

## **Gewährleistung der Sicherheit in Mensch-Maschine-Systemen**

### **1. Problemstellung**

Mit zunehmender Technisierung entstehen immer häufiger Systeme, in denen Menschen und künstliche Objekte technischer Art zusammenwirken. Bei diesem Zusammenspiel treffen Welten völlig unterschiedlicher Art aufeinander, sodass es sich um hybride Systeme handelt.

Zu den wichtigsten Eigenschaften solcher Systeme gehört die Gewährleistung der *Sicherheit*. Genauer gesagt handelt es sich um die funktionelle Sicherheit, d. h. die Robustheit gegenüber internen Störungen. Diese Problemstellung soll Gegenstand der nachfolgenden Ausführungen sein.

Die Sicherheit von Systemen ist eine fragile Eigenschaft, die durch Störungen immer wieder bedroht wird. Wenn wir uns hier mit der Gewährleistung einer möglichst hohen Funktionssicherheit befassen, ist es daher notwendig, zunächst die Störursachen zu ergründen. Entsprechend den hier betrachteten hybriden Systemen können die Störungen sowohl den menschlichen als auch technischen Subsystemen entstammen.

Bei der Analyse eingetretener Störfälle gelangen die Experten nicht selten zu dem Ergebnis, dass die Schadensereignisse durch Fehlleistungen des menschlichen Parts verursacht sind. Nach vorliegenden Schätzungen gehen 90% der Unfälle auf menschliche Fehler zurück [1]. Es verwundert daher nicht, wenn der Mensch als Hauptrisikofaktor betrachtet wird, den man möglichst weitgehend zu eliminieren sucht. Dem ist entgegenzuhalten, dass in manchen Extremsituationen es einzig Menschen waren, die Katastrophen verhindert haben. Dazu sei beispielhaft an die spektakuläre Notlandung eines Airbus, dessen beide Triebwerke kurz nach dem Start ausgefallen waren, auf dem Hudson River bei New York am 16. 01. 2009 erinnert [2]. Dabei gelang es, alle 155 Insassen unverletzt zu retten. Zu dieser flugtechnischen Meisterleistung des Piloten wäre wohl keine noch so ausgeklügelte technische Einrichtung fähig gewesen. Wie u. a. dieses Beispiel zeigt, verfügt der Mensch in Extremsituationen über einen weit über die technischen Möglichkeiten hinausgehenden Handlungsspielraum. Es gibt somit gewichtige Gründe, die Anwesenheit von Menschen für unverzichtbar zu halten und diesen sogar die oberste Führungsebene einzuräumen.

Diese durchaus widersprüchlichen Aussagen bezüglich der Fähigkeiten von Menschen legen den Schluss nahe, einerseits auf der Anwesenheit Menschen als Systemkomponente zu bestehen um seine weitreichende Handlungskompetenz in Extremsituationen zu erhalten. Andererseits aber gilt es, den Einfluss seiner Schwächen entgegenzuwirken, indem man dafür geeignete technische Mittel in Form spezieller Sicherheitskomponenten einsetzt. Geeignete Lösungen dafür bieten insbesondere die Automatisierungs- und Kommunikationstechnologie. Damit erscheint es möglich, trotz dieses Handicaps einen hohen Sicherheitsstandard in Mensch-Maschine-Systemen zu gewährleisten.

Wie schon angedeutet, können auch die in den Systemen enthaltenen technische Einrichtungen durchaus versagen. Man denke nur an die verheerenden Auswirkungen, die in Kernkraftwerken beim Versagen technischer Komponenten entstehen können. Auch dafür gibt es wirksame Möglichkeiten, um Störungen solcher Art mit technischen Mitteln entgegenzutreten, sodass die Systemfunktion möglichst weitgehend aufrechterhalten wird. Auch hierzu werden an späterer Stelle Ausführungen folgen. Aber auch hier gibt es Grenzen des technisch Möglichen, wenn man beispielsweise an die verheerenden Auswirkungen des Tsunamis als Folge eines schweren Erdbebens auf das japanische AKW Fukushima am 11. 03. 2011 denkt [3]. Bei dieser Nuklearkatastrophe muss man allerdings einschränkend sagen, dass es sich hier um ein externes Störereignis handelt, dem mit systemeigenen Maßnahmen kaum beizukommen ist.

Nunmehr neugierig geworden, werden wir uns zunächst detaillierter danach umsehen, worin die hauptsächlichsten menschlichen Schwächen bestehen um danach auf einige technische Komponenten zu verweisen, die in der Lage sind, deren Auswirkungen möglichst wirksam zu begegnen.

## **2. Schwachstellen des Menschen in Mensch-Maschine-Systemen und deren Kompensationsmöglichkeiten**

Der Einsatz automatisierungstechnischer Mittel war zunächst darauf gerichtet, die Arbeitstätigkeit der in Mensch-Maschine-Systemen involvierten Menschen zu erleichtern sowie auch die Lebensqualität durch Komfortleistungen zu verbessern. Dazu war es erforderlich, immer anspruchsvollere Aufgaben vorwiegend kognitiver Art in den Bereich der Technik zu verlagern. Diese automatisierungstechnischen Lösungen zunehmend höherer Komplexität sind jeweils auf die Lösung spezifischer Aufgaben gerichtet. Sie verrichten ihre Aufgabe selbsttätig, unermüdet und in gleichbleibender Qualität. Neuerdings werden sogar Automaten eingesetzt, die über ein selbstständiges Verhalten verfügen.

Neben solchen Leistungen der Informations- und Automatisierungstechnik werden zunehmend auch technische Hilfen bereitgestellt, deren Zweck darauf gerichtet ist, den Auswirkungen der vorhandenen Schwächen von Menschen entgegenzuwirken. Damit wird auch ein wesentlicher Beitrag zur Erhöhung der Systemsicherheit geleistet.

Im Weiteren werden wir zunächst die Schwachstellen von Menschen in hybriden Systemen eingehender erkunden, um danach anhand von Beispielen aufzuzeigen, auf welche Weise solchen Fehlleistungen mit spezifischen technischen Lösungen begegnet werden kann.

- Gefahren durch Ablenkung bzw. Unaufmerksamkeit

Es gibt vielerlei Ursachen, die Menschen von der Führung der ihnen anvertrauten Prozesse ablenken. Besonders schwerwiegend sind solche Unachtsamkeiten bei der Führung von Fahrzeugen (Automobilen, Flugzeugen), da von den Folgen die Gesundheit bzw. das Leben der Insassen unmittelbar betroffen sein kann. Zu den hauptsächlichsten Ablenkungen zählen hier das Telefonieren mit dem Handy, Schreiben oder Lesen einer SMS, der Schrei eines Kindes auf dem Rücksitz, Anzünden einer Zigarette u. a. m. In ähnlicher Weise wirkt auch die Unaufmerksamkeit von Menschen während der Fahrzeugführung. Hierzu sei beispielhaft auf das Übersehen anderer Verkehrsteilnehmer, insbesondere von Radfahrern, sowie die Missachtung von Verkehrszeichen, verwiesen. Der Anteil der durch Ablenkung bzw. Unaufmerksamkeit verursachten Unfälle dürfte ähnlich hoch wie der durch Alkohol liegen.

Um Fehlerquellen dieser Art entgegenzuwirken, hat die Automobilindustrie in zunehmender Anzahl sog. Assistenzsysteme entwickelt. Diese geben bei von der Elektronik als kritisch eingestuften Situationen Warnsignale an den Fahrer ab. Ignoriert er diese, so greift in einigen Fällen die Automatik auch selbsttätig in den Fahrprozess ein, um Unfälle zu verhindern. Einige wenige Beispiele solcher Assistenzsysteme sind:

- Notbremsassistent (verhindert Auffahrunfälle auf voraus fahrende Fahrzeuge bzw. Hindernisse)
- Spurwechselassistent (verhindert laterale Kollisionen mit Fahrzeugen auf der Parallelspur)

Damit leisten die in Automobilen eingebauten Assistenzsysteme einen wesentlichen Beitrag zur Erhöhung der Verkehrssicherheit.

Bezüglich der allgemeinen Verfügbarkeit von Assistenzsystemen gibt es aber durchaus noch Defizite. Angesichts der zahlreichen Unfälle, bei denen insbesondere Radfahrer bei Kollisionen mit rechtsabbiegenden Fahrzeugen oftmals aufs schwerste geschädigt werden, mangelt es beispielsweise an einem Assistenten, welcher insbesondere die Fahrer von LKWs

und Bussen in solchen Krisensituationen zumindest warnt. Ebenso wird das Fahren in verbotener Fahrtrichtung sowie die Einhaltung vorgeschriebener Geschwindigkeiten derzeit noch nicht automatisch kontrolliert.

- Gefahren durch Fehlbedienung

Die Sicherheit von Systemen kann auch durch unsachgemäßes Handeln von involvierten Personen gefährdet werden. Dazu sei auf die nachfolgend genannten Möglichkeiten verwiesen:

- Überschreiten von Grenzbereichen

Manche aus Fehleinschätzung oder auch sportlichem Ehrgeiz vorgenommene Bedienhandlungen an der Systemtechnik sind durchaus fehlerhaft und können daher zur Gefährdung von Systemen führen. Solche Schäden lassen sich abwenden, wenn technische Komponenten vorhanden sind, die in der Lage sind, solche Auswirkungen abzuschätzen und vor der Ausführung solcher Befehle warnen. Werden solche Hinweise ignoriert, wird notfalls von der Automatik in den Prozess korrigierend eingegriffen. Dazu lassen sich Beispiele von solchen elektronischen Helfern aufführen, die wiederum der mobilen Welt entstammen. Dazu sei beispielhaft ein mittlerweile in Automobilen verbreiteter Assistent mit der Bezeichnung ESP (Elektronisches Stabilitäts-Programm) genannt. Dieser ist in der Lage, durch Fahrfehler verursachte kritische Fahrzustände durch Eingriffe in die Lenkung und Radbremsung selbstständig zu korrigieren und schützt somit die Insassen vor möglicherweise auftretenden Unfällen.

In Flugzeugen befinden sich gleich mehrere solcher Kontrollinstanzen. So wird beispielsweise der Steig- und Sinkflug überwacht. Überschreitet der Winkel eine festgelegte Grenze, so besteht die Gefahr eines Strömungsabrisses, weshalb der Pilot zur Korrektur aufgefordert wird. Ebenso wird der in Flugrichtung liegende Luftraum beständig kontrolliert. Beim Eindringen eines fremden Flugobjekts wird zunächst die Möglichkeit einer Kollision vorausberechnet und falls diese besteht, der Pilot zum Kurswechsel aufgefordert. Ignoriert er diese Mahnung, wird wiederum automatisch ein Ausweichmanöver eingeleitet.

- Noteingriffe durch ungeschultes Personal

Werden Fahrzeuge nur von einer Einzelperson geführt, dann ergibt sich im Falle ihres plötzlichen Ausfalls eine ernste Notsituation, der mit technischen Mitteln nur schwer beizukommen ist. Die einzige Möglichkeit besteht dann darin, dass sich beherrzte Mitfahrer finden, die rettend in den Fahrprozess eingreifen. Hierzu werden immer wieder Fälle bekannt, bei denen Bus- oder Taxifahrer davon betroffen sind. Hier gelingt es aber Fahrgästen meistens, das Fahrzeug kurzfristig zum Halten zu bringen. Des Weiteren erinnert man sich vielleicht auch spektakulärer Filme, die in dramatischen Szenen zeigen, wie ein vollbesetztes Flugzeug bei Totalausfall der Führungsmannschaft durch einen Halblaien glücklich zur Landung gebracht wurde.

- Die Gefahren durch gesundheitlich bedingte Beeinträchtigungen

Die Beeinträchtigung des körperlichen Befindens der in Mensch-Maschine-Systemen eingebundenen Menschen kann ebenfalls Ursache ggf. schwerwiegender Schäden sein. Auch hier können verschiedene Fälle unterschieden werden.

- Kurzschlaf

Die Monotonie menschlicher Arbeitstätigkeiten etwa bei der Überwachung automatisierter technologischer Prozesse oder auch beim Führen von Fahrzeugen während der

Nachtstunden können unbemerkt zu einem Kurzschlaf des Fahrers führen, sodass die betroffene Person vorübergehend nicht mehr in der Lage ist, ihre Aufgabe wahrzunehmen.

Die Feststellung eines solchen Zustandes ist nicht unproblematisch. Eine Lösungsmöglichkeit bietet der sog. Spurhalteassistent. Verlässt das Fahrzeug beispielsweise aus Gründen des Kurzschlafs die gewählte Fahrspur, so wird der Fahrer durch ein Rütteln seines Sitzes aufgeweckt und kann seine Aufgabe dann wieder wahrnehmen. Eine bei Fahrzeugen ebenfalls angewandte alternative Methode wartet die in einer bestimmten Zeit ausgeführten Lenkeingriffe aus und gibt notfalls eine Alarmmeldung aus. Eine weitere, allerdings kompliziertere Lösung besteht in der beständigen Beobachtung des Augenaufschlags unter Verwendung einer Kamera mit entsprechender Bildauswertung.

- Medikamenteneinwirkung

Das Führen von Fahrzeugen unter dem Einfluss von Alkohol, Drogen oder bestimmten Medikamenten führt ebenfalls zu erhöhten Risiken, weil die Personen dadurch in ihrer Handlungsfähigkeit eingeschränkt sind. Soweit diese Personen nicht die Selbstdisziplin aufbringen, in solchen Fällen auf das Führen des Fahrzeugs zu verzichten, kann dem Gebrauch des Fahrzeugs nur durch gesetzliche Bestimmungen und Personenkontrollen entgegengewirkt werden. Zumindest für die Feststellung des Alkoholspiegels erscheinen auch technische Lösungen denkbar. Diese könnten dann auch bei erhöhtem Spiegel das Starten des Fahrzeuges verweigern.

- Plötzlich auftretende gesundheitliche Schäden

Die in Mensch-Maschine-Systemen enthaltenen Personen unterliegen, wie jede anderen auch, einem gewissen gesundheitlichen Risiko. Das Spektrum der Beeinträchtigungen reicht dabei von leichtem Unwohlsein über Herzattacken, Bewusstseinsverlust bis zum plötzlichen Tod. Somit kann es zu Beeinträchtigungen bis zum Totalausfall der betreffenden Person kommen.

Die Auswirkungen solcher Schäden können unterschiedlich sein. Bei der Führung technologischer Prozesse sind solche Ausfälle besser verkraftbar, da in den Leitwarten zumeist mehrere Personen anwesend sind, die in solchen Fällen einspringen können. In besonders prekären Fällen, etwa in Flugzeugen, hält man aus gleichem Grund die Anwesenheit einer ebenso ausgebildeten zweiten Person in Gestalt eines Copiloten für unverzichtbar. Bei den Landfahrzeugen ist hingegen zumeist nur eine Einzelperson als Fahrzeugführer tätig. Fällt diese aus, so kommt es zu einer kritischen Situation, deren Nichtbeherrschung verheerende Folgen nach sich ziehen kann. Um diese zu verhindern, müsste das betreffende Fahrzeug umgehend stillgesetzt werden. Bei den schienengebundenen Verkehrsträgern hat man für dieses Problem eine verblüffend einfache Lösung gefunden. Die Fahrer des jeweiligen Verkehrsmittels müssen innerhalb einer bestimmten Frist periodisch auf einen sog. Totmannknopf drücken. Bleibt diese Betätigung – aus welchen Gründen auch immer – aus, so wird der Zug automatisch abgebremst und stillgesetzt. Bei weitem schwieriger ist das Problem bei Verkehrsmitteln im Straßenverkehr. Bei den (noch?) von Menschen gesteuerten Automobilen (Busse, LKWs, Lieferfahrzeuge, Privat-PKWs) kommt es bei solchen Ausfällen zumeist zum Crash, ohne dass bisher eine überzeugende Abhilfe in Sicht ist. Auch dem zu erwarteten verstärkten Einsatz autonomer Fahrzeuge, scheint das Sicherheitsproblem noch keineswegs befriedigend gelöst zu sein. Da die Führung der Fahrzeuge in den Händen einer komplexen und mit umfangreicher Sensorik ausgestatteten Automatik liegt, würde die Automatik wohl den Ausfall des Menschen gar nicht bemerken und solange autonom weiterfahren bis entweder der Tank leer ist oder ein Crash stattgefunden hat.

- Gefahren durch gezielte Selbstvernichtung

Zu den von Menschen ausgehenden Gefahren zählen leider auch die vorsätzlich verübten Schädigungen. Bei dieser Kategorie lassen sich vor allem zwei Gruppen unterscheiden:

- Terroristische Akte

Heutzutage ist davon auszugehen, dass es überall auf der Welt Menschen gibt, die zu kriminellen Handlungen unter Opferung des eigenen Lebens bereit sind, indem sie mit Sprengstoff beladene Fahrzeuge zu Plätze steuern, auf denen die Detonation maximale Schäden verursachen. Das schlimmste Beispiel dieser Art waren wohl die Einschläge von zwei jeweils von Terroristen gesteuerten Flugzeugen in das World Trade Center am 11. 09. 2001 mit über 3.000 Toten [4]. Sucht man nach technische Möglichkeiten zur Verhinderung solcher Untaten, so beschränken sich diese bisher auf das Erschweren des unbefugten Zutritts in das Cockpit. Indirekte Methoden von bedingter Wirksamkeit beziehen sich auf das Vorfeld und betreffen das Abhören verdächtiger Telefonate, die Kontrolle der Bewegung Verdächtigter sowie die Durchführung strenger Kontrollen beim Einchecken in Flugzeuge.

- Suizide

Einem nicht zu unterschätzenden Anteil von Unfällen unterliegt die Absicht einer gezielten Selbsttötung unter Einbeziehung von Fahrzeugen. So bleibt oft unaufgeklärt, ob den nicht selten verzeichneten Kollisionen von Automobilen mit Alleebäumen oder den Abstürzen in die Tiefe nicht doch eine solche Motivation zugrunde liegt. Perfider sind solche Selbsttötungen, wenn auch völlig Unbeteiligte in die Vernichtung des Eigenlebens einbezogen werden. Dies erfolgt teilweise durch Herbeiführung eines Frontalzusammenstoßes mit entgegen kommenden Fahrzeugen oder auch bei der Fahrt als sog. Geisterfahrer auf entgegen gerichteten Fahrspuren von Autobahnen. Die bisher größte Tragödie dieser Art ereignete sich am 24. 03. 2015, als der Copilot des Germanwings-Flugzeugs mit der Flugnummer 4U9525 die Maschine nachweislich in den französischen Alpen mit der Absicht der Selbsttötung gegen ein Felsmassiv prallen ließ, wobei er alle 149 Insassen mit in den Tod riss [5]. Gegen solch unfassbare Taten sind leider von technischer Seite kaum Schutzmaßnahmen zu erwarten. Am ehesten noch helfen bei auffällig gewordenen Personen im Vorfeld vorgenommene Beobachtungen sowie psychische Tests.

### **3. Schwachstellen der Technik in Mensch-Maschine-Systemen und deren Kompensationsmöglichkeiten**

Die Systemsicherheit wird nicht nur durch menschliche Schwächen bedroht; auch Fehlleistungen oder Ausfälle der Technik können Mensch-Maschine-Systeme in Gefahr bringen. Mit solchen sog. technischen Unfällen, insbesondere den Ursachen des Versagens und den wiederum technischerseits möglichen Gegenmaßnahmen, wollen wir uns nachfolgend beschäftigen.

- Fehler in der Sensorik

Auftretende Fehler in der Sensorik sind schwerwiegend, weil diese Störungen in der gesamten darauf aufbauenden Informationsverarbeitung nach sich ziehen. Dazu sei beispielsweise an Flugzeugabstürze, wie den Crash des Air-France-Fluges 447 über der Karibik im Jahr 2009 oder auch das Verschwinden der Air-Asia-Maschine 2014 erinnert, welche beide auf Ausfälle von Sensoren, möglicher Weise durch Vereisung,

zurückgeführt werden. Auch Kompass und andere Sensoren können falsche Angaben liefern.

Ein bewährtes Gegenmittel hinsichtlich von Fehlmessungen oder Ausfällen von Sensoren ist die Mehrfachausstattung mit solchen Komponenten, denen möglichst unterschiedliche Wirkprinzipien zugrunde liegen sollten. So verfügen beispielsweise größere Schiffe und teilweise auch Flugzeuge sowohl über einen Kreisel- und Magnetkompass, deren Messwerte miteinander verglichen werden. Auch Assistenzsysteme in Automobilen besitzen häufig eine scheinbar überdimensionierte Sensorik, um durch Vergleiche Falschmeldungen möglichst zu erkennen. Mitunter aber helfen auch ganz simple Maßnahmen, wie beispielsweise eine zusätzliche Beheizung von Sensoren, um Vereisungen zu verhindern.

- Funktionsfehler in der Informationsverarbeitungseinrichtung

Technisch begründete Fehler in der Informationsverarbeitung sind in ihren Auswirkungen auf die Sicherheit von Mensch-Maschine-Systemen im Prinzip ebenso schädlich wie Fehlentscheidungen von Menschen. Daher wird man besonders in hochsensiblen Anwendungen, wie in der Raumfahrt, auf die Auswahl besonders zuverlässiger Bauelemente und eine äußerst solide technische Ausführung der Baugruppen und Funktionsmodule achten.

Darüber hinaus kann die Nutzung des sog. 2-von-3-Prinzips wesentlich zur Erhöhung der Funktionssicherheit technischer Komponenten beitragen. Dieses möglicherweise zuerst in Kernkraftwerken eingeführte Prinzip besteht darin, alle wesentlichen Komponenten in dreifacher Ausführung einzusetzen und diese im Sinne der sog. „heißen Redundanz“ auch parallel zu betreiben. Die Ergebnisse aller 3 Komponenten werden ständig bezüglich bestehender Unterschiede miteinander verglichen. Wird eine Abweichung von höchstens einer Komponente festgestellt, so wird deren Resultat ignoriert und das der übrigen als gültig anerkannt. Die Anwendung des 2-von-3-Prinzips erfordert allerdings einen beträchtlichen Aufwand und bleibt daher nur sehr sicherheitsempfindlichen Anwendungen vorbehalten.

- Kollisionen mit Robotern

Ein spezielles Sicherheitsproblem entsteht, wenn – wie nicht selten in der Fertigung – menschliche Arbeitskräfte mit massiven Robotern auf engem Raum zusammenarbeiten. Dabei kann es infolge der ausladenden Bewegungen von Robotern zu schweren Verletzungen der Personen kommen.

Nicht immer wird es möglich sein, das Eindringen von Menschen in den Arbeitsraum von Robotern sicher zu verhindern. Da hilft auch die Aufstellung von Absperrgittern nur bedingt. Eine sichere Methode besteht hingegen darin, die Roboter mit Einrichtungen des Kollisionsschutzes auszustatten. Dazu sind diese mit Sensoren zu versehen, welche den Abstand zu Hindernissen in allen 3 Dimensionen erfassen. Die erhaltenen Signale sind dann, ähnlich wie bei den in Flugzeugen verwendeten Antikollisionssystemen, hinsichtlich einer möglichen Kollisionsgefahr auszuwerten. Im Gefahrenfall sind die Roboter umgehend stillzusetzen.

- Ausfall der Energieversorgung

Zu den Schäden mit den größten Auswirkungen zählt der Ausfall der Stromversorgung, da dieser zum Erliegen der gesamten Funktion der technischen Subsysteme führt. Die damit verbundenen gravierenden Auswirkungen können dann nur dadurch verhindert werden, wenn eine Ersatzstromquelle zur Verfügung steht, die umgehend einspringen kann. Als Stromreserven kommen vor allem Batterien und/oder Dieselgeneratoren in Betracht.

Derartige Back-up-Lösungen wird man allerdings angesichts ihres hohen Aufwandes nur in besonders prekären Fällen, wie in Krankenhäusern oder Rechenzentren, vorsehen.

Bei einem Blackout in netzartig verteilten Systemen gibt es evtl. noch nutzbare Chancen, eine Versorgung zumindest noch in Teilnetzen zu ermöglichen, indem man das Stromnetz in mehrere Teilnetze auftrennt und diese auf ihre Funktionsfähigkeit prüft. Damit könnte der aufgetretene Schaden wenigstens begrenzt werden.

Eine spezielle Sachlage hinsichtlich der Gewährleistung einer sicheren Stromversorgung . besteht für die in zunehmender Anzahl errichteten Wohnanlagen mit autarker Energieversorgung aus regenerativen Quellen wie Windkraft- und/oder Photovoltaikanlagen. Hier kann es wetterbedingt zu ungenügendem Energieeintrag oder auch wegen notwendiger Wartungs- und Reparaturarbeiten an der Anlage zu Stromausfällen kommen. Um gegen solche Situationen gewappnet zu sein, verfügen derartige Inselnetze zumeist über die Möglichkeit eines Anschlusses an das öffentliche Stromnetz, die dann in solchen Fällen in Anspruch genommen wird. Damit ist auch in energie-autarken Systemen eine weitreichende Versorgungssicherheit gewährleistet.

Abschließend dazu sei noch auf die glücklicher Weise noch nicht realisierte und auch wohl nur Hackern zugängliche Möglichkeit verwiesen, in terroristischer Absicht Stromausfälle zu veranlassen [6]. Als mögliches Einfallstor solcher externer Eingriffe gelten die künftig in den Haushalten installierten Smart Meters. Hier besteht allerdings die wohl berechtigte Hoffnung, dass es gelingen wird, eine Fernmanipulation solcher Zähler zu verhindern.

#### **4. Fazit**

Am Ende der Ausführungen steht die Erkenntnis, dass die Sicherheit von Mensch-Maschine-Systemen sowohl durch menschliche Schwächen als auch technische Mängel potenziell bedroht ist. Dennoch bietet sich die Möglichkeit, solche Bedrohungen in zahlreichen Fällen erfolgreich abzuwehren. Dafür ist es zunächst notwendig, die bestehenden Sicherheitsmängel aufzudecken, um danach gezielt wirkende technische Komponenten zu entwickeln, welche den Störungen gezielt entgegenwirken. Dank solcher technischer Hilfen besteht die Möglichkeit, hybride Systeme mit einem hohen Grad an funktioneller Sicherheit auszustatten.

#### **Literatur**

- [1] N. N.: Problem Mensch. Berliner Zeitung Nr. 110, 13./14. 05. '15, S. 9
- [2] [www.spiegel.de/Panorama/flugzeuglandung-im-hudson-river](http://www.spiegel.de/Panorama/flugzeuglandung-im-hudson-river)
- [3] [www.focus.de/Panorama/welt/tsunami-in-japan/](http://www.focus.de/Panorama/welt/tsunami-in-japan/)
- [4] [www.presseportal.de/.../stern-attentat-auf-world-trade-center](http://www.presseportal.de/.../stern-attentat-auf-world-trade-center)
- [5] [www.spiegel.de/Panorama/Germanwings-A320-Absturz-in-Südfrankreich](http://www.spiegel.de/Panorama/Germanwings-A320-Absturz-in-Südfrankreich)
- [6] Elsberg, M.: Black Out. blanvalet Verlagsgruppe Random House GmbH, München, ISBN 978-3-442-38029-9