

Aspekte des Sicherheitsmanagement im zivilen Luftverkehr

1. Zum Begriff „Sicherheit“

Ein notwendiges Sicherheitsmanagement gründet sich auf der Prämisse und Erfahrung, dass es immer Sicherheitsrisiken und menschliche Fehler gegeben hat, gibt und auch weiterhin geben wird. Wenn auch aus der deutschsprachigen Fachliteratur nicht erkennbar ist, dass es eine eindeutige und einheitliche Definition zum Begriff Sicherheit gibt, sondern aus der Sicht verschiedener Nutzer unterschiedliche Beschreibungen, kann aber wohl für ein generelles Verständnis zur Sicherheit davon ausgegangen werden, dass hiermit im Sinne von Kuhlmann / 1 / ein *Maß an Gewissheit, nach dem denkbare Schäden nicht auftreten*, gemeint ist. Mit dem folgenden Bild 1 soll verdeutlicht werden, zu welchen anderen Begriffen der Begriff „Sicherheit“ semantisch korrespondierende Beziehungen hat:

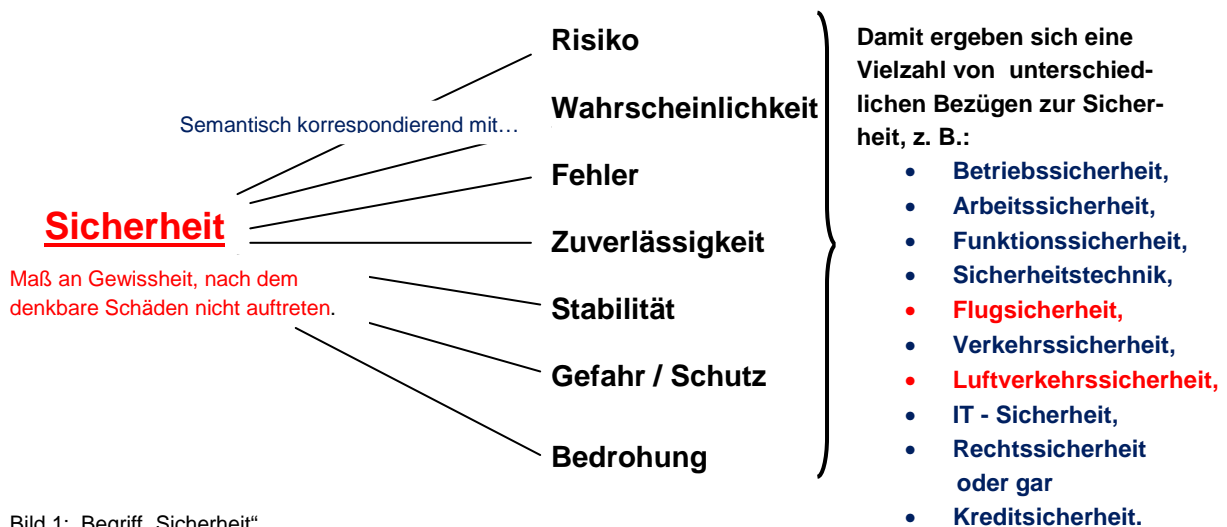
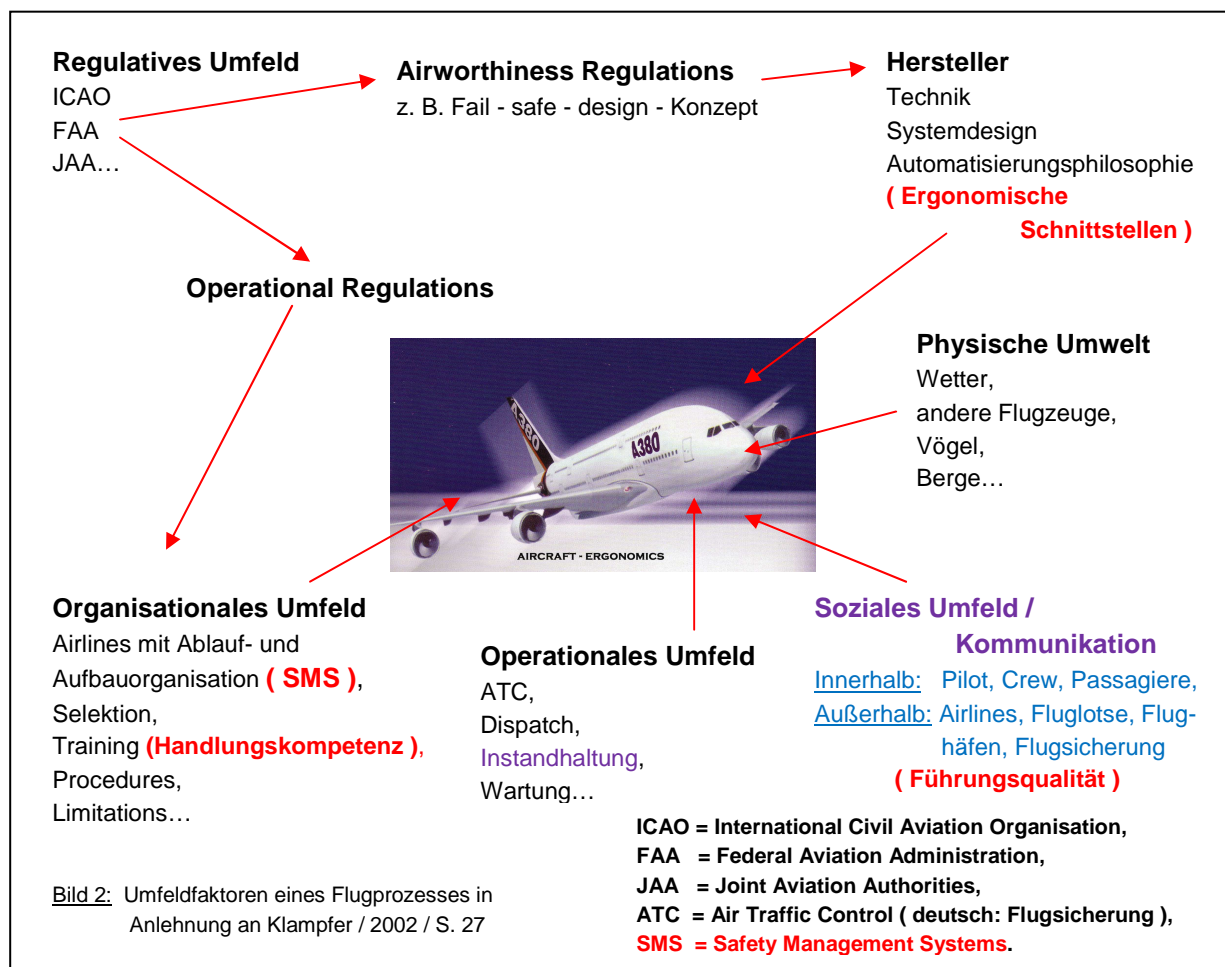


Bild 1: Begriff „Sicherheit“

Damit wird deutlich, dass der Begriff „Sicherheit“ so zu allgemein ist und demnach zum tatsächlich gewünschten Gegenstand inhaltlich, räumlich und zeitlich im Sinne einer systemischen Betrachtung so abgegrenzt werden sollte, dass damit der *eigentliche Luftverkehr, das Fliegen bzw. das aktive Flugzeug mit seinem interagierenden Umfeld* deutlich gemeint ist und verstanden wird.

In Anlehnung an Meyers Lexikon -1980 kann demnach unter *Flugsicherheit* ein *Zustand* des Unbedrohtseins, der sich objektiv im Vorhandensein von Schutz / Schutzeinrichtungen bzw. im Fehlen von Gefahr bzw. Gefahrenquellen darstellt und subjektiv als Gewissheit von Individuen bzw. sozialen Gebilden über die Zuverlässigkeit von Sicherungs- und Schutzeinrichtungen empfunden wird, verstanden werden. Dabei kann man im Luftverkehr von zwei *technischen Systemen* ausgehen: einerseits dem *Flugzeug* selbst und andererseits der *Verkehrslleittechnik*. Beide Systeme müssen aber so miteinander verbunden sein, dass der Flugreisende und die Crew von einer hohen Verkehrssicherheit ausgehen können.

Dass also allein der Flugzeughersteller im hohen Maße daran interessiert ist, die Sicherheit der Flugzeuge zu optimieren – und eben nicht nur als Verkehrsmittel für die Passagiere, sondern immer auch *gleichzeitig als Arbeitssystem für die Crew* – reicht demnach nicht. Es muss berücksichtigt werden, dass wir es im Flugverkehr mit einer grenzüberschreitenden Technologie zu tun haben. Der Luftverkehr ist vor allem durch seinen internationalen Charakter gekennzeichnet, was sich z. B. konkret auch in den Bestimmungen des internationalen Luftrechts äußert. Da die nationalen Rechtsvorschriften mitunter noch sehr unterschiedlich sind, ist die Wahrscheinlichkeit eines Flugzeugabsturzes z. B. in Mittel- und Südamerika etwa 10-mal höher als in Europa oder Nordamerika / 1 /. Die „*Internationale Civil Aviation Organisation*“ (ICAO) hat zwar im Ergebnis ihrer jahrelangen Bemühungen hierfür Fortschritte verzeichnen können, aber bis zum heutigen Tag ist es nicht zu weltweiten einheitlichen Sicherheitsvorschriften im umfassenden Sinne gekommen. Hierfür sind offensichtlich weltweit auch die jeweiligen unterschiedlichen Grundauffassungen zur Sicherheit und die unterschiedlichen wirtschaftlichen Möglichkeiten der einzelnen Länder noch zu groß. Daher ist das Bemühen zu begrüßen, wenigstens in Europa mehr Einheitlichkeit im Flugverkehr herzustellen. Richtig ist dabei auch, dieses Bemühen nicht nur auf das Flugzeug, sondern auf das gesamte System der Flugsicherung zu beziehen. Wie *komplex* diese systemische Betrachtung sein muss, zeigt das Bild 2:



Die im Bild 2 mit blauer und roter Schrift gekennzeichneten Faktoren wurden vom Verfasser zur Position von Klampfer / 2 / ergänzt. Diese Gesamtheit der Interdependenzen ist für den *Flugprozess* bedeutsam und damit *sicherheitsrelevant*. Trotz DIN 31619-2 und DIN 32541 muss davon ausgegangen werden, dass es z.Zt. keine allgemein gültige und akzeptierte Definition des Begriffes „Sicherheit“ gibt. Auch die Formulierung „Zustand des Geschützseins“ (Neues Deutsches Wörterbuch) bzw. die Relation zum Begriff „Risiko“ verbessert diese Situation nicht. Gesichert ist dagegen die Erkenntnis, dass es keine „absolute Sicherheit“ gibt und geben kann. Man kann in Anlehnung an DIN 31000 die Position vertreten, dass „Sicherheit“ als „*Sachlage, bei der die Schadenserwartung im sozio-technischen System noch nach vernünftigem Ermessen vertretbar ist*“ verstanden werden kann / 3 /.

Dorn / 4 / führt eine interessante Diskussion dahingehend, dass er den Begriff „Sicherheit“ auf unterschiedlichen Kontextebenen untersucht und dabei u. a. den Zusammenhang zum *modernen Menschenbild* sieht.

Auch die *Deutsche Flugsicherung (DFS)* / 5 / geht von einer bestimmten inhaltlichen Ausrichtung des Begriffes „Sicherheit“ aus. Da der deutsche Luftraum geografisch zentral in Europa liegt, muss man davon ausgehen, dass pro Tag viele tausend Flugzeuge durch diesen Luftraum fliegen. Dadurch bilden die Luftstraßen am Himmel über Deutschland ein erheblich dichteres Netz als z. B. die Autobahnen.

Nach § 27 c des Luftverkehrsgesetzes (LuftVG) sind deshalb durch den Gesetzgeber der DFS ihre spezifischen Aufgaben vorgegeben. Wichtig sind dabei:

- Schutz der Bevölkerung vor unzumutbarem Fluglärm,
- Flugroutenoptimierung,
- Vermeidung gefährlicher Flugzeugannäherungen.

Diese Aufgaben können nur durch eine entsprechende Koordination und Planung, auch mit den Nachbarländern, erfüllt werden. Wenn man davon ausgeht, dass etwa 2,2 Milliarden Passagiere jährlich das Flugzeug als Transportmittel wählen, es dafür weltweit etwa 2.100 Fluggesellschaften gibt, die mit einer Flotte von etwa 23.000 Flugzeugen mehr als 3.500 Flughäfen anfliegen und dabei von etwa 160 Flugsicherungsorganisationen kontrolliert werden, dann kann man sich schnell ein Bild vom Gefahrenzustand am Himmel machen. Dabei muss zusätzlich berücksichtigt werden, dass die Luftverkehrsdichte ständig wächst. Im Vergleich zu den 70er Jahren haben wir heute in Europa einen Zuwachs der Luftverkehrsdichte um das Vierfache, bezogen auf heute soll sie bis zum Jahr 2020 nochmals um das Zwei- bis Dreifache ansteigen. Dabei sind noch gar nicht die Belastungen durch den *militärischen Flugverkehr* und von *Weltraumflügen* berücksichtigt. Trotz der hohen Flugverkehrsdichte besonders im europäischen Luftraum ist statistisch gesehen bis zum heutigen Tag der Luftverkehr im Vergleich zum Straßenverkehr sicherer. Im Gegensatz zum Unfallgeschehen auf der Straße hat allerdings ein Flugzeugabsturz stets eine spektakuläre öffentliche Wirkung und beansprucht dadurch auch eine höhere öffentliche Aufmerksamkeit.

2. Sicherheits - Management - Systeme

Die vorangestellten Bemerkungen sollten deutlich machen, wie komplex und umfassend der Begriff „Sicherheit“ verstanden werden muss. Es ist deshalb sehr zu begrüßen, wenn sich die ICAO dieser Problematik auf internationaler Ebene so annimmt, wie es mit der Vorgabe des „Safety Management Systems (SMS)“ gemeint ist. Die Einführung des Sicherheits - Management - Systems (SMS) ist für alle 190 Vertragsstaaten verbindlich vorgesehen. Da *Sicherheit* damit als eine wesentliche *Führungsaufgabe* verstanden wird, wären unter diesem Aspekt die Voraussetzungen gegeben, dass potenzielle Gefahrenquellen in ihrer Komplexität prospektiv erkannt und beseitigt werden können bzw. deren Wirkungen kontrolliert begrenzt werden. Im Sinne der ICAO ergibt sich daraus ein SMS-Konzept, wie es im Bild 3 dargestellt wird.

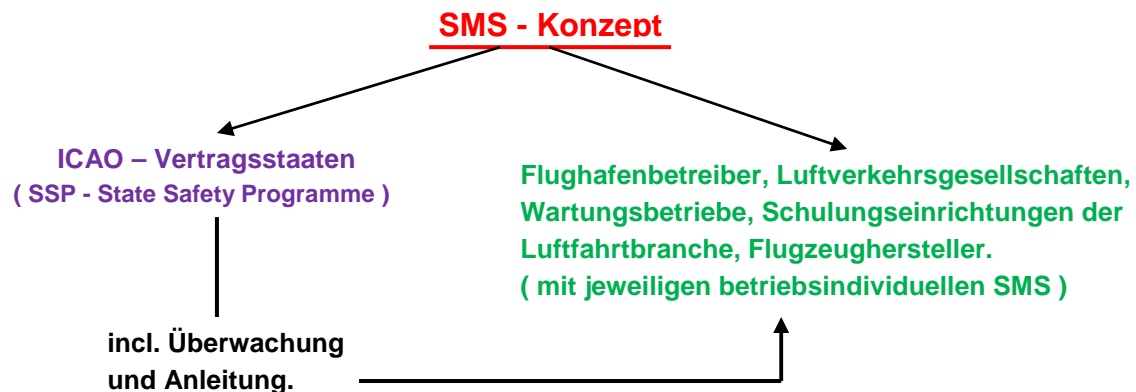


Bild 3: SMS - Konzept

In den amerikanischen ACRP - Reports „*Safety Management Systems for Airports*“ befinden sich z. B. detaillierte Anleitungen von SMS für Flughafenbetreiber. Das Ziel eines solchen SMS soll darin bestehen, nachhaltig das Sicherheitsniveau und die Sicherheitskultur einer Organisation des Flugbetriebes zu verbessern. Ein SMS führt, lenkt und koordiniert eine Organisation in Bezug auf alle Sicherheitsfaktoren und -aktivitäten. Die Begriffsbestimmung leitet sich in Anlehnung an IEC 60300-2, EN ISO 9000 und VDI 4003 ab. Beim Versuch, solche Systeme in der deutschen Wirtschaft zu installieren, gibt es inzwischen aber auch vergleichbare Erfahrungen, die berücksichtigt werden sollten. Das bezieht sich z.B. auf das Qualitätsmanagement (EN ISO 9000 / 9100), auf den Umweltschutz (EN ISO 14001) und auf den Arbeits- und Gesundheitsschutz (Arbeitssicherheit). Aus der Sicht der *Arbeitswissenschaft* und *Ergonomie*, dafür steht der Verfasser dieses Beitrages, gibt es hinsichtlich der Begriffe *Arbeitssicherheit* und *Flug- bzw. Luftverkehrssicherheit* die interessante Möglichkeit, *Analogiebetrachtungen* vorzunehmen. Sowohl bei der Arbeitssicherheit als auch bei der Flug- und Luftverkehrssicherheit können die

tragenden Hauptsäulen mit dem *Gesundheitsrisiko* und dem *Unfallrisiko* angenommen werden. *Arbeitssicherheit* wird dabei als *Zustand von Betriebsmitteln, Arbeitsstätten und Arbeitsverfahren* verstanden, der ein relativ sicheres und erschwerisfreies Arbeiten ermöglicht. Das Bild 4 zeigt diesen Wirkungszusammenhang vereinfacht:

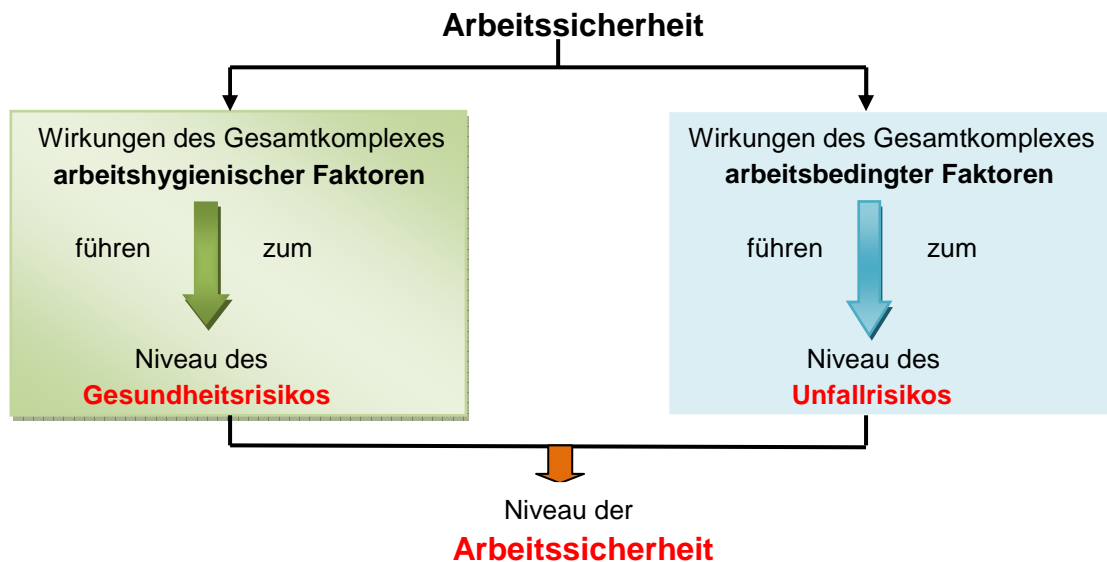


Bild 4: Bestandteile der Arbeitssicherheit

Die Arbeitssicherheit kann so strukturiert werden, wie das mit dem Bild 5 gezeigt wird. Dabei wird auch deutlich, dass die *Sicherheitstechnik* ein Teil der Arbeitssicherheit ist.

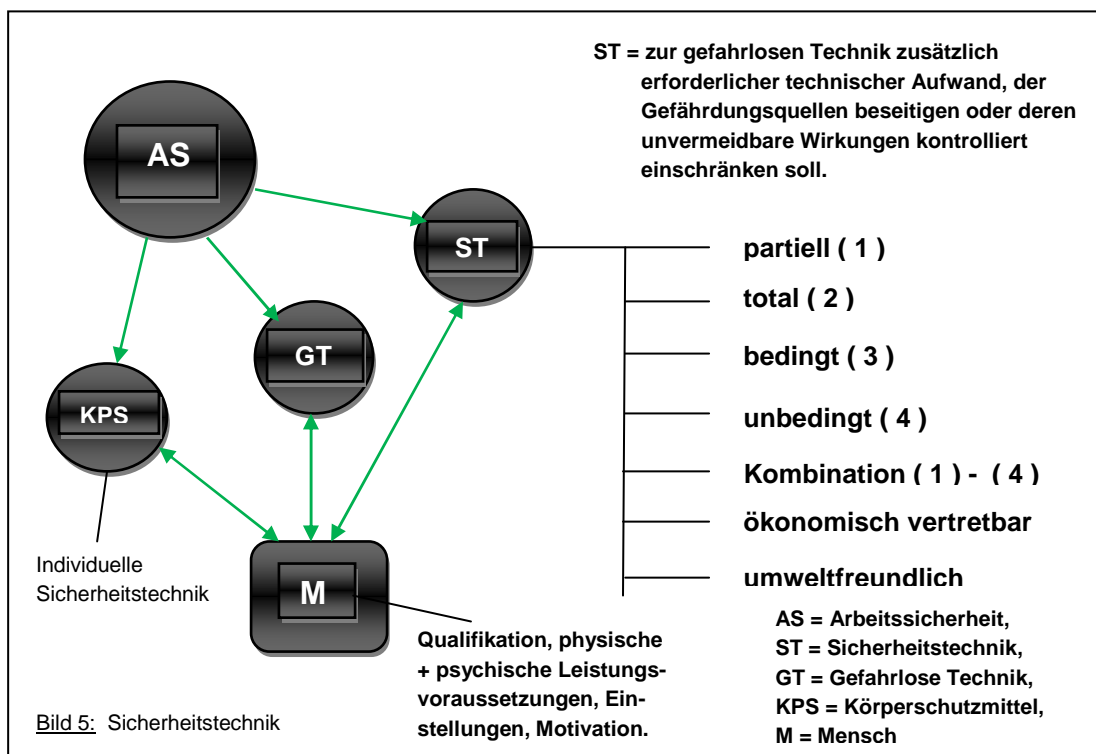


Bild 5: Sicherheitstechnik

Unabhängig davon, wie man für die Betrachtung von Sicherheitsproblemen die zeitlichen und räumlichen Systemgrenzen sieht, sollte generell gewährleistet sein, dass im Sinne der Komplexität vorhandener Interdependenzen zwischen *Technik*, *Organisation* und *Mensch (Personal)* die möglichen Potenziale aller drei Komponenten gleichermaßen genutzt werden, damit eine optimale Sicherheit erreicht werden kann. Diesen Grundsatz bringt nach Bild 6 das so genannte TOP - Modell zum Ausdruck:

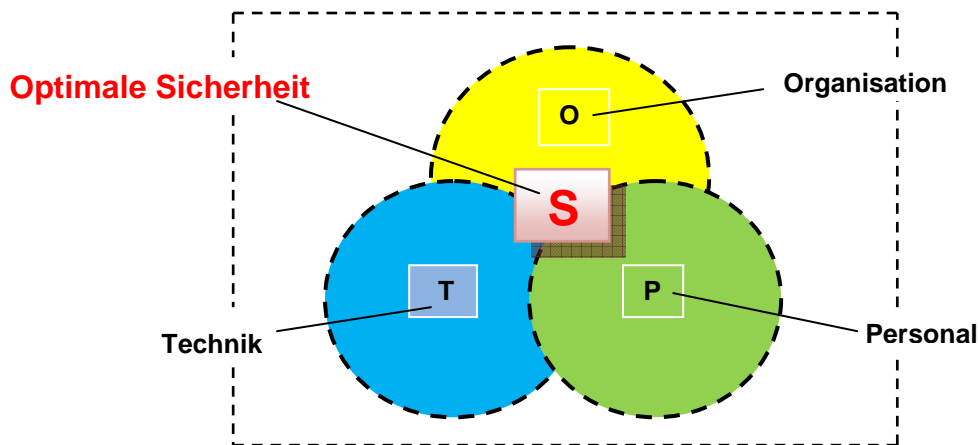


Bild 6: TOP - Modell nach Compes (1970)

Nach *Compes* können alle die Sicherheit betreffenden Komponenten eines Arbeitssystems dem TOP - Modell zugeordnet werden. Wenn es um den *Beitrag der Arbeitswissenschaft / Ergonomie* zur weiteren Optimierung von Flugsicherheit bzw. Luftverkehrssicherheit geht, dann ist es genau dieses *Kernstück* der Beeinflussung von Arbeitssystemen, das sich mit der *unmittelbaren Interaktion von Mensch – Technik – Organisation* befasst. Damit sind die im Bild 2 mit blauer und roter Schrift vom Verfasser vorgenommenen Ergänzungen der Umfeldfaktoren eines Flugprozesses nach Klampfert insbesondere unterstrichen. Hier gibt es also eine *breite Schnittfläche* zwischen der eigentlichen Arbeitssicherheit aus arbeitswissenschaftlicher Sicht und der Flugsicherheit. *Die Arbeitswissenschaft befasst sich also auf der Grundlage der Gesetzmäßigkeiten und Wirkungsbedingungen der menschlichen Arbeit auf sehr interdisziplinärer Weise mit der Optimierung von Arbeitssystemen – also auch Flug - Arbeitssystemen.* In der arbeitswissenschaftlichen Fachliteratur werden die Begriffe „Mensch-Maschine - System“ bzw. „Sozio - technische Systeme“ weitgehend durch den Begriff „Arbeitssystem“ ersetzt. Der Vorteil des Systemansatzes liegt darin, dass er eine allgemeingültige Darstellungsweise für die Struktur verschiedenster Phänomene erlaubt. Ein solches System wird durch eine jeweilige Systemgrenze (die es zur Umwelt abgrenzt), Systemelemente, Beziehungen zwischen den Elementen und ggf. auch zur Umwelt gekennzeichnet / 6 /.

Dabei kann das jeweils betrachtete System einerseits Teilsystem oder Subsystem eines übergeordneten Systems sein und andererseits in Form anderer Elemente wiederum Subsysteme enthalten. So kann dann z. B. die jeweilige Struktur technischer Systeme beschrieben werden (Bauteile, Baugruppen, Maschine, Maschinenverbund) mit entsprechenden Beziehungen (Organisation bzw. „Inbeziehungsetzen“) der Elemente untereinander und mit der Umwelt. Die Anzahl der Systemelemente und die Formen sowie der Verflechtungsgrad der Beziehungen zwischen den Systemelementen und zur Systemumgebung bestimmen den *Grad der Komplexität* eines Systems. Danach kann man z. B. zwischen einfachen und äußerst komplexen Systemen unterscheiden. In äußerst komplexen Systemen existieren eine Vielzahl von Mensch - Mensch - Beziehungen bzw. „Sozialen Systemen“, Maschine - Maschine -Beziehungen bzw. „Technischen Systemen“ sowie „Mensch - Maschine Systemen“ (MMS) bzw. übergeordnet – im Verständnis prozessbezogener Betrachtung – „Sozio - Technische Systeme“ (STS). Dabei befasst sich die *System - Ergonomie* mit der Entwicklung und Nutzung von ergonomischen Analyse- und Gestaltungsmethoden für die Lösung von Mensch - Maschine - System - Problemen, die im Zusammenhang mit einer entsprechenden Systemauslegung stehen.

Mit Hilfe eines solchen *systemanalytischen Ansatzes* können prinzipielle Strukturbilder über die Einbindung des / der Menschen in komplexe sozio - technische Systeme entwickelt werden und daraus ganzheitliche Ableitungen für die Optimierung dieses Systems gefunden werden.

Das schließt ein, dass es im Verständnis moderner Ingenieurwissenschaften zunehmend erforderlich ist, naturwissenschaftlich - technische Gesetzmäßigkeiten und Wirkungsbedingungen stärker im Kontext menschlicher Arbeit zu sehen. Technik ist nicht ohne Arbeit und Arbeit nicht ohne Technik denkbar. Wobei „Technik / Technologie“ hier nicht nur als produkt- bzw. gegenstandsbezogen, sondern auch als handlungsbezogen (verschiedene „Techniken“ bzw. Methoden einsetzen) verstanden werden soll. Auch wenn beide Begriffe sehr eng miteinander gekoppelt sind, dürfen sie nicht als koextensiv verstanden werden. Allein die Motivationsstrukturen für Technik und Arbeit sind völlig unterschiedlich (Kornwachs, 2001) / 7 /. Aus dieser Sicht Technik / Technologie lediglich als die Verwendung, in Gebrauch und Herstellung technischer Artefakte, Werkzeuge, Maschinen, Systeme zu verstehen, wäre eine unzulässige Verkürzung. Deshalb muss auch der in den Ingenieurwissenschaften anzutreffenden Auffassung widersprochen werden, dass Technik / Technologie lediglich eine Art degenerierter, weil eben nur angewandter Naturwissenschaften sei. Technik ist damit aber auch nicht „Herrschaft über die Natur“, sondern lediglich „Herrschaft in der Natur“. Gleichzeitig muss in diesem Zusammenhang gesehen werden, dass im Sinne der engen Kopplung von *Technik / Technologie und Arbeit* der neuzeitliche Arbeitsbegriff zunehmend *Eigentum, soziale Teilhabe* und *persönliche Identität* impliziert.

Er geht damit von einem *Menschenbild* aus, das den Menschen als *autonomes Subjekt* begreift, *das zur Regulierung der eigenen Beziehungen mit der Umwelt und zur Selbstregulation fähig* ist. Wenn berücksichtigt wird, dass die technologische Entwicklung in der zweiten Hälfte des 20. Jahrhunderts, neben der Informations- und Kommunikationstechnologie, eine neue Kategorie technischer Einrichtungen zeigte, deren Größe und Komplexität alles übertrifft, was bisher an Technikgeschichte bekannt war, dann wurde auch gleichzeitig deutlich, dass mit der Herstellung und Inbetriebnahme solcher komplexer großtechnischer Systeme sprunghaft das *Gefahrenpotenzial* zunahm / 8 /..

Das trifft - technisch orientiert - vor allem für so genannte „*wenig Fehler verzeihende Bereiche*“ zu, wo hohe Konzentrationen von Energie oder toxischen Stoffen kontrolliert werden müssen, damit katastrophale Folgen für Umwelt, Bevölkerung und zukünftige Generationen vermieden werden. Dafür stehen insbesondere nach wie vor die Kerntechnik, die *zivile und militärische Luft- und Raumfahrt*, Anlagen der chemischen Industrie, Gefahrgütertransport, schienengebundener Schnellverkehr von Menschen und Gütern, die Schifffahrt und die petrochemischen Großanlagen – aber eben auch die weltweiten Informations- und Kommunikationsnetze, komplexe Nahrungsmittelketten oder medizinische Dienstleistungen.

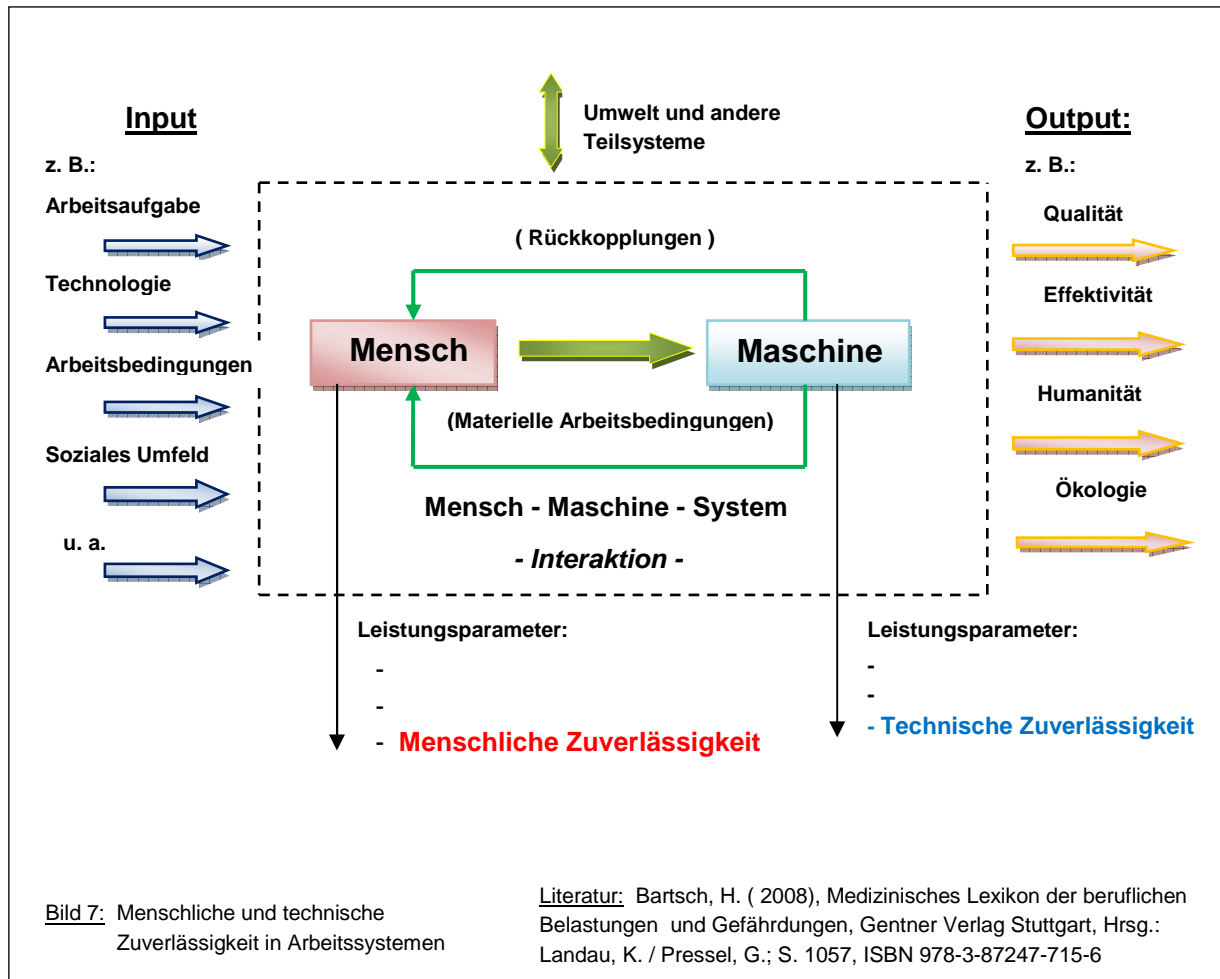
Die Ingenieurwissenschaften stehen hier also nicht nur in Verantwortung, effektive, sichere und zuverlässige „Technik / Technologie“ zu gewährleisten, sondern auch gleichermaßen im Sinne der Systemwirkung bestmöglichen Einfluss auf die „*Menschliche Qualität*“ (im Sinne von „*Menschlicher Zuverlässigkeit*“) im Kontext dieser Interaktion zu nehmen (Bartsch, 2001) / 9 /. *Darin sieht die Arbeitswissenschaft / Ergonomie ihre besondere Aufgabe*. Kuhlmann schreibt dazu „...Weiter gehört dazu die Sicherstellung der ‚menschlichen Zuverlässigkeit‘. Die Qualität des Personals ist abhängig von der Aus- und Weiterbildung, den praktischen Erfahrungen und den charakterlichen Eigenschaften. Das gilt für alle, die an den Systemen Flugzeug und Flugsicherung und deren Verzahnung beteiligt sind, das gilt aber auch für Instandhaltung und Wartung.“ (Kuhlmann, 2000) / 10 /. Das hat der Verfasser auch mit dem ergänzten Bild 2 ausgedrückt.

3. Flugsicherheit aus arbeitswissenschaftlicher Sicht

Aus arbeitswissenschaftlicher Sicht ist ein *Mensch - Maschine - System (MMS)* bzw. ein *sozio - technisches System* dann optimal gestaltet, wenn die technische Auslegung von Maschinen und Systemen mit den betrieblichen Arbeitsverhältnissen und mit der Tätigkeit sowie angemessener Qualifikation und Motivation der Arbeitspersonen abgestimmt ist. Dabei kommt eine Vielzahl von technischen, organisatorischen und personellen (menschlichen) Leistungsparametern zur Wirkung, die im Sinne einer optimalen Aufgabenerfüllung nach konkret vorgegebenen Zielstellungen in Beziehung gesetzt werden (Arbeitsorganisation)

bzw. interagieren. Neben anderen Leistungsparametern besitzt dabei die *„Zuverlässigkeit“* eine besondere Relevanz.

Das nachfolgende Bild 7 zeigt in vereinfachter Form ein solches MMS:



Im Sinne der Mensch - Maschine - Interaktion ist aus der Sicht des arbeitenden Menschen die Maschine immer gleichzeitig auch *materielle Arbeitsbedingung*. In Abhängigkeit vom jeweiligen Automatisierungsgrad der Maschine ergeben sich z. B. in der Rückkopplung die Anforderungen an *die Qualifikation, die physischen und psychischen Leistungsanforderungen* bzw. auch an das jeweils erforderliche *Gefahren- und Sicherheitsbewusstsein* des / der Menschen.

Bei dieser Betrachtung wird davon ausgegangen, dass jede Tätigkeit des Menschen in einem Arbeitssystem auf *Aufgabenstellungen* beruht, deren reale Verwirklichung, nämlich das Ergebnis, als *Aufgabenerfüllung* bezeichnet werden kann.

Neben anderen Leistungsparametern wirken in solchen Arbeitssystemen ganz bestimmte *Zuverlässigkeitsanforderungen* an den *Menschen*, die *Technik* und die *Organisation*.

4. Technische und menschliche Zuverlässigkeit in Arbeitssystemen

Mit Bezug auf DIN 55 350, Teil 11 (1987) kann die „*Technische Zuverlässigkeit*“ als ein Teil der Qualität von Produkten und Prozessen im Hinblick auf das Verhalten während oder nach vorgegebenen Zeitdauern bei vorgegebenen Anwendungsbedingungen verstanden werden.

Dabei müssen zusätzlich die Wirkungen der Umgebungsbedingungen des technischen Systems (z. B. Temperatur, Vibration) berücksichtigt werden.

Die tatsächliche Verwendung soll innerhalb der Grenzen liegen, die während des Konstruktionsprozesses des technischen Systems zugrunde gelegt wurden.

Die Zuverlässigkeit eines technischen Produktes ist eine *Eigenschaft – Verhaltensmerkmal* - die angibt, wie verlässlich eine dem Produkt zugewiesene Funktion (bzw. *Gebrauchswerteigenschaft*) in einem *Zeitintervall* tatsächlich erfüllt wird. Sie unterliegt einem stochastischen Prozess und kann qualitativ und auch quantitativ (durch die Überlebenswahrscheinlichkeit) beschrieben werden – ist aber nicht unmittelbar messbar. Hiervon sind die so genannten deterministischen Eigenschaften (Merkmale) eines Produktes zu unterscheiden, welche direkt messbar sind (z. B. Gewicht, Abmessungen, Festigkeit, Farbe, elektrische und Wärmeleitfähigkeit).

Man kann also nicht von mangelnder technischer Zuverlässigkeit sprechen, wenn infolge höherer Beanspruchung ein Versagen eintritt. Die technische Zuverlässigkeit wird durch eine Anzahl von Merkmalen mit zugehörigen Kenngrößen bestimmt und damit einer quantitativen Bestimmung zugänglich gemacht. Dazu gehören z. B. die *Ausfallwahrscheinlichkeit*, die *Ausfalldichte*, die *Lebensdauer*, die *Ausfallrate* u.a. Wegen der multifaktoriellen Beeinflussung müssen die erforderlichen Grundlagen für eine zu erreichende technische Zuverlässigkeit bereits in der Planungsphase im Sinne der prospektiven Arbeitsgestaltung technischer Systeme antizipiert und berücksichtigt werden.

Ein besonderer Schwerpunkt der arbeitswissenschaftlich - ergonomischen Beeinflussung ist in der „*Menschlichen Zuverlässigkeit*“ zu sehen. Der generelle Unterschied zwischen der oben beschriebenen „Technischen Zuverlässigkeit“ und einer zu bestimmenden „Menschlichen Zuverlässigkeit“ ist vor allem in der Art der Zielgerichtetheit der Informationsverarbeitung durch das ‚Subsystem Mensch‘ bzw. durch das ‚Subsystem Maschine‘ zu sehen. Dabei muss davon ausgegangen werden, dass technische Systeme Funktionen haben, die zwar in den sie aufbauenden Elementen überwacht werden können, bei einem möglichen Funktionsausfall aber nicht mehr zur Verfügung stehen. Das gilt grundsätzlich auch für selbstreparaturfähige Systeme. Der Mensch führt dagegen im Mensch - Maschine - System Funktionen aus, indem er Aufgaben erfüllt. Im Gegensatz zur Maschine handelt er zielgerichtet, nicht funktionell. Das heißt auch, dass er bei Kenntnis des Produktions- bzw. Missionszieles dieses auch mit anderen Mitteln oder einer

geänderten Aufgabenabfolge zu erreichen versucht. Dabei kann dann zwar die Wahrscheinlichkeit des fehlerhaften Ausführens einzelner Handlungsschritte hoch, die Wahrscheinlichkeit aber, das Gesamtergebnis nicht zu erreichen, dennoch sehr klein sein. Der Mensch verfügt eben über die Fähigkeit, sein Handeln selbst zu überwachen und fehlerhafte Handlungsschritte zu korrigieren, bevor sie sich auf das System auswirken.

In diesem Kontext wurden in der arbeitswissenschaftlichen Fachliteratur zwei Positionen entwickelt, die auch durch ein wenig unterschiedliche Definitionen, bei gleichem Ansatz, deutlich werden.

Bubb, H. (1992) / 11 / definiert:

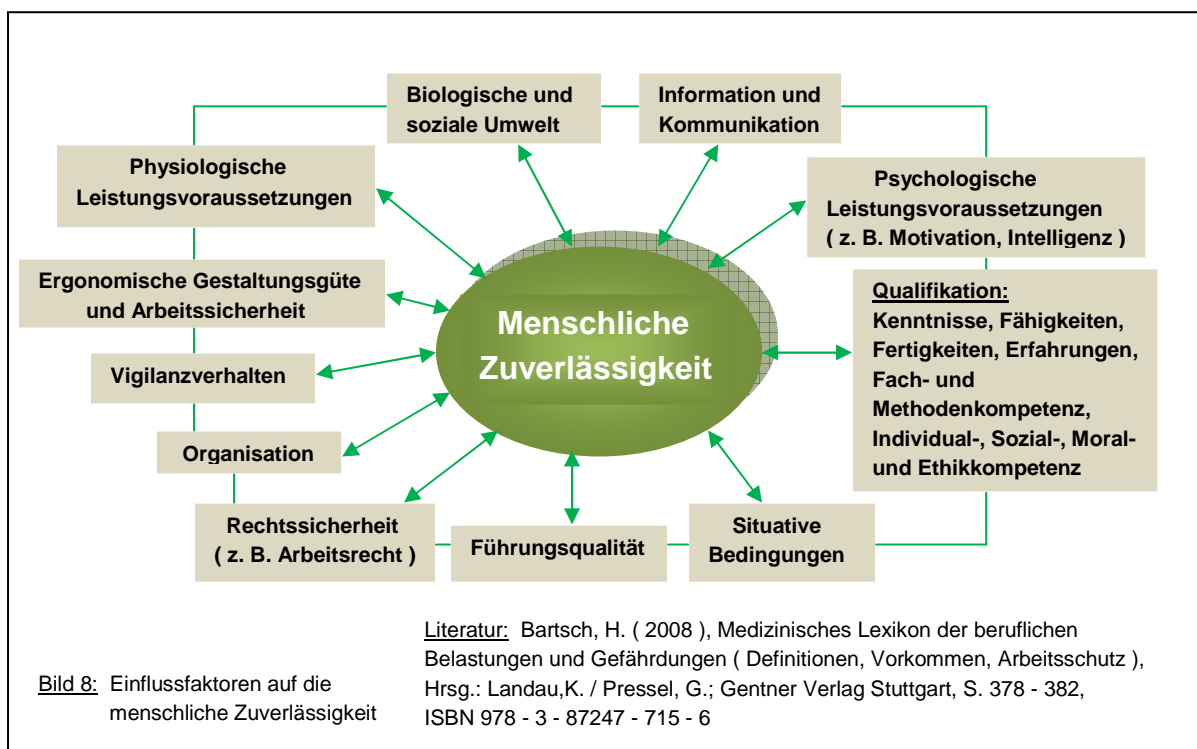
„Die menschliche Zuverlässigkeit ist die Fähigkeit des Menschen, eine Aufgabe unter vorgegebenen Bedingungen für ein gegebenes Zeitintervall im Akzeptanzbereich durchzuführen.“

Bartsch, H. (2004) / 12 / versteht unter „Menschlicher Zuverlässigkeit“:

„Die Befähigung des Menschen im Arbeitssystem, eine geeignete Qualifikation und entsprechende physische und psychische Leistungsvoraussetzungen in einen bestimmten Arbeitsprozess einzubringen und wirksam werden zu lassen.

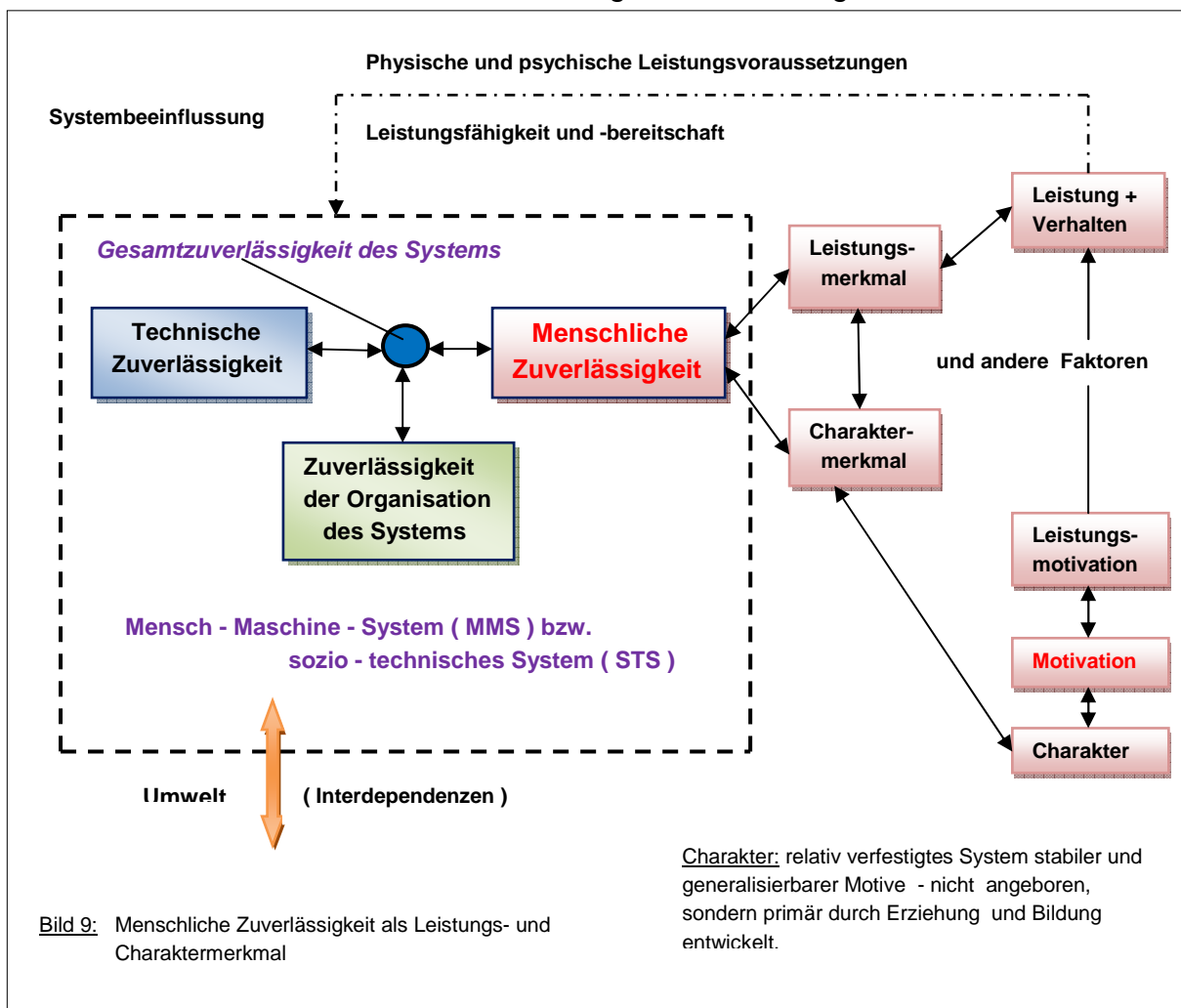
Damit soll dazu beigetragen werden, dass eine vorgegebene Aufgabenstellung unter spezifischen Bedingungen und in einem vorgegebenen Zeitraum ausgeführt werden kann, wobei technische, wirtschaftliche, humanitäre und ökologische Kriterien sowie ein Fehlerakzeptanzbereich beachtet werden.“

Die wesentlichsten Einflussfaktoren auf die menschliche Zuverlässigkeit werden mit dem Bild 8 gezeigt:



Beide Verfasser gehen von einem „*Menschenrecht auf Fehler*“ aus, wenn sie von einem „Akzeptanzbereich“ schreiben. Eine praktikable Methode zur Bestimmbarkeit von individuellen Akzeptanzbereichen für menschliche Fehler steht gegenwärtig allerdings noch nicht zur Verfügung. Es wird bisher nur nicht ein „Idealfall“ als Bezugsebene angenommen, der generell ein fehlerfreies Arbeiten des / der Menschen voraussetzt bzw. unterstellt.

Dass der Begriff „Menschliche Zuverlässigkeit“ sowohl als Charaktermerkmal bzw. -eigenschaft als auch als Leistungsmerkmal bzw. -eigenschaft gleichermaßen widerspruchsfrei verstanden werden kann, was in der Motivation die eigentliche „Brücke“ findet, soll vereinfacht das nachfolgende Bild 9 zeigen:



Leistungsfähigkeit und Zuverlässigkeit des Gesamtsystems aus der Sicht arbeitswissenschaftlicher (ergonomischer) Zielstellungen lassen sich vor allem mit Hilfe der Nutzung von Erkenntnissen aus der *Belastungs - Beanspruchungs - Konzeption* (Einsatz des Menschen) und aus der Sicht der Informationsumwandlung durch *systemergonomische Betrachtungen* gewährleisten. Dafür müssen die konkreten *Tätigkeitsinhalte* (qualitative und quantitative Seite der jeweiligen *Arbeitsinhalte*) mit den entsprechenden *Ausführungs- und Arbeitsbedingungen*

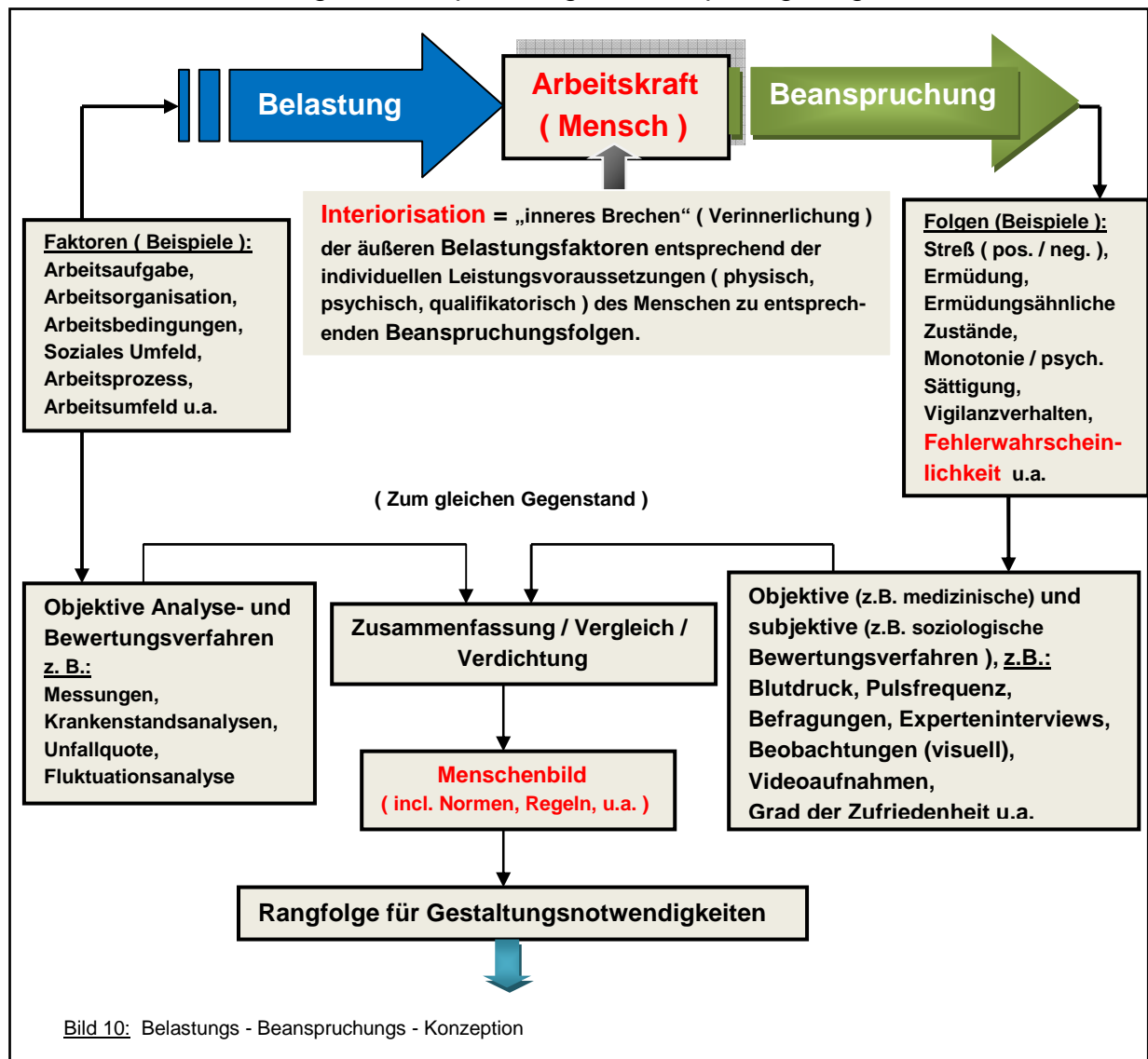
bestimmt werden. Nach Rohmert und Rutenfranz (1975; DIN 33405, ISO 10075) können wir dabei von folgender Begriffsdefinition ausgehen:

„ *Belastung* wird verstanden als Gesamtheit der erfassbaren Einflüsse, die von außen auf den Menschen zukommen und auf ihn (...) einwirken.“

In diesem Kontext werden physikalisch messbare Belastungsfaktoren durch die Umgebung (z. B. Lärm, Beleuchtung, phys.-chem. Klima, Luftzustand, Vibrationen) und Belastungen im Sinne von Anforderungen durch die Tätigkeit bzw. durch die Arbeitsaufgabe (-inhalte) unterschieden. Insbesondere die Letzteren schließen mögliche mentale und geistige, emotionale und motivationale Anforderungen ein.

„ *Beanspruchung* wird verstanden als die individuelle, zeitlich unmittelbare und nicht langfristige Auswirkung der (...) Belastung im Menschen in Abhängigkeit von seinen individuellen (habituellen und augenblicklichen) Voraussetzungen.“

Mit dem Bild 10 sollen deshalb die wichtigsten Bestandteile und Zusammenhänge einer solchen Belastungs - Beanspruchungs - Konzeption gezeigt werden:



Entsprechend der inneren individuellen Leistungsdisposition des / der Menschen können demnach *gleiche Belastungsfaktoren* zu einem völlig *unterschiedlichen Beanspruchungsniveau* über die Wirkung verschiedener *Beanspruchungsfolgen* führen. Das wird vor allem durch die individuell unterschiedlichen *Interiorisationsprozesse* verursacht.

Aus dem Bild 10 wird auch die Frage deutlich, ob das jeweilige Belastungsniveau oder das Beanspruchungsniveau als Bezugsebene für die Ableitung von geeigneten Gestaltungsmaßnahmen genommen wird. Allein das Belastungsniveau (z. B. im Vergleich mit Normen, Richtwerten u.a.) zu wählen, birgt die Gefahr, nicht ausreichend individuelle Besonderheiten für unterschiedliche Personen berücksichtigen zu können. Wählt man allein das Beanspruchungsniveau als Bezugsebene, dann kann zwar sogar extrem individuell den subjektiven Anforderungen entsprochen werden, nach ökonomischen Kriterien ist aber eine solche Lösung wenig sinnvoll. Daher erscheint es zweckmäßig, Belastungs- und Beanspruchungsergebnisse zum gleichen Gegenstand zu vergleichen, mit den Anforderungen aus einem modernen Menschenbild abzustimmen und daraus die erforderlichen Gestaltungsanforderungen abzuleiten. Das tangiert z. B. die Frage nach der Automatisierungsphilosophie im Flugzeugbau. Wenn wir einen solchen Zusammenhang auch nur aus der Sicht der *Sicherheitswissenschaft*, die, wie bereits angedeutet, mit der Arbeitswissenschaft sehr stark korrespondiert, sehen, dann stellt sich immer wieder generell die Frage nach dem *Risiko*. Das „objektiv“ bestimmte Risiko, ausgedrückt durch die *Multiplikation von Schadensumfang und Schadenseintrittswahrscheinlichkeit*, wird dahingehend stark kritisiert, dass die Risikowerte *zu ungenau* und in *zu engen Rahmen* gültig sind. Zusätzlich kann bei großen Risikopotenzialen der Schadensumfang in der genannten Formel unterbewertet werden. Darüber kann man aber diskutieren und verbessern. Wichtig ist vor allem, dass das Sicherheitsziel eindeutig davon ausgeht, *dass Sicherheit eben nicht nur eine technische Komponente hat*, so verstanden und praktiziert wird. Von großer Bedeutung ist dabei auch, dass die *kritische Öffentlichkeit* eigene Bewertungsmaßstäbe zu Risikoeinschätzungen nach solchen Merkmalen wie *Schadenspotenzial für Katastrophenfälle, soziale Verteilung von Nutzen und Lasten von Risiko - Technologien, Kontrollierbarkeit von Risiken, Freiwilligkeit von Risikoübernahmen* hat. Risiko und öffentliche Akzeptanz stehen dabei in einer engen Wechselbeziehung. Das vor allem auch vor dem Hintergrund, dass die *Entwicklungsdynamik im zivilen Luftverkehr* in den nächsten Jahren noch weiter zunehmen wird. Das hauptsächlich durch folgende Faktoren:

- Rasante Zunahme der Flugverkehrsdichte,
- Entwicklung und Betrieb hoch automatisierter Verkehrsflugzeuge,
- Gestiegener Wettbewerbsdruck zwischen den Airlines auf den nationalen und internationalen Märkten,
- Weltweiter erhöhter Mobilitätsbedarf für Personen und Güter,

- Veränderung der Größenordnung von Transport- und Airportkapazitäten,
- Veränderte (erhöhte) Anforderungen an Organisationssysteme (z. B. SMS) und Handlungskompetenz der für den Flugverkehr relevanten Ausführungsbedingungen,
- Beeinträchtigungen durch den militärische Flugverkehr und Weltraum - Müll.

Statistisch gesehen ist das Fliegen zwar sicherer geworden - vor allem technische Systeme sind durch hohe Anforderungen bezüglich der Ausfallwahrscheinlichkeit und redundante Auslegung sehr zuverlässig geworden - aber bei den gegebenen Flugzeugunfällen hat sich der *Ursachenanteil deutlich verschoben*. Heute geht man davon aus, dass *etwa 70 bis 75 % aller Flugzeugunfälle durch menschliche Fehler* verursacht werden. Die Merkmale dieser menschlichen Fehler können dabei sehr unterschiedlich sein. Sie lassen sich aber generell auf den Begriff der „Menschlichen Zuverlässigkeit“ zuordnen.

Daher sieht hier die Arbeitswissenschaft / Ergonomie auch Möglichkeiten, ihren Beitrag für eine Verbesserung bzw. Erhöhung der Luftverkehrssicherheit zu leisten. Sehr viel ist dazu in den zurückliegenden Jahren bereits erarbeitet worden. Ein ausführlicher Bericht darüber ist im Rahmen dieses Beitrages nicht möglich. Deshalb will der Autor eine ausgewählte Zusammenfassung wesentlicher Arbeiten aus den letzten Jahren nachfolgend anbieten:

1. Marschall, Claudia (1999), Einfluss der Qualifikation auf die menschliche Zuverlässigkeit in sozio - technischen Systemen, Dissertation, BTU Cottbus, Fakultät 3,
2. Ueberschaer, Norbert (2004), Zum Zusammenhang von Führungsqualität und menschlicher Zuverlässigkeit in Arbeitssystemen, dargestellt an ausgewählten praktischen Beispielen, Dissertation, BTU Cottbus, Fakultät 3,
3. Rögner, Andrea (2005), Untersuchungen zur Funktion von Benutzerinformationen für die Beeinflussung der menschlichen Zuverlässigkeit in sozio - technischen Systemen, Dissertation, BTU Cottbus, Fakultät 3,
<http://opus.kobv.de/btu/volltexte/2007/128>
4. Jez, Uta (2006), Intelligenz als Determinante menschlicher Zuverlässigkeit und deren Implikation in die Entwicklung von Führungskräften, Dissertation, BTU Cottbus, Fakultät 3,
<http://opus.kobv.de/btu/volltexte/2006/2/>
5. John, Alexander (2007), Zum Einfluss der Führungsqualität auf die menschliche Zuverlässigkeit in Teamstrukturen sozio - technischer Systeme, Dissertation, BTU Cottbus, Fakultät 3,
<http://opus.kobv.de/btu/volltexte/2007/130>
6. Rögner, Andrea (2007), Verständlichkeit und Klarheit von Benutzerinformationen und deren Normung durch semiotische Gestaltung unter Berücksichtigung der Interiorisation in sozio - technischen Systemen, BTU Cottbus, Habilitation, Fakultät 1,
7. Ehm, Thomas (2008), Untersuchungen zur Verbesserung der Führungsqualität in international integrierten Unternehmen - dargestellt an einem ausgewählten Beispiel, Dissertation, BTU Cottbus, Fakultät 3,
<http://opus.kobv.de/btu/volltexte/2008/464>

8. Schlönhardt, Frank (2009) Untersuchung zur weitgehend bordautonomen Verkehrsführung von zivilen Flugzeugen unter Berücksichtigung der menschlichen Zuverlässigkeit, Dissertation, BTU Cottbus, Fakultät 3,
9. Dorn, Ludwig (2011), Zum Einfluss von Arbeitsanforderungen an Cockpitbesetzungen auf die Flugsicherheit, Dissertation, TU Ilmenau, Fakultät für Maschinenbau, <http://www.db-thueringen.de/servlets/DerivateServlet/Derivate-23527/ilm1-2011000145.pdf>
10. Bartsch, H. (2006) Flugsicherheit aus arbeitswissenschaftlicher Sicht, <http://www.heinz-bartsch.de/Flugsicherheit-2pdf>
11. Bartsch, H. (2008) Führungsqualität und Handlungskompetenz im Flugbetrieb, <http://www.heinz-bartsch.de/Beitrag-1.PDF>
12. Internet - Portal „Aerosecure“
<http://www.aerosecure.de>
<http://www.aerosecure.de/about/team.php>
<http://www.aerosecure.de/sicher-fliegen/>
<http://www.aerosecure.de/studie/>
13. Bartsch, H. (2007) Pilotentätigkeit im Umbruch (Teil 1 - 3)
<http://www.aerosecure.de/studie/2642-pilotentaetigkeit-im-umbruch-mehr-sicherheit-durch-verbesserte-qualifikation-teil-1.php>

5. Zusammenfassende Bemerkungen

Mit dem vorliegenden Beitrag unterstützt der Autor ausdrücklich das Anliegen der ICAO für den international wirksamen Aufbau eines umfassenden Sicherheitsnetzwerkes im zivilen Luftverkehr. Noch besser wäre es wohl, eine entsprechende *Weltluftfahrtbehörde unter dem Dach der UNO* zu gründen, die *weltweit verbindliche und einheitliche Sicherheitsstandards schafft und auch dafür sorgt, dass sie national durchgesetzt werden*. Entsprechende Vorarbeiten könnten dafür von einer Arbeitsgemeinschaft der maßgeblichen nationalen Luftfahrtbehörden geleistet werden. Ein solches Sicherheitsnetzwerk sollte alle wesentlichen Aspekte einschließen, die Einfluss auf die internationale Luftverkehrssicherheit nehmen können. Dazu gehört vor allem auch eine ausreichende Qualifikation der direkt oder indirekt mit Luftfahrtsicherheit befassten Menschen. Da es sich bei dem Thema um einen hohen Grad an Komplexität handelt, können geeignete Systemlösungen nur mit Hilfe einer ausgeprägten interdisziplinären Denk- und Arbeitsweise erreicht werden. Der Autor hat dafür in seinem Beitrag einige ausgewählte Ansätze aus der Arbeitswissenschaft / Ergonomie gezeigt. Hier ist insbesondere eine entsprechende Optimierung der ergonomischen Schnittstellen in der *Mensch-Technik-Organisation-Interaktion* von Bedeutung. Das schließt ein, dass auch hierbei *Sicherheit und Wirtschaftlichkeit* gemeinsam zu einem Optimum geführt werden können.

Literaturverzeichnis:

1. Kuhlmann, Albert (2001) Sicherheitskultur, Sonderausgabe, Weltkongress über Sicherheit moderner technischer Systeme, Köln, TÜV-Verlag GmbH, ISBN 3-8249-0586-8
2. Klampfer, B. (2002) Automatisierungscharakteristika als contribuierende Faktoren menschlichen Fehlverhaltens im Cockpit - eine flugdatenbasierte Incidentstudie, Dissertation, ETH Nr. 14660, Eidgenössische Technische Hochschule Zürich, Zürich,
3. Bartsch, Heinz (2006) Flugsicherheit aus arbeitswissenschaftlicher Sicht, <http://www.heinz-bartsch.de/Flugsicherheit-2pdf>
4. Dorn, Ludwig (2011) Zum Einfluss von Arbeitsanforderungen an Cockpitbesetzungen auf die Flugsicherheit, Dissertation, TU Ilmenau, Fakultät für Maschinenbau,
5. Aufgaben, Kontrollzentren, Kontrolltürme, Geschichte, Bewertung der Privatisierung, Deutsche Flugsicherung GmbH (DFS)
http://de.wikipedia.org/Deutsche_Flugsicherung#Aufgaben
6. Bartsch, Heinz (2002) Technologie aus arbeitswissenschaftlicher Sicht, <http://www.heinz-bartsch.de/Technologie.pdf>
7. Kornwachs, Klaus (2001) Arbeit der Technik - Technik der Arbeit, Forum der Forschung, Wissenschaftsmagazin der BTU Cottbus, 6. Jg., Heft 12, S. 90 - 103,
8. Wilpert, B. (2001) Der Mensch im Kontext technischer Systeme, in: World Congress Safety of Modern Technical Systems, Saarbrücken 2001, Köln, TÜV-Verlag GmbH, ISBN 3-8249-0586-8,
9. Bartsch, Heinz (2001) Berücksichtigung interkultureller Aspekte für die Sicherheitsrelevanz von Produktionsanlagen, in: TÜV Saarland Foundation (Ed.), World Congress Safety of Modern Technical Systems, S. 455 - 459, ISBN 3-8249-0586-8,
10. Kuhlmann, Albert (2001) Wird die Sicherheitswissenschaft den Ansprüchen moderner Techniksysteme gerecht ?, in: TÜV-Verlag GmbH Köln, World Congress Safety of Modern Technical Systems, S. 9 - 17, ISBN 3-8249-0586-8,
11. Bubb, Heiner (1994) Menschliche Zuverlässigkeit, Sicherheit und Risikobeurteilung, Zeitschrift für Arbeitswissenschaft, Bd. 48, Heft 1,
12. Bartsch, Heinz (2004, 2008) Menschliche Zuverlässigkeit, Medizinisches Lexikon der beruflichen Belastungen und Gefährdungen, Hrsg.; Landau / Pressel, Gentner Verlag Stuttgart, ISBN 3-87247-617-3,
13. Dorn, Ludwig / Bartsch, Heinz (2004) Zum Einfluss von Arbeitsanforderungen an Cockpitbesetzungen auf die Flugsicherheit, in: Verlässlichkeit der Mensch - Maschine – Interaktion, 46. Fachausschusssitzung Anthropotechnik der deutschen Gesellschaft für Luft- und Raumfahrt e.V.. Oktober 2004, Warnemünde, DGLR - Bericht 2004 - 03, S. 227 - 240, ISBN 3-932182-36-7,
14. Bartsch, Heinz (2007) Interkulturelle Anforderungen im Cockpit (Teil 1 - 3), Internetportal „Aerosecure“, <http://www.aerosecure.de/studie/2698-interkulturelle-anforderungen-im-cockpit-teil1.php>
15. Dorn, Ludwig / Bartsch, Heinz (2005) Ein kybernetischer Ansatz zur sicherheitlichen Betrachtung von Transportträger - Arbeitssystemen, 50. Internationales wissenschaftliches Kolloquium, TU Ilmenau, Konferenzband, S. 489 - 490, ISBN 3-932633-98-9,
16. Bartsch, Heinz (2008) Produktionswirtschaft aus arbeitswissenschaftlicher Sicht, <http://www.heinz-bartsch.de/Festschrift-Nebl.pdf>
17. Bartsch, Heinz (2004) Der Mensch als Gegenstand von Technologie - Wissenschaft, 4. Beckmannkolloquium am 04. / 05. 06.2004 an der TH Wismar, <http://www.heinz-bartsch.de/DerMensch.pdf>

18. Mensen, Heinrich (2003) Handbuch der Luftfahrt, VDI, Springer Verlag Berlin, Heidelberg, New York, ISBN 3-540-58570-2,
19. Bartsch, Heinz (2009) Work Science and Aviation Safety, in: Industrial Engineering and Ergonomics (Visions, Concepts, Methods and Tools), Festschrift in Honor of Professor Holger Luczak (Englisch), Editor: Chr. M. Schlick, Springer Verlag Berlin, Heidelberg, London, New York, S. 441 - 454, ISBN 978-3-642-01292-1,
<http://www.heinz-bartsch.de/Festschrift-Luczak-Englisch-1.pdf>
20. Bartsch, Heinz (2008) Produktionswirtschaft aus arbeitswissenschaftlicher Sicht, Zum 50. Jahrestag der produktionswirtschaftlichen Forschung und Lehre an der Universität Rostock, Hrsg.: Albrecht, Günter / Schröder, Anne - Katrin, Oldenbourg Verlag München, S. 94 - 121, ISBN 978-3-486-59072-2,
<http://www.heinz-bartsch.de/Festschrift-Nebl.pdf>

Verfasser:

Prof. Dr. rer. oec. habil. et Dr.- Ing. et Dr. h. c. Heinz Bartsch
Seidelstraße 7
18059 Rostock

<http://www.heinz-bartsch.de>

HeinzBartsch@web.de

Tel./Fax: 0381-2003072

