

Klaus Fuchs-Kittowski

Zum Verständnis der Information und der digitalen Transformation in einer vernetzten und verwundbaren Gesellschaft

Zur Stellung und Verantwortung des Menschen in riskanten
informationstechnologischen Systemen

1 Wechselwirkungen von Informatik und Gesellschaft – in einer verwundbaren und verrückten Welt

Es ist mir eine große Ehre und Freude, heute auf dieser Festveranstaltung zu Ehren unseres Sekretars der Klasse Natur- und Technikwissenschaften, *Lutz-Günther Fleischer*, sprechen zu dürfen. Kann ich doch auf diese Weise meine enge Verbundenheit zeigen und ihm besonders herzlich gratulieren. Mit meinem Thema versuche ich, den vom Jubilar mit den Kategorien: Unbestimmtheit, Unsicherheit, Fehlerhaftigkeit und Fehlertoleranz in Natur, Technik und Gesellschaft gemachten Vorgaben weitgehend gerecht zu werden.

Fleischer schreibt:

„Diese Perspektive gewinnt unter den Bedingungen der veränderten Arbeitsteilung in der ‚Arbeitswelt 4.0‘ mit ihrem hochpotenten I&K-Instrumentarium sowie der digitalisierten und vernetzten Prozessführung in außerordentlich komplexen Systemen immens an ‚Gewicht‘ und erzwingt in wachsendem Maße das individuelle und gesellschaftliche Interesse.“ (Fleischer 2017, S. 33)

Über die gesellschaftlichen Konsequenzen der Informations- und Kommunikations-Technologien (I&K-Technologien, IKT) bzw. EDV wird schon lange gesprochen. Ein Interview zu diesem Thema von mir stammt vom Juni 1970, also vor 48 Jahren (vgl. Fuchs-Kittowski 1970; siehe Abbildung 1).

In der reißerischen Aufmachung des „Forum“ hieß es im Titelbild: „So sicher wie der nächste Sommer kommt sie für jeden: EDV. Wenn dies auch manchen frösteln macht wie ein Badebild im März.“ Wenn es sich auch nicht um eine Naturgewalt handelt, so doch, wie *Fleischer* verdeutlicht, um einen Prozess der Selbstorganisation (vgl. Fleischer 2017, S. 75f.).



Abbildung 1: Über die gesellschaftlichen Konsequenzen der EDV

Quelle: Archiv des Verfassers

Digitalisierung ist zu einem Schlüsselwort bei der Transformation in der Wirtschaft sowie allgemein in Organisationen und Gesellschaft geworden. Sie wird immer mehr zum Katalysator gesellschaftlicher Veränderungen in allen Bereichen unseres individuellen, sozialen und gesellschaftlichen Lebens. Diese 4. Revolution – die Informationsrevolution – berührt daher, wie die vorangegangenen wissenschaftlich-technischen Revolutionen unser Verständnis der äußeren Welt und unser Selbstverständnis (vgl. Fleischer 2017). Dies zeigt sich deutlich bei der Digitalisierung und Automatisierung der Arbeit von Operateuren in der Industrie sowie beim automatisierten Fliegen und Fahren (vgl. Fuchs-Kittowski 2016).

Wenn über Informatisierung bzw. Digitalisierung in einer verwundbaren Gesellschaft gesprochen wird, muss – genauer formuliert – von Wechselwirkungen zwischen Informatik und Gesellschaft gesprochen werden. Denn die Informatik wirkt nicht nur entscheidend auf die gesellschaftliche Entwicklung bzw. katalysiert sich schon vollziehende Transformationsprozesse in der Gesellschaft, sondern die Gesellschaft, die herrschenden sozialen und politischen Bedingungen, ihre Produktions- und Organisationsverhältnisse, wirken auch entsprechend auf die Entwicklung der Informatik. So ist die Entwicklung der Produktivkräfte eng mit der Entwicklung besonders effektiver Destruktivkräfte verbunden. Die Entwicklung der Informatik wurde somit, von Beginn an, entscheidend von der Rüstung im 2. Weltkrieg, vom Rüstungswettlauf im Kalten Krieg bestimmt und wird heute noch stark vom Militär beeinflusst, wie dies insbesondere vom Mitbegründer der Künstlichen Intelligenz-Forschung und Gesellschaftskritiker *Joe Weizenbaum* aufgezeigt wurde (vgl. Weizenbaum 1993, S. 34). Dies ist doch eine verrückte Welt, sagt er dazu.

Du sollst sicher fahren!



Forschungsauto Leonie von Volkswagen



Du sollst töten!



Kriegsroboter (MAARS ROV of Foster-Miller)



Autonome Flugzeug - ConceptPhoto/Chromas

Abbildung 2: Chancen und Risiken autonomer Systeme

Eigene Zusammenstellung aus verschiedenen Quellen¹

Diese verrückte Welt wirkt auf die Entwicklung der IKT. Bisher wurde dabei immer davon berichtet, dass die zivile Forschung von der militärischen profitiert hätte. Heute aber kehrt sich dies vielfach um (siehe auch Abbildung 2). Als mir der Zusammenhang zwischen dem autonomen Fahren und der Entwicklung von Kriegsrobotern bewusst wurde, rief ich 2014 meinen damaligen Doktoranden *Mukayil Kilic* an und fragte, was nehmt ihr bei eurer Forschung zum autonomen Fahren vom Militär? Er antwortete:

„Gar nichts. Das Militär nimmt höchstens etwas von uns, denn wir müssen viel präziser sein. Unser Auto muss entscheiden können, ob ein Karton vom Wind auf die Straße geweht wird oder ob ein Kinderwagen auf die Straße rollt. So fein muss ein Kriegsroboter nicht unterscheiden und reagieren können.“²

Wenn im Folgenden davon gesprochen wird, dass bei den selbstfahrenden Autos oder den autonom in See stehenden Schiffen der Mensch immer noch die letzte Verantwortung haben sollte, dann gilt dies auch im Zusam-

1 U.a. aus „Bild der Wissenschaft“, Nr. 6/2018, S. 22f.

2 Persönliche Mitteilung. *Kilic* leitete zu jener Zeit für VW die Einführung des Car-Sharing in China und ist heute mit der Einführung des autonomen Fahrens beschäftigt.

menhang mit dem Einsatz bewaffneter Drohnen und anderer autonomer Killerwaffen. Man sollte aber beachten, dass diese richtige These dort oftmals verfälscht und als Beruhigungsmittel benutzt wird.

Die Gefahr, vor der schon *Albert Schweitzer* warnte, dass Automaten über die Fragen der Menschheit – Krieg oder Frieden – entscheiden (vgl. Schweitzer 1971), ist noch verstärkt worden – die Warnung von *David Parnas* „die Software ist nicht getestet, ein Krieg aus Zufall wird immer wahrscheinlicher“ (Parnas 1985) muss jetzt unbedingt gehört werden. Es gilt, eine internationale Kontrolle dieser Entwicklung durchzusetzen. Dies fordern unsere Mitglieder *Hans-Jörg Kreowski* (vgl. Kreowski/Meyer-Ebrecht 2014) und *Wolfgang Coy* (vgl. Coy 2010) gemeinsam mit vielen anderen, mit Nachdruck.

Die Situation ist äußerst gefährlich. Jetzt wird schon eine atomare Bewaffnung Deutschlands öffentlich gefordert (vgl. Hacke 2018). Gegen die Veröffentlichung eines solchen kriegstreiberischen Artikels habe ich protestiert (vgl. Fuchs-Kittowski 2018a). Vom Chefredakteur erhielt ich eine durchaus verständnisvolle, wenn auch nicht voll übereinstimmende Antwort: Sie wollten Nachdenken darüber fördern (vgl. Huth 2018). Vielleicht kann sich daraus auch Protest entfalten.

Im Jahr 2017 wurde die „Internationale Kampagne zur Abschaffung von Atomwaffen“ (ICAN) mit dem Friedensnobelpreis geehrt. In der UNO wurde eine Resolution zum Verbot der Atomwaffen beschlossen, welches von mehr als 130 Staaten unterschrieben wurde. Aber Staaten, auf die es ankommt, haben nicht unterschrieben und auch Deutschland hält sich heraus. Ist dies nicht wirklich eine verrückte Welt?

2 Automation von Arbeitsprozessen als sozialer und gesellschaftlicher Prozess – Mit seinen inhärenten Unbestimmtheiten, Unsicherheiten und Ungewissheiten sowie nicht intendierte Folgen

Norbert Wiener schrieb in seinem berühmten Buch „Human Use of Human Beings“, in dem er sich wohl als Erster der führenden Kybernetiker mit den sozialen Wirkungen der Automation in den Fabriken auseinandersetzt (Wiener 1952, S. 27 – Hervorhebung: KFK):

„Es ist einfacher, eine Galeere oder eine Fabrik in Gang zu setzen, die menschliche Individuen nur mit einem geringen Bruchteil ihres Wertes beansprucht, als eine Welt zu schaffen, in der sie sich voll entfalten können. Die Machtsüchtigen glauben, die Mechanisierung des Menschen sei ein einfacher Weg zur Verwirkli-

chung ihres Machtkomplexes. Ich behaupte, dass dieser bequeme Weg zur Macht in Wirklichkeit nicht nur alle ethischen Werte der Menschen zerstört, sondern auch unsere heute sehr geringen Aussichten für einen längeren Bestand der Menschheit vernichtet.“

Wir haben zwischen verschiedenen Automatisierungsstrategien zu unterscheiden. Da aber die Entscheidung für die eine oder andere Strategie nicht vorgegeben ist, wurde und wird immer wieder ein intensiver Paradigmenstreit geführt. Die Entscheidung für die eine, vorrangig technisch orientierte, oder die andere, vorrangig am Menschen orientierte, Strategie muss immer wieder begründet werden.

Mit Abbildung 3 soll verdeutlicht werden, welcher gewaltige, oftmals unerwartete technisch-technologische Fortschritt in relativ kurzer Zeit erreicht wurde. Es soll dann aber insbesondere auch gezeigt werden, dass die Automatisierung als ein sozialer und gesellschaftlicher Prozess zu verstehen ist, dass es nicht genügt, nur auf den höchsten Stand der technisch-technologischen Entwicklung zu blicken, denn der höchste Stand der Automatisierung als ein gesellschaftlicher Prozess ist die erreichte Mensch-Computer-Kombination. Diese wurde von uns als Stufe der dynamischen Automatisierung bezeichnet (vgl. Fuchs-Kittowski et al. 1975).

Der *erste Teil* von Abbildung 3 ist eine Erweiterung eines Schemas von *Georg Klaus* (vgl. Klaus 1960; vgl. auch Hacker et al. 1968) um die Stufe der dynamischen Automatisierung. *Klaus* will mit seinem Schema vor allem den Unterschied zwischen Handwerk, Mechanisierung und Automatisierung verdeutlichen. Wir wollen darüber hinaus noch innerhalb der Automatisierung zwischen statischer, flexibler und dynamischer Automatisierung unterscheiden. Im Schema von *Klaus* stellte der damalige Roboter die höchste Stufe der Automatisierung dar. Die Erweiterung wurde 1973 auf dem Weltkongress für Philosophie in Warna vorgestellt (vgl. Fuchs-Kittowski et al. 1973). Flexible Automatisierung bedeutet den jeweils höchsten Stand der Automatisierung aus der Sicht der Technik. Dynamische Automatisierung unterstreicht die Notwendigkeit der weiteren Einbeziehung der schöpferischen Kräfte des Menschen – einer sinnvollen Kombination von Automat und Mensch – und das Verständnis der Automatisierung als einen sozialen und gesellschaftlichen Prozess (von uns auch als Orgware-Konzept bezeichnet; vgl. Fuchs-Kittowski 1991).

Mit dem *mittleren Teil* der Abbildung 3 beginnt die Etappe des dezentralen, lokal und global vernetzten Einsatzes der modernen Informations- und Kommunikationstechnologien (IKT). Durch die Vernetzung wird es insbe-

Zielfähigkeit der kopernik-gestaltigen Grundaktivitätsprozess zur Orientierung des Menschen in Körper-pod., Tätigkeit	ZIELSYSTEM		UNMITTELBARER FERTIGUNGSPROZESS		ETAPPENCHARAKTERISIERUNG	
	Zielbestimmung Wertfestlegung	Rechenmathematische Interaktion und Kommunikation (Koordination)	Zielumsetzung Wiederholung (Formulierung des Auftrages)	Fachkenntnis (Zielbestimmung) zur Durchführung des Auftrages		
WERKZEUG	Klassische MASCHINE					HANDWERK
	Klassische bzw. Statischer					
	Adaptiver (algorithmisch lernend)					
	Dynamisch automatisiertes SYSTEM					
	Workflow Dialogsystem (statisches Netz)					
AUTOMATEN-NEZTE	Kooperation Vorgangssystem (flexibles Netz)					Statische Ablaufsteuerung Flexible Ablaufsteuerung
	Kombination von Steuerung und Selbstorganisation (dynamisches Netz)					
	Automaten algorithmische Aufgabenabarbeitung					
AUTOMATISIERUNG	Nutzer — Technologie (Umwelt/ Natur)					Statische Automatisierung und erste Stufen der Automatisierung
	Selbst-Führendes System algorithmisieren Lernende Neuronale Netze					
	Technologie — Technologie (Ab- bzw. Engrenzung der Umwelt)					
Technologie Interface — Technologie Interface des Verfügbarkeitsfahrers					Voll- Automatisierung durch starke Intelligenz Level 4 und Level 5 Dynamische Automatisierung situative Ablaufsteuerung durch autonome Systeme unter Kontrolle des Menschen	

Abbildung 3: Ersetzung, Unterstützung und Neusetzung menschlicher Arbeit in den verschiedenen Etappen der Automatisierung

Eigene Darstellung

sondere möglich, zuvor taylorisierte Arbeitsprozesse aufzuheben und Gruppenarbeit zu unterstützen. Wenn aber der Workflow wie ein Fließband arrangiert ist, wird auch hier die Bewältigungsform der Arbeitsaufgaben durch die Technologie und die Arbeitsmittel erzwungen. Daher wird auch diese Etappe der Automation in statische, flexible und dynamische Automation unterteilt (vgl. Fuchs-Kittowski/Fuchs-Kittowski 2002). In den beiden anderen Phasen wird die Arbeitstätigkeit nicht vollständig determiniert. Sie können immer auch von Wissen und Können und von der Motivation der Arbeitenden abhängig sein. Der Handlungsspielraum ist im Fall der dynamischen Automatisierung am größten, muss aber durch entsprechende Qualifizierungsmaßnahmen gesichert werden, so dass die Arbeitenden den objektiven Handlungsspielraum auch erkennen und angemessen nutzen können.

Im *unteren Teil* der Abbildung 3 wird auf die neue Etappe der Automation, die Entwicklung autonomer Systeme – autonomer Agenten und Roboter – verwiesen und damit speziell auf die Möglichkeit des autonomen Fahrens. Noch ist es ein weiter Weg, von den unter speziellen Bedingungen ausgeführten Versuchsprojekten bis zur Entwicklung generell nutzbarer flächendeckender Systeme, mit einer entsprechenden Infrastruktur, deren Sicherheit und hohe Anforderungen an ihre Verfügbarkeit auch wirklich gewährleistet werden können. Daher verweist das Schema auf die Möglichkeit eines autonomen Fahrens bei entsprechender Ab- bzw. Eingrenzung der Umwelt, wie Sonderareale oder auch die Autobahn, bei der eine Zufahrt über spezielle Anschlussstellen möglich ist.

Das Schema macht weiterhin deutlich, dass schrittweise eine volle Automatisierung angestrebt werden kann. Nach Aussagen von Daimler Benz werden bisher die Anforderungen von Level 4 erreicht. Hier ist, wie auch bei allen Probefahrten mit Vollautomaten, immer noch ein Mensch dabei. Man spricht vom Vollautomat mit Verfügbarkeitsfahrer (vgl. Wachenfeld et al. 2015, S. 16). Auf dem noch nicht erreichten Level 5 soll das Fahren voll automatisiert sein. Doch auch hier sagen Fachleute, dass man aus der Analyse der Flugzeugunglücke für den noch viel komplexeren Großstadtverkehr gelernt hat, dass der Mensch weiterhin „in the Loop bleiben“, die letzte Verantwortung behalten muss (vgl. Färber 2015, S. 128). Wie dies zu realisieren ist, bleibt weitgehend offen. Es gibt aber auch Autoren, die sagen, dass der Sinn, der sich heute im Prinzip durchgesetzten Konzeption einer menschenzentrierten Automatisierung beim autonomen Fahren zu hinterfragen sei (vgl. Wolf 2015, S. 106). Es wird jedoch immerhin noch darüber diskutiert, ob in komplizierten Situationen, wie beim Flugverkehr, noch eine Leitzentrale zur Hilfe gerufen werden kann. Ein Anforderungsfahrer wäre dann

ein völlig neu entstehender Beruf. In Abbildung 3 wird angedeutet, dass wenn sich das autonome Fahrzeug nicht dauerhaft in einem abgegrenzten Bereich oder wie heute schon, sich auf Schienen bewegt, das Fahrzeug über ein Display verfügt, welches den Fahrer über die Verkehrssituation umfassend informiert.

Die Erweiterung des Schemas von *Klaus* wurde schon damals damit begründet, dass es sich bei dem flexiblen Roboter um ein formal (algorithmisch) lernendes System handelt. Er kann daher eine endliche Potenz von Möglichkeiten für die selbständige Formulierung eines Informationsverarbeitungsauftrages ausbilden. Es war eine wichtige Leistung der Kybernetik, diese Lernfähigkeit technischer Systeme zu beweisen und technisch zu realisieren. Der lernende Automat verfügt somit über verschiedene Möglichkeiten, jedoch nur über diese, entsprechend der Umweltsituation die Arbeitsabläufe zu steuern. Durch „deep learning“ auf der Grundlage mehrschichtiger Neuroner Netze und großer Datenbanken ist die formale Lernfähigkeit der Automaten heute noch enorm gesteigert worden und doch, wenn die Anforderungen über die in der ausgebildeten und sich ausbildenden Potenz enthaltenen Möglichkeiten hinausgehen, wie insbesondere in riskanten Situationen, versagen auch diese modernen Automatentypen. Aufgrund dieser Begrenzung ist es, insbesondere in den hochkomplexen, riskanten informationstechnologischen Systemen, erforderlich, die schöpferische Aktivität des Menschen einzubeziehen, um eine höhere Potenz zur Formulierung der Informationsverarbeitungsaufgabe zu ermöglichen. In dem Sinne sprechen wir von dynamischer Automatisierung. Es ist die Stufe eines generierenden Dialogs zwischen Mensch und Computer (vgl. Fuchs-Kittowski et al. 1976).

Hierzu ist es wichtig zu erkennen, dass, wie Abbildung 3 zeigt, der Roboter – als höchster Stand der technischen Entwicklung – seine Werte weiterhin vom Menschen erhält. Kreativität (d.h. Erzeugung echt neuer Informationen und Wertbildung) ist eine spezifische Eigenschaft des Lebenden, in besonderer Weise eine menschliche Leistung. Wenn anerkannt wird, dass der Mensch die einzig schöpferische Produktivkraft ist, wird man eine sinnvolle Kombination der spezifischen Leistungsfähigkeit des Computers mit der spezifischen Leistungsfähigkeit des Menschen zu einer flexibleren, dynamischen, noch leistungsfähigeren Einheit anstreben. Heute wird von einigen Autoren, speziell im Zusammenhang mit den Kriegerobotern, behauptet, dass selbst die Wertbildung von den Robotern übernommen werden könnte (vgl. Fuchs-Kittowski 2015). Solche Übertreibungen, Fehlurteile und Computermythen haben einen reduzierten, substantialisierten bzw. verdinglichten Informationsbegriff zur Grundlage.

International wurde mit der globalen, digitalen Vernetzung eine neue Stufe der Ersetzung, Unterstützung und Neusetzung menschlicher Tätigkeiten erreicht. Damit war ein heftiger Paradigmenstreit verbunden. Er betraf einmal die Erkenntnis, dass ein Rechner nicht nur zum Rechnen, sondern auch zur Kommunikation eingesetzt werden kann (vgl. Licklider/Taylor 1968) und zum anderen insbesondere die Frage nach der richtigen Automatisierungsstrategie: Nicht Ersetzung des Menschen, sondern ein interaktives Zusammenwirken von Automat und Mensch. Der Begriff der „Mensch-Maschine-Symbiose“ wurde insbesondere durch die Arbeit von *Joseph Carl Robnett Licklider* (dem Leiter der Entwicklung des ARPA-Net) eingeführt (vgl. Licklider 1960).³ Unser Beitrag auf der IASA-Conferenz (vgl. Fuchs-Kittowski et al. 1975), an der entscheidende Entwickler des ARPA-Nets teilnahmen, fand gute Aufnahme, da der Grundgedanke einer sinnvollen Kopplung maschineller (syntaktischer) und menschlicher (semantischer) Informationsverarbeitung, ohne dass wir dies zuvor wussten, mit dem von *Licklider* vertretenen Grundkonzept übereinstimmte.

Da in der Entstehungsphase der globalen digitalen Netze der Zugang zum Netz noch sehr schwierig war, schlugen wir die Schaffung von Informationszentralen vor. Wie sich zeigte, entsprach auch dies *Lickliders* Annahme, dass es „Think Center“ geben muss.⁴ Aber auch *Licklider* musste für seine Vision der Mensch-Computer-Symbiose gegenüber der auf Großrechner orientierten Industrie und Vertretern der harten KI, denen es um die Ersetzung des Menschen ging und geht, kämpfen, wie u.a. *Herbert Dreyfuss* berichtete (vgl. Dreyfuss 1985, S. 37).

3 Zum Verständnis der Information: Keine Substanz sondern ein Verhältnis – Nicht außerhalb und unabhängig vom Lebenden entstanden

Nach einer weit verbreiteten Auffassung ist Information eine Substanz, die man aufnehmen, transportieren, ja speichern kann wie einen materiellen Gegenstand. Sie wird auch begriffen als eine objektive physikalische Größe, die unabhängig vom Menschen (oder einem anderen Empfänger) existiert. *Information ist aber keine Substanz, sondern ein Verhältnis zwischen Sender und Empfänger.*

3 Die Überlegungen von *Klaus* zur „Mensch-Maschine-Symbiose“ sind früher und somit unabhängig von den Arbeiten von *Licklider* entwickelt worden (vgl. Klaus 1962).

4 „Die Autoren haben Recht, ist das technische Netz fertig, besteht das eigentliche Netz aus Informationszentralen“, wurde auf der Konferenz von dem Erfinder des „Packet switching“ *Donald Davies* zu unseren Ausführungen festgestellt.

Walter M. Elsasser formulierte den Gedanken, dass jeder Theorie ein Grundkonzept zugrunde liegen muss. So wie der Quantentheorie das Konzept der Quanten zugrunde liegt, sollte einer Theorie der Biologie das Konzept der Kreativität zugrunde gelegt werden: Der Begriff der Kreativität sei aber zu vage, denn er erkläre in der Natur nichts. Wir sollten daher von Informationsentstehung sprechen. Damit lasse sich der Begriff der Kreativität präzisieren, stellt *Elsasser* fest (vgl. *Elsasser* 1987, 1998).

Die Kybernetik wie auch die technische Informatik setzen die Existenz der Information immer schon voraus, nach ihrer Entstehung wird nicht gefragt. Dies kann jedoch nicht ausreichen, wenn es um die Entstehung und Entwicklung des Lebens und um den Einsatz von Computern und Computernetzen in sozialer Organisation geht. Will man das Wesen der Information ganz erfassen, muss man auch ihre Entstehung beachten. Dazu ist das Zusammenwirken von Syntax, Semantik und Pragmatik der Information als drei qualitativ unterschiedene und sich wechselseitig bedingende Prozessstufen der Informationserzeugung und -nutzung zu erfassen (*Fuchs-Kittowski, Rosenthal, 1998*).

Informationsentstehung und dynamische Erhaltung der Information über längere Zeit im Gedächtnis sind als Grundbegriffe einer Theorie der Biologie, der Informatik wie auch einer Theorie der sozialen Organisation zu verstehen (vgl. *Fuchs-Kittowski 1998*). Ihre Klärung kann zu einer Vertiefung der Methodologie biologischer Forschung, der Methodologie der Informationssystemgestaltung in sozialer Organisation sowie zu einem humanistischen Menschenbild beitragen. Mit dem Verständnis der Entstehung, Verarbeitung und Erhaltung der Information, des Unterschieds von Speicher und Gedächtnis, lässt sich die Dialektik von Gemeinsamkeit und Unterschied von Automat und Mensch erfassen (vgl. *Fuchs-Kittowski 1997*). Es ist ein entscheidender Wechsel (Paradigmenwechsel) im Verständnis der Information zu vollziehen: von einer Sichtweise der Information als Einfluss der externen Umwelt auf das System zu einer Sichtweise, nach der (auf der Grundlage auch von Umweltsignalen) Information im System (intern) entsteht.

Information im Sinne einer Wirkungen organisierenden Wirkung ist mit der Selbstorganisation verbunden (vgl. *Ebeling/Feistel 2014; Ebeling, 2016; Fuchs-Kittowski 2018b; Hofkirchner 2013*): *Fleischer* hat im heutigen Vortrag in der Klasse Naturwissenschaften und Technikwissenschaften eine Definition der Information gegeben, mit der der Versuch unternommen wird, eine Reihe der hier genannten Charakteristika der Information zusammenzufassen. Es heißt (*Fleischer 2018*):

„Die für die Information anzubietende *Arbeitsdefinition*, die den aktuellen Erkenntnisstand zu den Erscheinungsformen und Ausprägungen (des vermutlich autologischen) Definiendums im breiten Wortsinn ‚aufheben‘ (beseitigen, bewahren, auf ein höheres Niveau befördern) könnte, lautet: *Information (In-Formatio)* – Fundamentale physikalische Kategorie, *sich im basalen stochastischen Prozess der Selbstorganisation* vermittels des *Informationswechsels* formierende und organisierende komplexe Struktur höherer Ordnung mit der Fähigkeit zur funktionalen Rückkopplung sowie einer inhärenten und/oder superponierten, (wenigsten intersubjektiven) semiotischen Semantik (*Zeichenbedeutung*) und handlungsaktivierenden *Zeichenwirkungen* (Pragmatik, Praxis). Diese *trialektische Information* besitzt drei eigentümliche, aber komplementäre und nur theoretisch zu trennende Glieder: folgerichtig einen *syntaktischen (Struktur)*, einen *semantischen (Bedeutung)* und *einen pragmatischen (Wirkung)* Aspekt (vgl. Fuchs-Kittowski 1997).“

4 Zu Konsequenzen aus der Auswertung von Reaktor-, Flugzeug- und Schiffunglücken – Die Paradoxie der Sicherheit

Entgegen dem Mythos von der Exaktheit und Verlässlichkeit der Computersysteme und digitalen Netze sind diese in Wirklichkeit recht störanfällig. Daher kann die Verlässlichkeit von Computersystemen und ihre Vernetzung nicht einfach vorausgesetzt werden. Dies gewinnt besondere Bedeutung bei solchen Systemen, deren Versagen mit großem Risiko für die menschliche Gesellschaft verbunden ist. Immer mehr Menschenleben werden abhängig vom genauen Funktionieren solcher Systeme wie Luft-, Wasser- oder Boden-Transport-Kontrollsysteme, Waffensysteme für Angriff und Verteidigung wie auch Gesundheitsversorgungs- und Diagnosesysteme.

Die Erfahrung mit der Einführung und Nutzung hochkomplexer, riskanter informationstechnologischer Systeme zeigt deutlich, dass ihre Komplexität eine entscheidende Ursache für Fehler sein kann, wie auch die eingesetzte Software Risiken in sich birgt. Dies führt zu einer erhöhten Verletzlichkeit der Informationssysteme sowie der sozialen Organisation, in der und für die sie funktionieren sollen.

Die Frage nach Risiken und Sicherheit in hochkomplexen informationstechnologischen Systemen (wie Flugkörper, Schiffe, Atomreaktoren, Intensivstationen) sind bisher stark auf die technischen Aspekte konzentriert und tragen der sozialen und organisatorischen Praxis der Menschen zu wenig Rechnung, die gerade auch in Notfallsituationen diese High-tech-Systeme bewältigen müssen. Dies ist aber die zentrale Frage für die Informatik, Systemgestaltung und Softwareentwicklung, wenn man den Problemen der Si-

cherheit wirklich Rechnung tragen will. Dabei ist insbesondere die Erkenntnis zu beachten, dass gerade bei den hochkomplexen informationstechnologischen Systemen *Fehler in der Interaktion zwischen Mensch und Computer die entscheidende Ursache* für mögliche Unfälle darstellen und das Versagen somit nicht einfach, wie bisher weithin üblich, auf menschliches oder technisches Versagen abgeschoben werden kann.

Nach Untersuchungen des Technik- und Organisationssoziologen *Charles Perrow*, dem Leiter der vom Präsidenten der USA eingesetzten Untersuchungskommission des Beinahe-Reaktorunfalls in Harrisburg, erweist sich die Kombination von hochgradiger Komplexität und starrer Kopplung, wie sie in Kernkraftwerken sowie in der Schifffahrt u.a. anzutreffen ist, als gefährlich (vgl. Perrow 1992). Indem Komplexität und Kopplungsgrad der Anschlüsse zwischen Teil-Abläufen als unabhängige Variable mit dem Risikograd in Beziehung gesetzt wurden, konnte mit diesen technik- und organisationssoziologischen Ansätzen gezeigt werden, dass starre Kopplungen in komplexen Zusammenhängen risikoreich sind (vgl. Kornwachs 2015, S. 32ff.). In diesem Sinne sind z.B. auch die durch „Softwarezement“ hergestellten festen Bindungen in komplexen Organisations- oder Produktionsabläufen risikoreicher als nicht festgelegte, wo die Selbstheilungsfähigkeit der Gesamtorganisation durch Selbstorganisation nicht behindert wird.

Erfahrungen mit der Verlässlichkeit und Exaktheit von Computersystemen und der damit verbundenen erhöhten Verletzlichkeit sozialer Organisation zeigen eine Situation, die als „Paradoxie der Sicherheit“ charakterisiert werden kann: Zur Gewährleistung größerer Sicherheit wird immer mehr Automatisierungstechnik in gesellschaftliche Arbeits- und Lebensprozesse einbezogen. Zugleich wächst damit jedoch die Abhängigkeit von der Automation, womit neue Sicherheitsprobleme erzeugt werden. Dies ist die entscheidende Erfahrung von Piloten und Kapitänen, von Operateuren in Kraftwerken, praktisch von allen Anlagenfahrern. Es entstehen hochkomplexe informationstechnologische Systeme, Mensch-Computer-Interaktionssysteme, deren unterschiedliche Komponenten in ihrer Spezifik zu erfassen und in ihrem Zusammenwirken als eine neue, leistungsfähigere, aber auch empfindlichere Einheit zu behandeln sind.

Die wichtige Erfahrung ist, dass der Mensch heute ohne Unterstützung durch Automaten nicht mehr in der Lage ist, die Masse und Komplexität der Informationen über die zu kontrollierenden Systeme zu beherrschen. Die technischen Systeme sind ihm hinsichtlich der Sicherheit und Geschwindigkeit der zu verarbeitenden Datenmengen weit überlegen.

Es sind jedoch auch die Situationen zu beachten, in denen der Mensch die Verantwortung übernehmen bzw. auf jeden Fall behalten muss. Dies gilt insbesondere für Risikosituationen, die allein auf der Grundlage formaler Regelsysteme nicht beherrscht werden können. Wogegen der Mensch, auf der Grundlage komprimierter Erfahrung – Intuition – in unvorhersehbaren Situationen bei hoher Motivation und Bildung und geringem Stress effektivere Entscheidungen als die Maschine treffen kann.

Die Erkenntnis, dass der Mensch, auch bei einem vollautomatisierten Prozess, wie einem vom Autopiloten geleiteten Flug, oder einer vollautomatisch gesteuerten Anlage, wie z.B. im Stickstoffwerk Piesteritz, letztlich in der Verantwortung bleiben muss, ergab sich aus der Auswertung einer Vielzahl von Havarien, wie z.B. des Warschauer Flugzeugunglücks. Dies ist durch die jüngsten Boeing-Abstürzen nur erhärtet worden. Die Situation von Anlagenfahrern kann der von Piloten sehr ähnlich sein. Darüber wird jedoch viel weniger gesprochen. Spätestens seit dem Beinahe-Reaktorunfall in Harrisburg und dem Gutachten von Perrow dazu (vgl. Perrow 1992) wissen die Automatisierungstheoretiker und -praktiker, dass die zuvor manchmal sogar euphorisch vertretene und im Rahmen der Diskussion um die Entwicklung der Industrie 4.0 wieder belebte Diskussion zur Automatisierungskonzeption der Vollautomation bzw. Superautomation, im Sinne einer vollständigen Ersetzung des Menschen durch den Computer, zu hinterfragen ist.

5 Zur Stellung und Verantwortung des Menschen beim autonomen Fahren

Mit der Entwicklung der autonomen Systeme – dem autonomen Roboter in der Industrie, im Verkehr und anderen Lebensbereichen – wird eine neue Qualitätsstufe des wissenschaftlich-technischen Fortschritts, eine neue Stufe der Ersetzung, Unterstützung und Neusetzung menschlicher Tätigkeiten erreicht. Wenn mit dieser erfolgreichen Entwicklung der Robotik und KI-Forschung von autonomen Systemen gesprochen wird, da sie sich selbständig mit ihrer Umwelt auseinandersetzen und auch in diese eingreifen können, ist dies nicht mit der Autonomie des Menschen zu verwechseln, die Ausdruck der Willensstärke zur Aufrechterhaltung seiner Menschenwürde ist.

Mit der Entwicklung des autonomen Fahrens ergeben sich viele neue Möglichkeiten, die heutige Verkehrssituation günstiger zu gestalten und die Anzahl der Verkehrstoten drastisch zu senken. Ob und wann man wirklich in naher Zukunft in ein vollautomatisiertes Fahrzeug steigen und die Fahrzeit zum Studium von Unterlagen und zum Versenden von E-Mail nutzen

kann, wie dies u.a. in einer großen Anzeige von Bosch in der „Welt am Sonntag“ vom 9. September 2018 angekündigt wird, hängt nicht nur von der technischen Entwicklung sondern auch stark von einer entsprechend gestalteten Umwelt ab, wie auch davon, ob man wirklich auf Aktivitäten des Fahrers völlig verzichten kann und will, ob es eine gesellschaftliche Akzeptanz einer Anzahl durch Roboterautos getöteter Menschen geben wird.

Störungen im Betrieb der Fahrzeuge, auch bei redundant vorhandenen Funktionen und einer Reihe möglicher Störungen bei der Erfassung und Verarbeitung der Daten aus der Vielzahl der neuen Datenquellen im Fahrzeug und aus der Umwelt sowie des Netzes, können nicht vollständig ausgeschlossen werden. Damit gibt es auch weiterhin Gefährdungen von Personen (vgl. Kilic 2016). Dem trägt die Novellierung des Straßenverkehrsgesetzes (StVG) vom 21. Juni 2017 Rechnung. Dieses Gesetz des Bundestages ermöglicht rechtlich beides, sowohl den Fahrer als auch den Computer am Steuer eines Fahrzeuges. Die Novelle beschränkt sich auf die Regelung der Level 3 und 4. Somit ist es dem Fahrer erlaubt, die Kontrolle an das Fahrzeug abzugeben und sich anderen Aufgaben zu widmen. Dies jedoch nur unter der Bedingung, zu jeder Zeit eingreifen zu können (vgl. BR 2017).

„Unter diesen Bedingungen ist das autonome Fahren auf Level 5 in Deutschland bis auf weiteres definitiv ausgeschlossen. In Level 4 dagegen zumindest prinzipiell erlaubt; der Umsetzung steht aber derzeit noch die UN/ECE-Regelung Nr. 79 (vgl. EU 2018) entgegen“,

stellt *Rebecca Pressler* dazu fest (Pressler 2018). Dies klingt so, als sei Level 5 in unmittelbarer Reichweite und nur die Gesetze verhindern dies noch. Das ist zumindest die uns aus Kalifornien wiederholt erreichende Information.

Wie *Markus Maurer* betont, ist die

„Grundlage für das von einer Arbeitsgruppe bei Daimler Benz entwickelte Konzept des Verfügbarkeitsfahrers die technische Definition des Automatisierungsgrads ‚vollautomatisiert‘ nach Bundesanstalt für Straßenwesen (BASt; vgl. Gasser et al. 2012) und zusätzlich durch das Verständnis der ‚Selbstbestimmung im Rahmen eines übergeordneten (Sitten-)Gesetzes‘ (Feil 1982, S. 87) in Anlehnung an *Immanuel Kant* beschrieben“ (vgl. Maurer 2015, S. 3).

Im oberen rechten Bereich der Abbildung 4 sind ein hellgrauer und ein dunkelgrauer Kasten gezeichnet: „Fahrmission“ und „Safe Exit“. Diese liegen im hellgrauen Bereich. In der zweiten Hälfte der Abbildung 4 wird gezeigt, dass der Fahrzeugnutzer in alle Prozesse eingreifen kann, wobei die anderen Instanzen nur eingeschränkte Zugriffe/Eingriffe haben. Dies zeigt, dass der Fahrzeugnutzer in allen Ebenen die dominante Kraft ist.

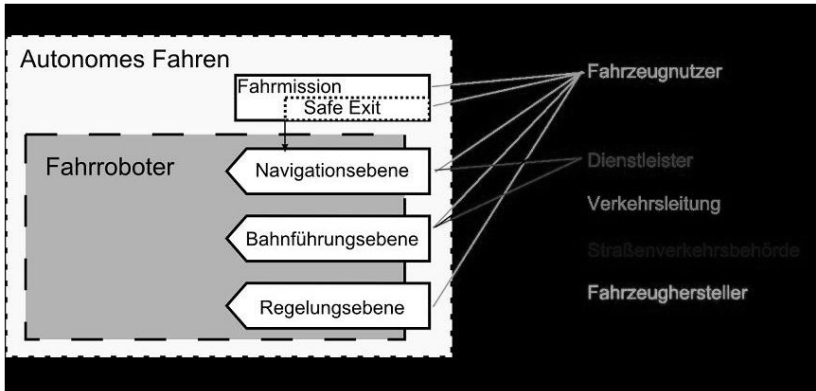


Abbildung 4: Konzept des Verfügbarkeitsfahrers von Daimler Benz

Quelle: Wachenfeld et al. 2015, S. 18

Es war früher und ist auch heute die zentrale Frage: Welche Stellung und Verantwortung hat der Mensch im hochkomplexen informationstechnologischen System? Unsere Antwort auf die Frage war und ist weiterhin: *Der Mensch ist die einzig kreative Produktivkraft, er muss Subjekt der Entwicklung sein und bleiben. Damit muss er auch letztlich in der Verantwortung bleiben.* Dieser grundsätzlichen Erfahrung aus der Analyse einer Vielzahl von Havarien wird im Zusammenhang mit der Entwicklung des autonomen Fahrens oftmals widersprochen. Dies ist nicht verwunderlich, denn erst wenn kein Fahrer mehr benötigt wird, würde autonomes Fahren erst wirklich effektiv, würde der unachtsame und aggressive Fahrer eliminiert und das Fahren wirklich bequem sein.

Daher wird gerade Level 5 weithin als die ideale Möglichkeit zur Erhaltung eines Stücks Lebensqualität für ältere Menschen, als Grundlage für Freiheit und Unabhängigkeit im hohen Alter, von interessierten Kreisen intensiv propagiert. Für die dringend erforderliche Veränderung der Verkehrssituation in unseren Großstädten erscheint zumindest das autonome Taxi, welches nach Anforderung fahrerlos herbeigerufen werden kann und – nach dem der Passagier an den gewünschten Ort gebracht wurde – auch selbständig wieder wegfährt, eine lohnendes regulatives Ideal. Es ist auch zu berücksichtigen, dass sich die Situation im Straßenverkehr wesentlich von der im Flugverkehr darin unterscheidet, dass wir es hier nicht oder nicht nur mit hochqualifizierten und motivierten Fahrern, sondern auch mit Trunkenbolden und Rasern zu tun haben.

In entsprechend abgegrenzten Bereichen, z.B. auf der Autobahn, wird Level 5 auch heute schon so realisiert.

Es gibt natürlich auch viele Beispiele dafür, dass Flugzeugunglücke durch eine verbesserte Immunität der Maschine hätten vermieden werden können (vgl. Roth 2016). Zur Bewältigung von Risikosituationen gilt es also immer der Immunität der Maschine und durch Diagnose des Kompetenzniveaus der Fähigkeit zur intuitiven Entscheidung Rechnung zu tragen (vgl. Blau et. al. 1989). Es bleibt jedoch immer auch die Situation, in der etwas Neues auftritt, das durch den Programmierer zuvor nicht berücksichtigt werden konnte.

Die jetzt neu geschriebene Geschichte von der legendären Landung des Menschen auf dem Mond zeigt, dass es nur gelang, weil eine Software geschrieben wurde, die noch einen Eingriff des Menschen ermöglichte, so dass die Landefähre noch über einen Mondkrater von Hand gesteuert werden konnte. Wie zu Recht hervorgehoben wird, tritt jetzt neben die beiden bisher für die erfolgreiche Mondlandung gefeierten Astronauten *Neil Armstrong* und *Buzz Aldrin* die Mathematikerin *Margaret Hamilton*, die die Steuersoftware der Mondfähre entwickelte. Die Würdigung der Leistung erfolgt erst nach 50 Jahren, da es nicht selbstverständlich war, eine Steuersoftware zu entwickeln, die einen Eingriff durch den Menschen zulässt. Es geschah gegen die vorherrschenden Vorstellungen der Raketenbauer, wie *Wernher von Braun*, die lieber die Raumfahrer in einer Rakete, wie in einem fest programmierten Fahrstuhl, zum Mond befördert hätten.

Daher ist das Konzept der Vollautomatisierung, nach dem der Mensch schrittweise vollständig aus dem Prozess eliminiert werden soll, als generelle Zielstellung verfehlt! Es gibt aber Teilbereiche in der Produktion wie auch in der Medizin und weiteren noch zu erschließenden Gebieten, in denen die menschliche Tätigkeit vollständig von Automaten übernommen werden kann. Solche Erfolge werden jedoch oftmals zu schnell verallgemeinert und popularisiert.

Zu beachten ist auch die Gefahr des Verlernens doch wieder erforderlicher Fähigkeiten, wenn man sich zu lange allein auf die Assistenzsysteme verlässt. Die amerikanische Luftfahrtbehörde hat erst vor kurzem angeordnet, dass die Piloten streckenweise ohne Autopilot fliegen müssen, damit sie weiterhin reale Flugerfahrung besitzen und nicht abgehängt werden. Wie immer offensichtlicher wird (vgl. u.a. Carr 2014), gilt dies auch für andere Berufe, in denen Assistenzsysteme eingesetzt werden und nicht weiterhin trainiert wird.

Bei der Konzipierung des autonomen Fahrens im Großstadtverkehr hat man trotzdem weithin, zumindest als regulative Idee, sich technisch schritt-

weise dem Ziel zu nähern, den Menschen aus dem Prozess der Steuerung des Fahrzeuges zu eliminieren, auf dem Level 5 wird das Konzept der Vollautomatisierung realisiert. Doch bleibt die Herausforderung, ein System zu entwickeln, welches letztlich noch einen Eingriff des Menschen ermöglicht. Ein „Anforderungsfahrer“, der in einer schwierigen Situation des autonomen Fahrzeuges zur Hilfe gerufen werden kann, wie auch ein Flugzeug vom Tower eingewiesen wird, ist als ein neuer Beruf schon im Gespräch. Wie kann aber in riskanten Situationen noch rechtzeitig eingegriffen werden, wenn nicht ständig die Aufmerksamkeit des Fahrers gefordert wird?

Level 5 ist jedoch definiert als ein fahrerloses Fahren, bei dem das Fahrzeug nur noch eine Zielvorgabe und die Freigabe zum Start erhalten soll, weder Fahrerlaubnis noch Fahrtüchtigkeit soll erforderlich, kein Lenkrad und Gaspedal mehr notwendig sein. Dies wäre damit im Prinzip nur noch durch die Gesetzgebung ausgeschlossen.

Der Gesetzgeber, der Ethikrat und auch die meisten Experten auf dem Gebiet der Automatisierung lassen sich dabei zu Recht vom Stand der Technik und besonders auch von der Erkenntnis leiten, dass Automatisierung ein sozialer Prozess ist. Dem heutigen flexiblen Roboter muss nicht alles vorgegeben werden, er kann formal (algorithmisch) lernen. Es zeigt sich aber, dass wir in den Unternehmen sowie im Verkehr Roboter brauchen, die den Schritt von einem statischen zu einem dynamischen Kontext vollziehen können, d.h. sie müssen immer noch besser lernen können. Kreatives Lernen ermöglicht es dem Menschen offensichtlich, sich in noch höherem Maße an sich verändernde Kontexte anzupassen. Er sollte daher letztlich die Kontrolle auch über den lernenden Roboter sowie über das autonome Fahrzeug behalten.

In der Diskussion zur Ethik im Zusammenhang mit dem autonomen Fahren wird zu Recht darauf verwiesen, dass schon das Grundgesetz verbietet, eine automatische Entscheidung zu treffen, wer im Zweifelsfall getötet werden soll – das kleine Kind auf der Straße oder die alte Frau am Straßenrand.

Wenn hier etwas automatisch entschieden wird und werden kann, ist es in der Tat ein Ausweichen nach der einen oder anderen Seite oder der sofortige Stopp des Fahrzeuges. Dies ist aber eben auch oftmals problematisch. Es entstehen komplexe Situationen, die algorithmisch nicht zu erfassen sind, vom Menschen aber beurteilt werden müssen. Sicher werden künftig im Großstadtverkehr alle Vorteile des teilautonomen Fahrens genutzt.

Eine differenzierte Betrachtung der gegenwärtigen Entwicklungen in der KI-Forschung führt nach wie vor zu der Erkenntnis, dass die Roboter auch heute nur in speziellen Fällen die Arbeit des Menschen alleine ausführen

können. Im Alleingang – also vollautomatisiert – kann und soll jeder Prozess ausgeführt werden, der in der Tat von den Algorithmen besser bewältigt werden kann als vom Menschen. In der Regel bleibt es jedoch dabei, dass wir es mit Assistenzsystemen zu tun haben, die dem Menschen einzelne Aufgaben abnehmen können. Ein wirklich autonomer Mensch kann sich nicht nur geschickt an sich verändernde Kontexte anpassen, sondern zeichnet sich dadurch aus, dass er sich selbst unter menschenunwürdigen Bedingungen, wie im Konzentrationslager (KZ), sein Menschsein nicht zerbrechen lässt.

Werner Kriesel formuliert einen „Kategorischer Imperativ der Automation“:

„Automatisiere stets so, dass die Maxime deines Willens und Tuns dem Prinzip eines allgemeinen Humanismus unterliegen.“ (Kriesel 2016, S. 427)

Literatur

- Blau, J. R.; Franke, A.; Wernstedt, J.; Fuchs-Kittowski, K. (1989): Diagnosis and Prognosis of the Competence of Man in Man-Machine Systems (on the Basis of Pilot Performance). In: Fuchs-Kittowski, K.; Hartmann, Chr.; Mühlenberg, E. (Hg.): Proceedings of the International IFIP-HUB-Conference on Information System, Work and Organization Design. Berlin (Humboldt-Universität zu Berlin, Sektion Wissenschaftstheorie und -organisation)
- BR – Bundesregierung (2017): Automatisiertes Fahren auf dem Weg. Berlin (Presse- und Informationsamt der Bundesregierung, 12. Mai). – URL: <https://www.bundesregierung.de/breg-de/aktuelles/automatisiertes-fahren-auf-dem-weg-326108>
- Carr, N. (2014): Abgehängt – Wo bleibt der Mensch, wenn Computer entscheiden? München, Wien
- Coy, W. (2010): Statement of the 2010 Expert Workshop on Limiting Armed Tele-Operated and Autonomous Systems. Berlin (Humboldt-Universität zu Berlin, Institut für Informatik). – URL: <https://euro-police.noblogs.org/2010/09/the-statement-of-the-2010-expert-workshop-on-limiting-armed-tele-operated-and-autonomous-systems-berlin-22nd-september/>
- Dreyfuss, H. L. (1985): Die Grenzen künstlicher Intelligenz. Was Computer nicht können. Königstein/Ts.
- Ebeling, W. (2016): Physik, Biologie, Technik und Selbstorganisation von Information. In: Fuchs-Kittowski, F.; Kriesel, W. (Hg.): Informatik und Gesellschaft. Festschrift zum 80. Geburtstag von Klaus Fuchs-Kittowski. Frankfurt/M. u.a.O., S. 48–57
- Ebeling, W.; Feistel, R. (2014): Selforganization of Symbols and Information. In: Nicolis, G.; Basios, V. (eds.): Chaos, Information Processing and Paradoxical Games. To the memory of John S. Nicolis. Singapore, pp. 141–184
- Elsasser, W. M. (1987): Creativity as a Property of Molecular Systems. In: Fuchs-Kittowski, K.; Gertenbach, D.: (eds.): System Design for Human Development and Productivity: Par-

- icipation and beyond. Proceedings of the IFIP TC9/WG9, 1st Conference, May 12.–15, 1986. Berlin (Akademie der Wissenschaften der DDR, Zentrum für gesellschaftswissenschaftliche Information), pp. 1–12
- Elsasser, W. M. (1998): Reflections on a Theory of Organisms – Holism in Biology. Baltimore EU – Europäischen Union (2018): Regelung Nr. 79 der Wirtschaftskommission der Vereinten Nationen für Europa (UN/ECE) – Einheitliche Bedingungen für die Genehmigung der Fahrzeuge hinsichtlich der Lenkanlage [2018/1947]. In: Amtsblatt der Europäischen Union, 14.12.
- Färber, B. (2015): Kommunikationsprobleme zwischen autonomen Fahrzeugen und menschlichen Fahrern. In: Maurer, M.; Gerdes, J. Chr.; Lenz, B.; Winner, H. (Hg.): *Autonomes Fahren – Technische, rechtliche und gesellschaftliche Aspekte*. Berlin u.a.O., S. 127–146
- Feil, E. (1982): Autonomie und Heteronomie nach Kant. Zur Klärung einer signifikanten Fehlinterpretation. In: *Freiburger Zeitschrift für Philosophie und Theologie*, Jg. 29/Heft 1–3, S. 389–441
- Feil, E. (1987): Antithetik neuzeitlicher Vernunft. „Autonomie – Heteronomie“ und „rational – irrational“. Göttingen
- Fleischer, L.-G. (2017): Technik, Technologie und Technisierung im menschlichen Weltverhältnis und Weltverständnis. In: Fleischer, L.-G.; Meier, B. (Hg.): *Technik & Technologie – techne cum episteme et commune bonum*. Berlin, S. 29–92 (Sitzungsberichte der Leibniz-Sozietät der Wissenschaften, Bd. 131)
- Fleischer, L.-G. (2018): Genuine und modifizierte Eigenschaften (speziell Bioaktivitäten) und technologische Funktionen sowie physikalisch-mathematische Modellierungen hydrokolloidaler Zustände und strukturwandelnder Prozesse (insbesondere Phasenübergänge) in biotisch und technisch-technologisch bedeutsamen Biopolymeren. Vortrag in der Klasse Naturwissenschaften und Technikwissenschaften am 11. Oktober 2018⁵
- Fuchs-Kittowski, K. (1970): Über die gesellschaftlichen Konsequenzen der EDV. Forumgespräch mit Dr. Klaus Fuchs-Kittowski, Stellvertretender Direktor der Sektion Ökonomische Kybernetik und Operationsforschung an der Humboldt-Universität. In: *Forum*, Heft 6
- Fuchs-Kittowski, K. (1991): Systems Design, Design of Work and of Organization. The Paradox of Safety, the Orgware Concept, the Necessity for a New Culture of Information Systems Design and Software Development. In: Besselaar, P. van den; Clement, A.; Järvinen, P. (eds.): *Information System, Work and Organization Design*. Amsterdam, pp. 83–97
- Fuchs-Kittowski, K. (1997): Information – Neither Matter nor Mind – on the Essence and on the Evolutionary Stage Concept of Information. In: *World Future*, No. 50. pp. 551–570
- Fuchs-Kittowski, K. (1998): Information und Biologie: Informationsentstehung – eine neue Kategorie für eine Theorie der Biologie. In: *Biochemie – ein Katalysator der Biowissenschaften*. Kolloquium der Leibniz-Sozietät am 20. November 1997 anlässlich des 85. Geburtstages von Samuel Mitja Rapoport. Berlin, S. 5–17 (Sitzungsberichte der Leibniz-Sozietät, Bd. 22/Heft 2)
- Fuchs-Kittowski, K. (2015): Emergence of Information and Value Formation – Important Categories for Theory Development – About the Idle but Wrong Attempt to Teach War Robots Ethics. In: *ISIS Summit Wien 2015, Extended Abstract*

5 Dieser Vortrag wird zeitnah in „Leibniz-Online. Zeitschrift der Leibniz-Sozietät e.V.“ veröffentlicht.

- Fuchs-Kittowski, K. (2016): Stellung und Verantwortung des Menschen in komplexen informationstechnologischen Systemen in Organisationen. In: *Wirtschaftsinformatik & Management*, Heft 2, S. 10–21
- Fuchs-Kittowski, K. (2018a): Brief an den Chefredakteur der „Welt am Sonntag“ Peter Huth. Berlin, 31.07.
- Fuchs-Kittowski, K. (2018b): Zur Entstehung und Erhaltung von Information in lebendiger Organisation – Grundkategorien einer Theorie der Biologie und der Informatik. In: *Leibniz Online. Zeitschrift der Leibniz-Sozietät e.V.*, Nr. 32. – URL: <https://leibnizsozietat.de/wp-content/uploads/2018/03/Fuchs-Kittowski.pdf>
- Fuchs-Kittowski, K.; Fuchs-Kittowski, F. (2002): Quality of Working Life, Knowledge-intensive Work Processes and Creative Learning Organisation – Information Processing Paradigm versus Self-organisation Theory. In: Brunstein, K.; Berleur, J. (eds.): *Human Choice and Computers: Issues of Choice and Quality of Life in the Information Society. IFIP 17th World Computer Congress – TC9 Stream/6th International Conference on Human Choice and Computers: Issues of Choice and Quality of Life in the Information Society (HCC-6)*. Montreal (IFIP Conference Proceedings), pp. 265–274
- Fuchs-Kittowski, K.; Kaiser, H.; Tschirschwitz, R.; Wenzlaff B. (1976): *Informatik und Automatisierung. Theorie und Praxis der Struktur und Organisation der Informationsverarbeitung*. Berlin
- Fuchs-Kittowski, K.; Lemgo, K.; Schuster, U.; Wenzlaff, B. (1975): Man/Computer Communication: A Problem of Linking Semantic and Syntactic Information Processing. In: *IIASA Workshop on Data Communication, September 15–19, International Institute for Applied Systems Analysis, CP-76-9, 2361. Laxenburg (IIASA)*, pp. 169–188
- Fuchs-Kittowski, K.; Rosenthal, H. A. (1998): Selbstorganisation, Information und Evolution. Zur Kreativität der belebten Natur. In: Frenzel, N.; Hofkirchner, W.; Stockinger, G. (Hg.): *Information und Selbstorganisation: Annäherung an eine vereinheitlichte Theorie der Information*. Innsbruck, Wien, S. 149–160
- Fuchs-Kittowski, K.; Tschirschwitz, R.; Wenzlaff, B. (1973): Mensch und Automatisierung – Methodologische Probleme auf dem Weg zur dynamisch automatisierten Informationsverarbeitung. In: *Deutsche Zeitschrift für Philosophie, Sonderheft „Beiträge zum XV. Internationalen Kongress für Philosophie, September 1973 in Warna“*, S. 104–120
- Gasser, T. M.; Arzt, C.; Ayoubi, M.; Bartels, A.; Eier, J.; Flemisch, F.; Häcker, D.; Hesse, T.; Huber, W.; Lotz, Chr.; Maurer, M.; Ruth-Schumacher, S.; Schwarz, J.; Vogt, W. (2012): *Rechtsfolgen zunehmender Fahrzeugautomatisierung*. Bremen (Berichte der Bundesanstalt für Straßenwesen, Heft F 83)
- Hacke, Chr. (2018): Der Elefant im Raum. In: *Welt am Sonntag*, 29.07. (Nr. 30), S. 4
- Hacker, W.; Skell, W.; Straub, W. (1968): *Arbeitspsychologie und wissenschaftlich-technische Revolution*. Berlin
- Hofkirchner, W. (2013): *Emergent Information. A Unified Theory of Information Framework*. New Jersey, London
- Huth, P. (2018): Antwortbrief vom Chefredakteur der „Welt am Sonntag“, 15.08.
- Kilie, M. (2016): Industrie 4.0 als Teil einer global vernetzten und verwundbaren Welt. In: Fuchs-Kittowski, F.; Kriesel, W. (Hg.): *Informatik und Gesellschaft. Festschrift zum 80. Geburtstag von Klaus Fuchs-Kittowski*. Frankfurt/M. u.a.O., S. 113–122

- Klaus, G. (1960): Maschinen – Automaten – Kybernetik. In: *Wissenschaft und Fortschritt*, Jg. 10/Heft 9, S. 321–325
- Klaus, G. (1962): Zur Soziologie der „Mensch-Maschine-Symbiose“. Eine kybernetische Betrachtung. In: *Deutsche Zeitschrift für Philosophie*, Jg. 10/Heft 10. S. 885–902
- Kornwachs, K. (2015): *Philosophie für Ingenieure*. München, Wien
- Kreowski, H.-J.; Meyer-Ebrecht, D. (2014): Der Missbrauch der Informationstechnik für die Revolution des Kriegsgeschäfts. In: Bittner, P.; Hügel, St.; Kreowski, H.-J.; Meyer-Ebrecht, D.; Schinzel, B. (Hg.): *Gesellschaftliche Verantwortung in der digital vernetzten Welt*. Berlin u.a.O., S. 81–99 (Kritische Informatik, Bd. 8)
- Kriesel, W. (2016): Zukunfts-Modelle für Informatik, Automatik und Kommunikation. In: Fuchs-Kittowski, F.; Kriesel, W. (Hg.): *Informatik und Gesellschaft. Festschrift zum 80. Geburtstag von Klaus Fuchs-Kittowski*. Frankfurt/M. u.a.O., S. 415–430
- Licklider, J. C. R. (1960): Man-Computer Symbiosis. *IRE Transactions on Human Factors in Electronics*. In: HFE-1, March, pp. 4-11 / reprinted in memoriam in: J. C. R. Licklider: 1915–1990. Palo Alto (Calif. Digital Systems Research Center), 1990, pp. 1–19. – URL: <http://memex.org/lick.html>
- Licklider, J. C. R.; Taylor, R. (1968): The Computer as a Communication Device, Science and Technology: For the Technical Men. In: *Management*, Vol. 76, April, pp. 21–31 / reprinted in memoriam in: J. C. R. Licklider: 1915–1990. Palo Alto (Calif. Digital Systems Research Center), 1990, pp. 21–41. – URL: <http://memex.org/lick.html>
- Maurer, M. (2015): Einleitung. In: Maurer, M.; Gerdes, J. Chr.; Lenz, B.; Winner, H. (Hg.): *Autonomes Fahren. Technische, rechtliche und gesellschaftliche Aspekte*. Berlin u.a.O., S. 1–8
- Parnas, D. L. (1985): Software Aspects of Strategic Defense Systems. In: *Communication of the ACM*, Vol. 28, No. 12, pp. 1326–1335. – URL: <https://web.stanford.edu/class/cs99r/readings/parnas1.pdf>
- Perrow, Ch. (1992): *Normale Katastrophen. Die unvermeidbaren Risiken der Großtechnik*. Frankfurt/M., New York
- Pressler, R. (2018): Im Alter mobil – mit autonom fahrenden Autos? In: *Alter(n)sgerechte Informatik. FlFF-Kommunikation*, Nr. 4 (Dez.), S. 42–47
- Roth, M. (2016): Immunsysteme in der biologischen, informationstechnischen und sozialen Evolution. In: Fuchs-Kittowski, F.; Kriesel, W. (Hg.): *Informatik und Gesellschaft. Festschrift zum 80. Geburtstag von Klaus Fuchs-Kittowski*. Frankfurt/M. u.a.O., S. 431–444
- Schröder Tim, (2018): Matrosen ade: Gehört die Zukunft autonomen Schiffen? In: *Bild der Wissenschaft*, 6, S. 22–26
- Schweitzer, A. (1971): Appell an die Menschheit [1957]. In: Schweitzer, A: *Ausgewählte Werke in fünf Bänden*. Bd. 5. Berlin, S. 564–577
- Wachenfeld, W.; Winner, H.; Gerdes, Chr.; Lenz, B.; Maurer, M.; Beiker, S. A.; Faedrich, E.; Winkle, Th. (2015): Use-Cases des autonomen Fahrens. In: Maurer, M.; Gerdes, J. Chr.; Lenz, B.; Winner, H. (Hg.): *Autonomes Fahren. Technische, rechtliche und gesellschaftliche Aspekte*. Berlin u.a.O., S. 9–37
- Weizenbaum, J. (1993): *Wer erfindet die Computermythen? – Der Fortschritt in den großen Irrtum*. Freiburg i. Br.

- Welt am Sonntag (9. September 2018): Wie automatisiertes Fahren den Verkehr sicherer macht. Bosch Anzeige
- Wiener, N. (1952): Mensch und Menschmaschine. Frankfurt/M., Berlin
- Wolf, I. (2015): Wechselwirkung Mensch und autonomer Agent. In: Maurer, M.; Gerdes, J. Chr.; Lenz, B.; Winner, H. (Hg.): Autonomes Fahren. Technische, rechtliche und gesellschaftliche Aspekte. Berlin u.a.O., S. 103–125