Förderung von Teamgefühl, auch über die operative Ebene hinaus. Kritische Meldungen müssen im gesamten Unternehmen nicht nur akzeptiert, sondern herzlich willkommen sein!

Folgen könnten nun zahlreiche weitere Beispiele, auch aus der DFS, aus dem verpflichtenden und freiwilligen Meldewesen (VRS):

- Schettino war nicht auf der Brücke. Heißt es nicht oft auch bei uns: „Ich hol mir mal ´nen Kaffee", „Ich muss nochmal eben was im Büro erledigen", „Ich müsste heute mal eher weg"? Wo sind unsere Grenzen?
- Theorie und Praxis driften auseinander: Die Felsen waren auf den Karten verzeichnet, auf den elektronischen Darstellungen allerdings nicht mehr. Man vergleiche analog dazu z.B. IFR- Kartenmaterial für die Luftfahrt, das nicht immer Information über die Luftraumstruktur enthält. Oder auch den Absturz eines Flugzeugs in Egelsbach (1. März 2012), bei dem fünf Menschen ums Leben kamen – die Unfalluntersuchung zeigte u.a. auf, dass es keine separaten Anflugkarten für High Performance Aircraft im Falle nächtlicher VFR-Landungen gab.
- Abstumpfung gegenüber Alarmen: „Der Spiegel" spricht von Geräuschkakophonie an Bord des Schiffes. Auch bei uns gibt es Abstumpfungseffekte bei bestimmten Alarmen, weil ihnen offensichtlich nicht mehr die Beachtung geschenkt wird wie einst theoretisch angenommen: Das legen zumindest einige vom Safetymanagement untersuchte Vorfälle nahe, in denen der Predicted-STCA-Alarm nicht wahrgenommen wurde; auch die RIMP-Alarme im Bereich Tower sollten in diesem Zusammenhang nicht unerwähnt bleiben.

Natürlich nimmt auch eine systemische Betrachtungsweise nicht die gesamte Verantwortung von den Operateuren. Wie auch bei uns im Unternehmen (Lotse, Techniker, Sachbearbeiter oder Führungskraft) trägt jeder im nautischen Bereich Verantwortung für seine Entscheidungen. Jedoch sollte man diese Verantwortung und alle Entscheidungen, die in einem gewissen Kontext Sinn ergeben haben, auch in ihrem Kontext betrachten.

Und die Titanic?

Professor Erik Hollnagel (bekannt durch das ETTO-Prinzip, siehe dazu das Safety Letter Spezial II/2011), Jens-Uwe Schröder-Hinrichs und Michael Baldauf haben darüber einen Artikel mit dem Titel „From Titanic to Costa Concordia – a century of lessons not learned" geschrieben. Darin schauen sie sich menschliche und organisationale Faktoren beider Katastrophen an. Sie kommen zu der Schlussfolgerung, dass „technische Maßnahmen", die meist aus klassischen Unfalluntersuchungen entstehen, dazu geführt haben, dass man sich weniger den Interaktionen der Faktoren eines komplexen sozio-technischen Systems widmet. Kurz: Es sind häufig „Lessons not learned". Dabei sind es jedoch vor allem die Abhängigkeiten und Interaktionen der einzelnen Komponenten untereinander, die in komplexen Systemen zu untersuchen sind. Häufig wird jedoch versucht, die Komponenten in Isolation zu verbessern. Professor

Dekker widmet diesem Umstand sogar ein ganzes Buch mit dem Titel „Drift into Failure: From Hunting Broken Components to Understanding Complex Systems“.

1912 traf ein als unsinkbar geltendes Schiff auf einen Eisberg. Dennoch sank die „Titanic“. 100 Jahre technischen Fortschritts später traf ein absolut sicheres Schiff auf einen Felsen unter Wasser. Aber auch die „Costa Concordia“ sank. Die Technik hatte zwar Fortschritte gemacht, ein ähnliches Unglück jedoch nicht verhindert. Die Menschen und Organisationen hinter diesen Unfällen hatten sich aber nicht im gleichen Maße verändert: Wenn Menschen sich evolutionär verändern, dann dauert dieses ja schließlich um ein Vielfaches länger als 100 Jahre.

Konkret heißt das: Die Titanic hatte gerade mal kabellosen Funk, während die Costa Concordia mit Global Positioning System GPS, Electronic Chart Display and Information System, Automatic Radar Plotting Aid und vielen anderen Hilfsmitteln ausgestattet war. Ein weiterer Blick zeigt folgende Parallelen zwischen den Fällen auf:

- Beide Kapitäne galten als sehr erfahren, in größere Vor- oder Zwischenfälle waren sie zuvor nicht involviert gewesen.
- Beide waren sich der Risiken bewusst, fühlten aber, sie leicht kontrollieren zu können.
- Kein anderer Offizier widersprach auf der Brücke der Navigation.
- In beiden Fällen duldete oder sogar ermutigte die Reederei ihre Angestellten, Performance über Safety zu stellen: Im Fall der Titanic mussten die Kapitäne zwar vor ihrer Einstellung unterschreiben, keine Sicherheitsrisiken einzugehen, jedoch wurden sie vor jeder Abfahrt von der Reederei ermuntert, die kürzere Route (mit höherer Eisberggefahr) zu befahren. Im Falle der Costa Concordia gab es im Vorfeld des Unglücks ein Brief des Bürgermeisters von Giglio an die Reederei, dass das traditionelle Manöver (nahe an der Küste vorbeizufahren) für die Stadt ein unverzichtbarer Bestandteil geworden sei.
- Beide Unfälle endeten in Notsituationen, die als so unwahrscheinlich galten, dass die Schiffe dafür nicht konstruiert waren: Im Falle der Titanic gab es nicht ausreichend Rettungsboote, weil das Schiff ja als unsinkbar galt. Im Falle der Costa Concordia war nie in Planungen einbezogen bzw. für möglich gehalten worden, dass das Schiff auf die Seite kippen und nur noch die Hälfte der Rettungsboote zur Verfügung stehen könnte – genau das war aber passiert.
- Folgerichtig verursachte die Evakuierungsphase beider Unglücke erhebliche Schwierigkeiten.

Scheinbar hat sich trotzdem nicht viel geändert, da weiterhin Einzelkomponenten, aber nicht die komplexen Zusammenhänge ausreichend betrachtet wurden.

Wie ging man jeweils mit diesen Erkenntnissen im Rahmen der Untersuchung um? Man folgte dem sogenannten „What-You-Find-Is-What-You-Fix-Principle“. Es gab neue Verfahren und neue Technologie. Scheinbar hat sich trotzdem nicht viel geändert, da weiterhin Einzelkomponenten, aber nicht die komplexen Zusammenhänge ausreichend betrachtet wurden. Die Autoren plädieren für einen anderen Human-Factors-Umgang mit diesen Vorfällen. Berücksichtigt werden müssten zum Beispiel die Nebeneffekte zusätzlicher Technik und Verfahren, die tägliche Abwägung zwischen Effektivität und Sorgfalt (ETTO) und das Phänomen der Drift in einer nicht mehr beherrschbaren Situation. Es könnte auch darum gehen, den Autoritätsgradienten zu verändern, damit eine verteilte Entscheidungsfindung möglich ist und der Entscheidung eines Kapitäns auch widersprochen werden kann. Das könnte auch positiv dazu beitragen, dass scheinbar unkritische Situationen, auf die ein Entscheidungsträger fixiert ist, hinterfragt und gelöst werden.

Die Autoren sprechen auch das Vertrauen in Technik an, das dazu führen kann, ein Situationsverständnis zu haben, das der tatsächlichen Situation nicht mehr entspricht. Hier ist das Phänomen zu finden, dass Theorie und Praxis weiter auseinanderliegen als sich Operateure und vor allem auch Designer oder Manager vorstellen. Diese Vorstellung beinhaltet die Annahme: Je mehr Technik bzw. Automatisierung eingeführt wird, desto mehr wird der operative Arbeiter unterstützt, und umso sicherer wird das Produkt. Die Praxis sieht aber nicht immer so aus. Je mehr Aufgaben automatisiert werden, desto eher entsteht auch ein Vertrauen in die Technik, die dem Operateur unter Umständen auch ein anderes Bild der Situation „vorspielen“ kann als die Realität. Die (nicht gerade triviale) Lösung ist es jedoch, auch bei mehr Technik und Automatisierung den Operateur immer im richtigen Maß einzubinden. Automatisierung und

Human Factors – daraus hat sich ein eigenes und wichtiges Forschungsgebiet entwickelt.

Um diese Punkte in einer Untersuchung zu berücksichtigen und Sicherheit wirklich positiv zu beeinflussen, bedarf es nicht der Suche nach „der Hauptursache“, sondern einem ganzheitlichen Blick auf das komplexe sozio-technische System. In Sachen Costa Concordia ist man davon leider recht weit entfernt, wenn man bedenkt, dass mittlerweile der Kapitän vor Gericht steht und die Zeitungen titeln, dass ihm bis zu 2.697 Jahre Haft drohen. Das – so sind wir uns hoffentlich alle einig – ist keine sinnvolle Art des Lernens aus Vorfällen.

Und was hat die Kreuzfahrtbranche gelernt? Sie werben mit Bildern von erfahrenen Kapitänen, werben mit Slogans wie „Entspannt wie ein Resort, flexibel wie eine Yacht“ und fotografieren ihre Schiffe eher als kleine, niedliche ungefährliche Objekte.

Ich hoffe, dass die Luftfahrtbranche einen anderen Weg geht und versucht, den aktuellen wissenschaftlichen Erkenntnissen aus dem Human-Factors-Bereich zu folgen, um sinnvolle Maßnahmen zu entwickeln und das System in seiner Gesamtheit zu betrachten. Echtes Safetymanagement ist sicherlich nicht immer bequem, partiell auch mit Kosten verbunden, investiert aber nachhaltig in unser wichtigstes Unternehmensziel: Sicherheit.

Literaturhinweise:

Dekker, S.W.A. (2011). Drift into failure: From Hunting Broken Components to Understanding Complex Sytems. Aldershot, GB: Ashgate Publishing Ltd.

Hollnagel, E. (2009). The ETTO principle: Efficiency- Thoroughness Trade-Off. Farnham, GB: Ashgate Publishing Ltd.

Lundberg, J., Rollenhagen, C. & Hollnagel, E. (2009). What-You-Look-For-Is-What-You-Find – The consequences of underlying accident models in eight accident investigation manuals. Safety Science, 47, 1297–1311.

Schröder-Hinrichs, J.U., Hollnagel, E. & Baldauf, M. (2012). From Titanic to Costa Concordia – a century of lessons not learned. WMU J Marit Affairs, 11, 151–167.

Sherry Cardinal thematisiert das dritte Ereignis, das neben dem Untergang der Titanic und der Havarie der Costa Concordia zu den größten marinen Unglücken zählt. Sie kann langjährige Erfahrung auf dem Gebiet CISM (Critical Incident Stress Management) vorweisen. Wenngleich die Erinnerungen an das unkontrollierte Austreten (Blowout) von Gas und Öl an der Ölplattform „Deepwater Horizon" im Golf von Mexiko langsam verblassen mögen, kämpfen die Angehörigen und direkt Betroffenen noch heute mit den Spätfolgen dieser Umweltkatastrophe, die sich im Frühjahr 2010 ereignete. Die Leben von elf Arbeitern sind zu beklagen, die Implikationen für das Ökosystem noch nicht abschließend bewertet. Cardinal und ihr Team haben umgehend Krisenintervention geleistet, um die negativen Folgen für die Betroffenen möglichst gering zu halten.

Sherry Cardinal, LCSW is a Licensed Clinical Social Worker in Houston, Texas and has been in practice for over 35 years. Specializing in Critical Incident Stress Management, Ms Cardinal responds to the needs of energy related companies such as Transocean and Wild Well Control and also in her private practice first responders and individuals. A dynamic and thought provoking speaker, Sherry Cardinal also does CISM training and presentations on CISM.

Deepwater Horizon Incident: CISM Services and Lessons Learned

By Sherry Cardinal

In the early morning hours of April 21, 2010, I responded to a telephone call from Transocean about a blowout in the Gulf of Mexico involving the Deepwater Horizon rig. They wanted me and my CISM team to go to Orleans on the first possible flight that day. This wasn't all that unusual a call as I had been responding with Critical Incident Stress Management services involving accidents and deaths in the drilling industry for over 10 years at that point. Little did I know at the time of the deadly nature and scope that was about to unfold and impact the lives of millions, including my own.

My team of four, including me, was sequestered in a hotel in New Orleans for four days with the families awaiting the arrival of the survivors of the Deepwater Horizon. There were armed guards posted at every entrance to keep the media at bay and provide some privacy for the families. At first there were 11 missing men and the U.S. Coast Guard was conducting an extensive search. There was hope they might be found and my CISM team provided supportive and crisis services to those, understandably, having a difficult time managing their anxiety about their loved one's fate. Then, as we watched it live on T.V., the Deepwater Horizon burned and sank and with her, hopes of finding the missing men.

In the meantime, I conducted a CISM defusing with the four injured men who had been evacuated by medevac to an area hospital to have their injuries looked after. The interesting emotional twist in this session was the anger towards the rig management for the incident having happened and not so much about the peril and life threatening circumstances you usually hear about after an incident of this type. They felt that the incident could have been avoided if management had heeded their advice. That issue seemed to hold the most traumatic impact at that point for those men.

Back with the families, chaos ensued after a news report was broadcast that some of the missing had been found. Unfortunately, this turned out to be false and escalated the emotional roller coaster that the families were feeling. My team did countless family and individual crisis interventions as we waited for official word from the Coast Guard and another day of delays getting the survivors back to shore.

Then the word came. The search for survivors was being called off and the Coast Guard declared the missing men to be presumed dead. I and my team Chaplain then assisted the Deepwater Horizon Rig Manager with the difficult task of delivering the death notifications to the families. This was a dark day for everyone involved in the incident, including the Transocean staff.

The one ray of sunshine was when the survivors finally made it to the hotel and they were re-united with their anxious families. Hugs, tears, laughter, and relief were the order of those moments. But, it faded quickly with the realization of how many had died, the rig sinking and the Macondo well leaking on the ocean floor. What was initially a well blowout was turning into an ecological, psychological and financial disaster with far-reaching consequences that no one had ever anticipated. Many of the survivors experienced personal crisis as the reality of the disaster sunk in. We heard many accounts of both horror and heroism as the crew escaped the inferno that engulfed the rig. My team of four was doing the best we could to provide crisis intervention, but I was wishing we had at least four more team members to assist us.

We left the hotel on April 24 and returned to Houston. Over the next several weeks our team conducted home visits to families of the deceased as well as CISM debriefs and individual interventions as needed to the staff and management of Transocean. No one ever wanted anything like this to happen and many felt an individual responsibility for the incident. It was a very heavy burden indeed, as we all watched the oil spill continue for 87 days.

My team, including myself, suffered some vicarious trauma and exhaustion due to the extended nature of the event. I now have a network of CISM trained and experienced peers and professionals that I can call on when a large incident occurs.

Professionally, this was the greatest challenge I have ever had to face. By all accounts, we did an amazing job, especially being a small team for a disaster of the size this turned out to be. But there were lessons to be learned, just the same. My team, including myself, suffered some vicarious trauma and exhaustion due to the extended nature of the event. I now have a network of CISM trained and experienced peers and professionals that I can call on when a large incident occurs. It was also evident in managing the logistics within the Transocean Crisis Management Team that some level of training of the crisis management team members needs to happen before incidents occur so that they have a better understanding of how to integrate and utilize CISM services during an event.

While I watched and waited for the well to be capped, the words of the four injured men echoed in my head. Aboard the Deepwater Horizon in the days before the blowout, in an ego-driven atmosphere, there were lots of heated exchanges of words and lots of experience and knowledge not being heeded. Indeed, there were safety awards being handed out on board that day! Despite the finger pointing on the cause of the blowout blaming the blowout preventer, the cement job and various other technical causes, I believe the actual cause to be a failure in the safety culture. It was epic human error where issues not related to the safety of the Macondo well and the crew on the Deepwater Horizon won the day, but lost the battle. The total lack of regard for human welfare and due respect was evident in this incident as well as others I have responded to. I vowed to do all I could as an individual to prevent an incident like this from ever happening again for these reasons.

I then set about researching, developing and implementing a safety culture training called “Culture Innovations in Safety Management ... Making it Psychologically Safe to Work Safely” which includes the human factor. Using the same acronym as CISM and the principles of Critical Incident Stress Management and Emotional Intelligence, it is an approach to safety and incident prevention that evolves the culture of safety within an organization by bridging the gaps between cognitive, behavioral and engineered safety programs. It has been well received and is making a positive impact in the people management skills of the companies that are utilizing it.

If there is a legacy to my involvement in the Deepwater Horizon incident my wish is this: I want it to be that I leave people in a better place within themselves and in their career than before we met.

As a Texan, I have my own unique style of stress management. When not responding to a critical incident on a rig in the Gulf of Mexico, or conducting a funeral for someone who has committed suicide, I trail ride on my Quarter Horse, Concho and compete in a sport called Cowboy Action Shooting! (See www.sassnet.com for more information. There are many affiliate clubs in Germany and Europe.)

DFS Deutsche Flugsicherung GmbH
Unternehmenssicherheitsmanagement
Am DFS-Campus 10
63225 Langen

Telefon +49 06103 707-4111
Telefax +49 06103 707-4196
E-Mail safetyletter@dfs.de
Internet www.dfs.de

member of FABEC

Mat.-Nr. 60-2290-214 (12.2013)