

Automatisierte Entscheidungen? Technische Einsatzunterstützung und menschliche Faktoren

Dr. Gesine Hofinger (Team HF – Hofinger, Künzer & Mähler PartG)

Abstract

Rasante technische Fortschritte eröffnen zunehmend praxistaugliche neue Möglichkeiten der Einsatzunterstützung. Neu ist natürlich nicht die Nutzung von Technik in der Gefahrenabwehr. Aber für Einsatzorganisationen recht neu und zudem in ständiger Entwicklung sind verschiedene Formen der Automation. Im Bereich des Informationsmanagements reichen diese von der Informationssammlung (z.B. mit Drohnen) über die Aggregation und Auswertung (z.B. mit Tools zur Lagedarstellung) bis hin zur Entscheidungsunterstützung. Welche neuen Chancen und Risiken tun sich hier auf?

Aus anderen Branchen mit längerer Automationserfahrung ist gut bekannt, wie Menschen auf „selbsttätige Technik“ reagieren und welche Probleme dadurch entstehen können. Zuviel oder zu wenig Vertrauen auf die Technik, der Wunsch, selber die Kontrolle zu behalten, oder fehlendes Verständnis für die Prozesse hinter der Technik sind Beispiel hierfür. So entstehen „Ironien der Automation“: Technik, die für Sicherheit sorgen soll, kann dann zu neuen Sicherheitsproblemen führen.

Um neue Technologien effizient einzusetzen, müssen diese menschengerecht gestaltet sein. Dazu gehört auch, Merkmale und Bedürfnisse von Menschen einzubeziehen und Ironien der Automation zu vermeiden. Erkenntnisse der Human-Factors-Wissenschaften können hier für die Gefahrenabwehr nützlich sein.

1. Einleitung

Unterstützung menschlichen Handelns durch digitalisierte Technik und „künstliche Intelligenz“ ist längst nichts Neues mehr. Auch Einsatzorganisationen nutzen die Möglichkeiten der digitalen Welt um Einsätze besser bewältigen zu können. Das Spektrum der aktuellen Entwicklungen reicht von Kanalrobotern und Exoskeletten bis hin zu smarter Kleidung, von Aufklärungsdrohnen zur automatisierten Lagedarstellung. Feuerwehren haben traditionell eine große Begeisterung für neue Technologien, die sie unterstützen. Aber für den Brandschutz recht neu und zudem in ständiger Entwicklung ist, dass Technik Menschen nicht nur mechanisch und sensorisch unterstützt, sondern auch Prozesse der Informationsverarbeitung und sogar der Entscheidung übernehmen kann. Besonders im Bereich des Informationsmanagements ist diese Entwicklung dynamisch, wird mit Forschungsmitteln gefördert und in zahlreichen Projekten erprobt. Beispiele aus der deutschen Sicherheitsforschung des letzten Jahrzehnts

sind gemeinsame Lagebilder (z.B. Mobikat, LAGE), digitale Unterstützung der Triage (z.B. SOGRO, SpeedUp), Optimierung der Einsatz- und Ruhezeiten von Hilfskräften (VABENE), Unterstützung von Evakuierungen (z.B. Repka, telemedizinische Unterstützung in Großschadenslagen (z.B. vabene) (Projektbeschreibungen unter www.sifo.de). Zugleich gibt es neben der Technikbegeisterung auch Skepsis und Sorgen, vor allem wenn es um die potentielle Dominanz von Technik beim Informationsmanagement und Entscheiden geht: Wird eine Software je Brände richtig klassifizieren können? Was, wenn die Kleidung anders über Erschöpfungszustände entscheidet als der Einsatzleiter? Kann die Disponentin in der Leitstelle sich demnächst noch über die Auswahl der Software hinwegsetzen? Entscheidet der Algorithmus über die Reihenfolge bei der Triage?

Bei der Beurteilung der aktuellen und zukünftigen Entwicklungen kann der Blick über den Tellerrand helfen: Produzierende Industrie, Luft- und Raumfahrt, Militär setzen schon sehr mehreren Jahrzehnten auf Automatisierung. Entsprechend hat sich die Forschung hier auch mit Voraussetzungen und Nebenwirkungen von Automatisierung befasst (z.B. Bainbridge, 1983; Parasuraman, Sheridan & Wickens 2000; Sheridan & Parasuraman, 2005; DeWaard et al., 2011; Manzey, 2012; Strauch, 2017).

2. Gründe für Automatisierung

Warum werden Aufgaben von Menschen auf technische Systeme verlagert, also automatisiert? Ein großer Treiber ist die (Hoffnung auf) Wirtschaftlichkeit durch erhöhte Produktivität, Qualität und Effizienz. In der Gefahrenabwehr sind zwei andere Gründe momentan wohl relevanter: Für Menschen unmögliche, gefährliche und unzumutbare Aufgaben können an Maschinen übergeben werden. „Unmöglich“ kann sich auf die Leistungsfähigkeit der menschliche Sensorik, Informationsverarbeitung und Motorik beziehen (z.B. sehen Menschen im Dunklen wenig und können nicht sehr viele Daten gleichzeitig bewerten). In der Ergonomie gelten „ausführbar“ und „erträglich“ als Mussanforderungen an Tätigkeiten (z.B. Bengler, 2012). Hier steht also die Erweiterung des möglichen Aufgabenspektrums bei gleichzeitiger Erhöhung der Sicherheit oder des Wohlbefindens menschlicher Einsatzkräfte im Vordergrund. Beispielsweise können

Roboter im Abwasserschamm tauchen oder in einsturzgefährdete Gebäude vordringen. Sollenforderung an Tätigkeiten neben „zumutbar“ ist auch „persönlichkeitsförderlich“ (vgl. Hacker, 1986). Aus diesem Grund werden langweilige, unterfordernde Aufgaben an Technik abgegeben; in der Gefahrenabwehr z.B. Überwachungsaufgaben an Monitoren.

Zum anderen werden Aufgaben an Technik übertragen, bei denen Menschen fehleranfällig oder (zu) langsam sind. Dies betrifft Wahrnehmungsprozesse, aber auch Interpretieren von Informationen, Abrufen von Plänen, und zunehmend auch Entscheiden. Beispielsweise werden heute in vielen Bereichen automatische Brandmeldeanlagen (nach DIN 14675, DIN VDE 0833) eingesetzt, die nach dem Auslösen von definierten Sensoren direkt die Feuerwehr alarmieren und dort eine festgelegte Einsatzdisposition auslösen.

3. Formen und Stufen der Automation

Wenn man über Nutzen und Probleme von Automation nachdenkt muss man zunächst unterscheiden, *welche Funktionen in welchem Ausmaß* von Menschen auf Maschinen übertragen werden und wie darüber entschieden wird, ob jeweils Mensch oder Maschine die Steuerung übernehmen („*Allokation von Kontrolle*“, vgl. Abschnitt 5).

Inhaltlich kann man folgende Funktionen automatisieren:

- **Steuerung und Regelung**, z.B. in Steuerungssysteme der Luftfahrt oder Prozessindustrie;
- **Manuelle Tätigkeiten**, z.B. Roboter in der Autoindustrie;
- **Kognitive Funktionen** (Informationsverarbeitung und Entscheiden), z.B. wissensbasierte Assistenzsysteme.

Entsprechend den Stufen menschlicher Informationsverarbeitung und Handelns, können folgende Automatisierungsebenen unterschieden werden (Sheridan& Wickens, 2000, Parasuraman et al., 2000; Manzey 2012):

- **Informationsaufnahme**, z.B. über Kameras, Sensorsysteme,
- **Informationsverarbeitung** (Aggregation, Analyse, Bewertung), z.B. Verrechnung von Daten, Abgleich mit Datenbanken,
- **Entscheidungsfindung** bzw. Handlungsauswahl, z.B. Software basierte Disposition in der Leitstelle,
- **Handlungsausführung**, z.B. automatisiertes Fahren.

Automatisierung bedeutet nicht, dass die Technik den jeweiligen Schritt immer vollständig übernimmt. Auf jeder Ebene kann Technik fehlen, unterstützen, oder vollautomatisch funktionieren. In der Literatur werden bis zu 10 Stufen von „Mensch macht alles allein“ bis zu „Technik macht alles alleine“ benannt (Parasuraman et al., 2000; vgl. Festag in diesem Band). Tabelle 1 verdeutlicht die Extreme „Handeln ohne Technikunterstützung“ und „autonom handelnde Technik“ an einem (noch) fiktiven Beispiel: der Entscheidung über die Sperrung eines Bühnenbereichs bei einem Straßenfestival aufgrund zu hoher Besucherdichte.

Tabelle 1: Beispiel für die Extreme „Handeln ohne Technikunterstützung“ und „autonom handelnde Technik“ für die unterschiedliche Handlungsebenen (nach Sheridan & Wickens, 2000, Parasuraman et al., 2000) am Beispiel einer Großveranstaltung.

	Informationsaufnahme	Informationsverarbeitung	Entscheidung	Ausführung
Technik handelt autonom	Besucherzahlen und -ströme werden für jeden Bereich des Geländes über Drohnenkameras mit intelligenter Software gemessen Prognose über erwartbaren weiteren Zustrom, u.a. aufgrund von Fahrgastzählungen aus dem Nahverkehr.	Personendichten werden in der Leitwarte als „heat map“ dargestellt. Eine Simulation prognostiziert den Zeitpunkt der kritischen Füllung eines Bühnenbereichs.	Das System entscheidet über die Sperrung des Bereichs für weitere Besucher auf der Grundlage von Grenzwerten für Personendichten	Personal wird über automatischen Alarm in den zu sperrenden Bereich beordert; dieser und der Weg dorthin werden auf Tablets angezeigt. Über Videoleinwände, Lautsprecher und die Veranstaltungs-App erhalten Besucher vorbereitete Informationen über die Sperrung des Bereichs
Keine technische Unterstützung	Sicherheitspersonal beobachtet vor Ort den Zustrom und schätzt die Personendichte.	Sicherheitspersonal informiert Veranstaltungsleitung. Diese beurteilt die Situation erfahrungsbasiert.	Veranstaltungsleitung entscheidet über Sperrung, ggf. nach Beratung im Sicherheitskreis	Sicherheits-Personal wird über Funk informiert und zum Bereich der gesperrt werden soll, geschickt.

Das Beispiel verdeutlicht, dass es komplexere (Einsatz-) Entscheidungen ganz ohne technische Unterstützung in unserer Gesellschaft kaum

noch gibt. Aktuell wird bei automatisierten Systemen noch Überwachung durch Menschen gefordert. Bleibt das Tempo der technischen Entwicklung so hoch wie in den letzten Jahren, wird sich dies eventuell ändern.

Ein Beispiel: Bereits heute technisch prinzipiell umsetzbar ist die Vorhersage von Rauch- oder Gasausbreitung auf der Grundlage einer Kombination von Sensorik und Modellierung und daraus folgend die Berechnung freier oder zu sperrender Fluchtwege in einer Infrastruktur. Auch eine automatische Aufschaltung von Messergebnissen und Alarmen in Leitwarten existiert ja bereits vielfach, ebenso wie Alarmierung der Feuerwehr durch Brandmeldeanlagen. Weiterführbar wäre die Automatisierung beispielsweise, wenn für jeden Bereich einer Infrastruktur über unterschiedliche Aktorik (z.B. Displays, Lautsprecher) ohne Intervention von Leitwarten-Personal ein Alarm und angezeigt würde. Der jeweils aktuell beste Fluchtweg würde dynamisch je nach Brandverlauf angezeigt, ebenso wie ungeeignete Fluchtwege als gesperrt angezeigt würden. Die Feuerwehr könnte in ihren Leitstellenrechnern die idealen Anfahrt- und Angriffswege angezeigt bekommen, etc.

Wahrscheinlich werden etliche LeserInnen bei diesem Beispiel denken, dass die Feuerwehreinsatzleitung doch lieber selber über den Angriffsweg entscheiden sollte oder dass die Entscheidung des Fluchtweglenkungssystems über einen freien Weg ja auch falsch sein könnte und dann Menschen in den Rauch geschickt würden. Wird jemand denken, dass die Detektion von Rauch lieber der menschlichen Nase überlassen bleiben sollte oder dass in der Leitstelle nicht die Lagekarte des betroffenen Gebäudes angezeigt werden soll? Diese unterschiedliche Bewertung ist kein Zufall: Die Automatisierung von höheren kognitiven Funktionen wird häufig anders erlebt als die Übernahme von Sensorik oder Ausführung ehemals manueller Tätigkeiten. Übernehmen Maschinen solche Aufgaben oder Tätigkeiten, kann dies als Entlastung erlebt werden. Wird aber das Denken und Entscheiden (teils) ersetzt, kann dies als Kontrollverlust und Kompetenzbedrohung wahrgenommen werden und entsprechende Ablehnungsreaktionen hervorrufen.

Es kann sogar dazu kommen, dass gerade in kritischen Situationen, in denen die Technik nützlich sein könnte, weil sie keine stressbedingten Fehler macht, auf manuellen Betrieb umgeschaltet wird und so das Potential der Automatisierung verschenkt wird.

4. Probleme der Automation

4.1 Ironien der Automation

Mögliche Schattenseiten und Probleme der Automatisierung werden seit langem untersucht. Bekannt geworden ist die Beschreibung der „Ironien der Automation“ von (Bainbridge, 1983; siehe auch Baxter et al., 2012; Strauch, 2017; Lüdtko, 2014):

- Menschen werden als das schwächste Teil von Mensch-Maschine-Systemen betrachtet. Aber ausgerechnet die Tätigkeiten, die (noch) nicht automatisierbar sind, weil sie anspruchsvoll und komplex sind, werden beim Menschen belassen.
- Menschliches Tun wird durch Automatisierung ersetzt, weil die technischen Systeme bestimmte Aufgaben besser durchführen können. Menschen sollen aber genau diese Systeme überwachen, bei Störungen eingreifen, ggf. manuell steuern und „die Situation retten“.
- Zudem werden menschliche Tätigkeiten durch technische Systeme ersetzt, die wiederum von Menschen entwickelt wurden – Entwickler/ Designer produzieren so manchmal neue operative Fehlerquellen.
- Hochzuverlässige automatisierte Systeme erfordern hohen Trainingsaufwand: im Normalbetrieb bieten sie keine Gelegenheit zum Üben. Die Menschen vergessen und verlernen die Steuerung oder Ausführung von Aufgaben. Die für den Notfall nötige Kompetenz im Umgang mit der Technik muss also über Training sichergestellt werden.

4.2 Verlust von Fertigkeiten und Systemwissen

Dieses Problem wird *deskilling* oder *skill degradation* genannt (Sheridan 1997). Wer längere Zeit ein Automatik-Fahrzeug steuert, wird sich irgendwann mit manueller Gangschaltung schwertun. Welche Fertigkeiten für den Notfall aufrechterhalten werden müssen und welche auch einfach verschwinden können, ist nicht einfach zu beantworten. Wenn aber Menschen in der Lage sein müssen, notfalls ohne technische Unterstützung zurechtzukommen, müssen Fertigkeiten erhalten werden. So werden Lagenkarten auch bei Einsatz von Stabssoftware wenigstens in Übungen weiterhin manuell erstellt.

Nicht nur der Verlust von (manuellen) Fertigkeiten kann zu Fehlern führen. Wenn komplexe automatisierte Systeme ohne menschliche Eingriffe funktionieren, kommt es leicht zu einem Verlust von Systemverständnis. Dadurch wird es schwieriger, ein angemessenes Situationsbewusstsein aufrechtzuerhalten: Wie hat sich der aktuelle Zustand entwickelt, was tut das System gerade, welche Schritte kommen als nächstes? Das fehlende Systemverständnis ist solange unkritisch, wie das System zuverlässig funktioniert (Manzey, 2012). Er kann aber fatale Folgen haben, wenn die Automation ausfällt oder nicht erwartungsgemäß arbeitet Menschen dann eingreifen oder Fehlerursachen finden müssen.

Verlust von Fertigkeiten und Systemverständnis können durch Training und gelegentliches „manuelles“ Arbeiten aufgefangen werden. Dies ist beim Einsatz von automatisierten Systemen immer gleich mitzuplanen.

4.3 Unangebrachtes Vertrauen, Complacency

Wenn Menschen automatisierte technische Systeme akzeptieren, zeigen sie oft hohes Vertrauen. Dies natürlich umso mehr, je zuverlässiger das System arbeitet. Aber auch wahrgenommene Nützlichkeit und Nachvollziehbarkeit des Systems und die Technikaffinität der NutzerInnen beeinflussen das Vertrauen (Parasuraman & Manzey, 2010). Wenn das Vertrauen in die Automation zu groß wird, spricht man von *automation complacency* (Parasuraman, Molloy & Singh, 1993). Dann wird die Überwachung und Kontrolle des Systems durch den Menschen vernachlässigt. Wenn aufgrund übertriebenen Vertrauens in die Technik andere zugängliche Informationen nicht mehr aufgenommen werden oder NutzerInnen nicht mehr selber denken, kann es dazu kommen, dass fehlerhafte Angaben oder Anweisungen des technischen Systems akzeptiert werden.

Dieses Phänomen scheint für die Feuerwehr vielleicht weit hergeholt. Aber Navigationssysteme, die in Sackgassen lenken und denen brav gefolgt wird, haben bestimmt auch Einsatzkräfte schon erlebt.

5. Menschengerechte technische Einsatzunterstützung

Den hier nur ansatzweise skizzierten Problemen stehen seit längerem Ansätze der menschengerechten Automatisierung gegenüber (z.B. Lüdtkke, 2014; Manzey, 2012). Menschengerecht bedeutet, nicht vom technisch

Machbaren auszugehen, sondern Fähigkeiten und Bedürfnisse von Menschen in den Mittelpunkt zu stellen. Damit sollen Fehler vermieden, angemessene Nutzung von Automation gefördert und Arbeitszufriedenheit erhalten werden.

Die sicherheitsorientierte Gestaltung von Arbeitssystemen mit (teil)autonomer technischer Unterstützung wird also nicht nur die Zuverlässigkeit der technischen Komponenten, sondern auch die Interaktion zwischen Mensch und Automation optimieren (Manzey, 2012; Parasuraman et al 2000; Lüdtker, 2014). Dabei stehen Verteilung von Aufgaben bzw. Steuerung und die Gestaltung der Nutzerschnittstelle im Vordergrund.

5.1 Nutzergerechte Schnittstellen

Damit Menschen die zunehmend komplexeren technischen Systeme überwachen und steuern können, ist eine sinnvolle Gestaltung von Nutzerschnittstellen nötig. Diese komplexe Aufgabe verlangt neben Wissen über den Einsatzzweck und die Funktionsweise des technischen Systems auch psychologische Kenntnisse über Wahrnehmung und Informationsverarbeitung, Motivation, Gedächtnis etc. Hilfestellung bietet z.B. die EN ISO 9241-110 (aufgabengerechte Gestaltung von Nutzerschnittstellen).

Die Gestaltung muss auch Kommunikationsstrategien beinhalten: Wie wird z.B. den NutzerInnen mitgeteilt, dass Eingriffe nötig sind? Wie wird neben dem aktuellen Systemzustand auch die Entwicklung der Situation nachvollziehbar? Nutzergerechte Gestaltung der Schnittstellen, also z.B. von Displays, unterstützt das Systemverständnis und das Situationsbewusstsein.

Bei Entscheidungsunterstützungssystemen müssen komplexe Informationen so präsentiert und aufbereitet werden, dass die mentale Belastung minimiert und die Verständlichkeit maximiert wird, auch unter der Belastung einer komplexen Einsatzlage (Hofinger et al., 2011).

Die Nutzerschnittstelle gleichermaßen mit technischem wie psychologischem Fokus zu gestalten, scheint bei etlichen Systemen in der Gefahrenabwehr (z.B. Leitstellensoftware oder Lagedarstellungen), noch eine Herausforderung.

5.2 Adaptive Aufgabenverteilung bis hin zum Mensch-Maschine-Team

Oben wurden Automatisierungsgrade von „vollständig manuell“ bis „vollständig autonom“ beschrieben. Wenn nicht dauerhaft festgelegt ist, ob eine Aufgabe von Mensch oder Maschine erledigt wird, die Aufgaben also dynamisch verteilt werden, spricht man von „adaptiver Automation“. Mensch und Technik werden als Gesamtsystem betrachtet, das gemeinsam Aufgaben optimal bewältigen soll.

Bei adaptiver Automation wird die Entscheidung, ob der Mensch eine Aufgabe bzw. Funktion übernimmt oder abgibt, in Abhängigkeit vom situativen Kontext oder dem Zustand des jeweiligen Nutzers gefällt. Die Technik übernimmt beispielsweise dann, wenn Menschen entlastet werden sollen oder wenn sie erschöpft, müde oder gestresst sind. Die Übergänge können je nach Konzept können sowohl von der Technik als auch vom Menschen initiiert werden. Dabei werden seit den 90er Jahren Methoden erprobt, den Zustand der NutzerInnen des Systems nicht von diesen selber, sondern von der Technik bestimmen zu lassen (über physiologische oder Verhaltensparameter).

Wenn Aufgaben je nach Situation dynamisch mal automatisiert, mal von Menschen ausgeführt werden, wirkt dies dem *deskilling* entgegen und trägt dazu bei, dass das Systemverständnis erhalten bleibt.

Ein zentrales Thema, das für jedes System und jede Aufgabe einzeln betrachtet werden muss, bleibt die Zuweisung der Entscheidungsmacht („Allokation von Kontrolle“): Wer soll letztendlich darüber entscheiden, ob Mensch oder Technik Aufgaben ausführen oder Entscheidungen treffen? Beim Entscheidungsunterstützungssystemen ist diese Diskussion für die Informationsaufnahme und -analyse sicherlich anders zu führen als für den eigentlichen Entscheidungsprozess.

6. Fazit

Für die Einbindung automatisierter technischer Systeme in die Gefahrenabwehr ist nicht nur das technisch Machbare und Wünschenswerte relevant, sondern auch die Informationsverarbeitung, die Bedürfnisse und Motivationen von Menschen. Bei der Weiterentwicklung von Einsatz- und

Entscheidungsunterstützung können die Erfahrungen und Forschungsergebnisse anderen Branchen nützlich sein, wenn die Besonderheiten des Einsatzgeschehens beachtet werden.

Menschengerechte Automatisierung nutzt Potentiale von Technik für Aufgaben, die für Menschen unausführbar, unzumutbar oder unbefriedigend sind. Dabei lässt sie Kontrolle bei Menschen, die das System verstehen können und in der Lage sind, steuernd und korrigierend einzugreifen.

Damit das möglich ist, gilt trotz immer komplexerer technischer Systeme gerade in der Gefahrenabwehr: „Je mehr wir von Technik abhängig sind und ihre Grenzen immer weiter ausdehnen, um so mehr brauchen wir kompetente, hoch trainierte, erfahrene Menschen, die die Systeme resilient machen und die letzte Barriere gegen unweigerlich auftretende Fehler sind (Baxter et al., 2012, Übersetzung GH).

Literatur

- Badke-Schaub, P., Hofinger, G. & Lauche, K. (Hg.) (2012). Human Factors. Psychologie sicheren Handelns in Risikobranchen. 2., komplett überarbeitete und aktualisierte Auflage. Heidelberg u.a.: Springer.
- Bainbridge, L. (1983). Ironies of Automation. *Automatica*, 19: 775-779.
- Baxter, G., Rooksby, J, Wang, Y. & Khajeh-Hosseini, A. (2012). The ironies of automation ... still going strong at 30? *Proceedings of ECCE 2012 Conference, 29th-31st August, Edinburgh (UK)*, pp.65.71.
- Bengler, (2012). Der Mensch und sein Roboter - von der Assistenz zur Kooperation. Vorlesungsskript TU München. Online verfügbar unter https://www.uni-muenchen.de/studium/studienangebot/lehrebote/ringvorlesung/Frv_11_12/bengler.pdf
- DeWaard, D., Gérard, N., Onnasch, L., Wiczorek, R., & Manzey, D. (2011). *Human Centred Automation. Annual Conference of the Europe Chapter of the Human Factors and Ergonomics Society (HFES Europe Chapter)*. Berlin: Shaker Publishing.
- DIN 14675 Brandmeldeanlagen – Aufbau und Betrieb.
- DIN VDE 0833-2: Gefahrenmeldeanlagen für Brand, Einbruch und Überfall.

- DIN EN ISO 9241-110 Ergonomie der Mensch-System-Interaktion.
- Hacker, W. (1986). *Arbeitspsychologie*. Berlin: Dt. V. d. Wissenschaften.
- Hofinger, G., Zinke, R. & Künzer, L. (2011). Psychological requirements for crisis and emergency decision-support systems for control centers. *Proceedings of the 2011 Information Systems for Crisis Response and Management (ISCRAM) conference*, 8.-11. Mai 2011, Lissabon.
- Lüdtke, A. (2014). Wege aus der Ironie in Richtung ernsthafter Automatisierung. In A. Botthof & E. A. Hartmann (Hg.), *Zukunft der Arbeit in Industrie 4.0* (S. 125-146). Berlin u.a. Springer.
- Manzey, D. (2012). Automation. In P. Badke-Schaub, G. Hofinger & K. Lauche (Hg.), *Human Factors. Psychologie sicheren Handelns in Risikobranchen. 2.*, komplett überarbeitete und aktualisierte Auflage, S. 333-352. Heidelberg u.a.: Springer.
- Parasuraman, R. & Riley, V. (1997). Humans and Automation: Use, Misuse, Disuse, Abuse. *Journal of the Human Factors and Ergonomics Society*, 39 (2).
- Parasuraman, R., & Manzey, D. H. (2010). Complacency and bias in human use of automation: an attentional integration. *Journal of the Human Factors and Ergonomics Society*, 52, 381-410.
- Parasuraman, R., Sheridan, T. B. & Wickens, C. D. (2000). A model for types and levels of human interaction with automation. *IEEE Transactions on Systems Man and Cybernetics – Part A: Systems and Humans*, 30, 286-297.
- Parasuraman, R., Molloy, R. & Singh, I. L. (1993). Performance consequences of automation induced »complacency«. *The International Journal of Aviation Psychology*, 2, 1-23.
- Sheridan, T. B. & R. Parasuraman (2005). Human-Automation Interaction. *Reviews of Human Factors and Ergonomics*, 1: 89-129.
- Sheridan, T. B. (1997). Supervisory control. In G. Salvendy (Ed.), *Handbook of human factors* (pp. 1295–1327). New York: Wiley.
- Strauch, B. (2017). Ironies of Automation: Still Unresolved After All These Years. *IEEE Transactions on Human-Machine Systems* PP(99):1-15 .