

Tanja Fink-Cvetnic

# Grenzen der Technisierung im Flugverkehr

Die Bedeutung menschlicher Arbeit  
in hoch automatisierten Systemen



Springer VS

---

# Grenzen der Technisierung im Flugverkehr

---

Tanja Fink-Cvetnic

# Grenzen der Technisierung im Flugverkehr

Die Bedeutung menschlicher Arbeit  
in hoch automatisierten Systemen

Tanja Fink-Cvetnic  
Augsburg, Deutschland

ISBN 978-3-658-31151-3      ISBN 978-3-658-31152-0 (eBook)  
<https://doi.org/10.1007/978-3-658-31152-0>

Die Deutsche Nationalbibliothek verzeichnet diese Publikation in der Deutschen Nationalbibliografie; detaillierte bibliografische Daten sind im Internet über <http://dnb.d-nb.de> abrufbar.

© Der/die Herausgeber bzw. der/die Autor(en), exklusiv lizenziert durch Springer Fachmedien Wiesbaden GmbH, ein Teil von Springer Nature 2020, korrigierte Publikation 2020

Das Werk einschließlich aller seiner Teile ist urheberrechtlich geschützt. Jede Verwertung, die nicht ausdrücklich vom Urheberrechtsgesetz zugelassen ist, bedarf der vorherigen Zustimmung des Verlags. Das gilt insbesondere für Vervielfältigungen, Bearbeitungen, Übersetzungen, Mikroverfilmungen und die Einspeicherung und Verarbeitung in elektronischen Systemen.

Die Wiedergabe von allgemein beschreibenden Bezeichnungen, Marken, Unternehmensnamen etc. in diesem Werk bedeutet nicht, dass diese frei durch jedermann benutzt werden dürfen. Die Berechtigung zur Benutzung unterliegt, auch ohne gesonderten Hinweis hierzu, den Regeln des Markenrechts. Die Rechte des jeweiligen Zeicheninhabers sind zu beachten.

Der Verlag, die Autoren und die Herausgeber gehen davon aus, dass die Angaben und Informationen in diesem Werk zum Zeitpunkt der Veröffentlichung vollständig und korrekt sind. Weder der Verlag, noch die Autoren oder die Herausgeber übernehmen, ausdrücklich oder implizit, Gewähr für den Inhalt des Werkes, etwaige Fehler oder Äußerungen. Der Verlag bleibt im Hinblick auf geografische Zuordnungen und Gebietsbezeichnungen in veröffentlichten Karten und Institutionsadressen neutral.

Springer VS ist ein Imprint der eingetragenen Gesellschaft Springer Fachmedien Wiesbaden GmbH und ist ein Teil von Springer Nature.

Die Anschrift der Gesellschaft ist: Abraham-Lincoln-Str. 46, 65189 Wiesbaden, Germany

---

Die Originalversion des Buchs wurde revidiert. Ein Erratum ist verfügbar unter <https://doi.org/10.1007/978-3-658-311527-0>

# Inhaltsverzeichnis

<b>1 Einleitung</b> .....	<b>1</b>
<b>Teil A – Was muss der Pilot (noch) machen?</b> .....	<b>13</b>
<b>2 Die Arbeit von Piloten – Stand der Diskussion</b> .....	<b>15</b>
2.1 Pilot und Technik.....	15
2.1.1 Pilot im Cockpit – Einsatz der Sinne .....	15
2.1.2 Technik im Cockpit – Einsatz von Logik.....	17
2.1.3 Flugzeugunfälle – Menschliches vs. technisches Versagen.....	19
2.1.4 Konstruktionsphilosophien im Flugzeugbau – Sicht der Ingenieure .....	24
2.1.5 Das Cockpit von morgen - Zukunftszszenarien .....	25
2.1.6 Mixed Governance im Luftverkehr.....	33
2.2 Der Wandel der Pilotentätigkeit .....	41
2.2.1 Arbeits- und techniksoziologische Untersuchungen .....	41
2.2.2 Auswirkungen der Technisierung auf die Arbeit von Piloten.....	51
2.3 Offene Fragen und Ziele der Untersuchung .....	65
<b>3 Was macht der Pilot? Empirische Analyse</b> .....	<b>73</b>
3.1 Der Cockpit Arbeitsplatz – Pilot und Technik in einem System Verteilter Handlungsträgerschaft.....	73
3.1.1 Arbeitsplatz Cockpit – Was hat sich verändert? .....	74
3.1.2 Ein Arbeitsablauf – Wer macht Was? .....	83
3.1.3 Anforderungen an Mensch und Technik – Wer kann Was (und Was nicht)? .....	94
3.1.4 Formen der Kooperation .....	104
3.1.5 Zwischenfazit .....	112
3.2 Grenzen der Technisierung – Kritische Situationen.....	114

3.2.1 Die Arbeitsphasen im Flugprozess .....	115
3.2.2 Topologie Kritischer Situationen.....	132
3.2.3 Der Normallauf im dynamischen Flugprozess .....	137
3.3 Kooperation von Mensch und Technik im Pilotenalltag .....	140
3.3.1 „Abfliegen nach Plan“ – Kooperation in (kritischer) Standardsituation.....	142
3.3.2 „Irgendwas ist eigentlich immer“ – Bewältigung Kritischer Situationen durch externe Anforderungen.....	148
3.3.3 „Was macht er denn jetzt schon wieder?“ – Bewältigung Kritischer Situationen durch systemimmanente Unwägbarkeiten ..	152
3.3.4 Zwischenfazit .....	157
3.3.5 Selbst- und Technikbild des Piloten.....	159
3.4 Fazit: „Master of Disaster“ – Offizielle Anforderungen und der Alltag des Piloten .....	167
<b>Teil B – Wie muss der Pilot das machen? .....</b>	<b>173</b>
<b>4 Arbeitshandeln mit hochtechnisierten Systemen – Stand der   Diskussion .....</b>	<b>175</b>
4.1 Wissenschaftsbasiertes Fachwissen und planmässiges Handeln.....	175
4.2 Anderes Wissen und Handeln.....	179
4.2.1 Informell-situative Kooperation – Die Workplace-Studies .....	179
4.2.2 Routinisierung – Arbeit in High-Risk-Situations.....	181
4.2.3 Erfahrungswissen und Subjektivität – Arbeitssoziologie .....	184
4.3 Offene Fragen und Ziele der Untersuchung .....	193
<b>5 Arbeitshandeln von Piloten – Empirische Analyse .....</b>	<b>199</b>
5.1 Offizielle Arbeitsweise .....	199
5.1.1 Das objektivierende Handeln .....	199
5.1.2 Routinetätigkeiten.....	203
5.1.3 Stellenwert von Subjektivität und Erfahrungswissen im Flugzeugcockpit .....	205
5.2 Erfahrungsgeleitet-subjektivierendes Arbeitshandeln im Cockpit .....	207
5.2.1 Sinnliche Wahrnehmung.....	208
5.2.2 Mentale Prozesse .....	220

---

5.2.3 Vorgehensweise.....	230
5.2.4 Beziehung zum Flugzeug und den Kollegen .....	237
5.3 Fazit: „Man muss erst mal herausfinden, wie sich das Flugzeug anfühlt“ – Erfahrungsgeleitetes Handeln im Cockpit .....	242
<b>6 Der Pilot – unterschätzter Gewährleister mit A****gefühl .....</b>	<b>249</b>
<b>Erratum zu: Grenzen der Technisierung im Flugverkehr.....</b>	<b>E1</b>
<b>Anhang.....</b>	<b>253</b>
Untersuchungsansatz und methodisches Vorgehen .....	253
<b>Literaturverzeichnis .....</b>	<b>259</b>

## Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Maßnahmen in der Prozessführung im Hinblick auf Kritische Arbeitssituationen (vgl. Schulze, Carus 1995) .....	62
Abbildung 2: Cockpit einer Embraer 195. (Quelle Foto: „Air Dolomiti“ Embraer 195 entnommen: <a href="http://forum.airliners.de">forum.airliners.de</a> ).....	75
Abbildung 3: Hauptaufgaben des Piloten und Hauptfunktionen der Technik ..	103
Abbildung 4: Differenzierungen des Flugprozesses .....	118
Abbildung 5: Zusammenhang zwischen situativen Anforderungen im Flugprozess und dem Auftreten Kritischer Situationen (KS = Kritische Situation).....	135
Abbildung 6: Rolle von Pilot und Technik in Abhängigkeit vom Grad der Technisierung .....	166

## Abkürzungsverzeichnis

- A 320: Airbus 320
- A 340: Airbus 340
- ACARS: Aircraft Communications Addressing and Reporting System
- Anm.: Anmerkung der Verfasserin
- ANT: Actor Network Theory
- ATC: Air Traffic Control
- B 737: Boeing 737
- B 747: Boeing 747
- BEA: Bureau d'Enquêtes et d'Analyses pour la sécurité de l'aviation civile
- BFU: Bundesstelle für Flugunfalluntersuchung
- bspw.: beispielsweise
- bzw.: beziehungsweise
- CA: Canadair
- CPT: Kapitän (engl. Captain)
- DFG: Deutsche Forschungsgemeinschaft
- d.h.: das heißt
- ebd.: ebenda
- ECA: European Cockpit Association
- engl.: englisch
- ENV: Environment
- etc.: et cetera
- et al.: et alii bzw. et aliae (und andere)
- e.V.: eingetragener Verein
- F.: Folie
- f: folgende
- ff: folgende
- FAA: Federal Aviation Administration

- FHP: Forschungsnetzwerk für die Verkehrspilotenausbildung e.V.
- FMS: Flight Management System
- FO: Copilot (engl. **F**irst **O**fficer)
- FSF: Flight Safety Foundation
- ggf.: gegebenenfalls
- GPWS: Ground Proximity Warning System
- HIL: Hold Item List
- HOC: Hub Operations Center
- Hrsg.: Herausgeber
- HUM: Human Factors
- I: Insufficient Data
- IATA: International Air Transport Association
- ILS: Instrument Landing System
- i.S.v.: im Sinne von
- Jg.: Jahrgang
- lt.: laut
- NOTAM: Notification To Airmen
- NTSB: National Transportation Safety Board
- ORG: Organisation
- PF: Pilot flying
- PNF: Pilot not flying
- resp.: respektive
- S.: Seite
- SFO: (diensthöherer) Copilot (engl. **S**enior **F**irst **O**fficer)
- s.o.: siehe oben
- s.u.: siehe unten
- sog.: sogenannt
- TCAS: Traffic Alert and Collision Avoidance System
- TEC: Technical
- u.a.: unter anderem
- u.a.m.: und andere(s) mehr
- UAS: Unmanned Aerial System
- UAV: Unmanned Aerial Vehicles
- v.a.: vor allem
- vgl.: vergleiche

- www: world wide web
- z.B.: zum Beispiel
- z.T.: zum Teil
- zit. n.: zitiert nach



# 1 Einleitung

## *Menschliche Arbeit in hoch technisierten Systemen*

Technische Errungenschaften haben unser aller Leben in den letzten Jahrzehnten rasant verändert. Ob es sich dabei um Dinge des täglichen Gebrauchs handelt – wie Waschmaschinen, Computer und sogar Staubsaugroboter – oder um Anlagen in hoch technisierten Produktionsbetrieben oder auch Verkehrssystemen, nahezu überall sind technische Systeme in Arbeitsabläufe integriert. Dank fortgeschrittener Technik muss schwere manuelle Arbeit heute oftmals nicht mehr durch den Menschen verrichtet werden. Die Nutzer bzw. Bediener dieser Techniken müssen sich in ihrem Arbeits- und Bedienverhalten dabei jedoch diesen Errungenschaften anpassen und neue, spezielle Kompetenzen und Qualifikationen im Umgang damit entwickeln. Neue Berufsfelder bzw. Aufgabenschwerpunkte entstehen. Notwendig werden dafür ebenso neue und den dynamisch-innovativen Konstellationen entsprechende Qualifikations- und Ausbildungskonzepte.

Dabei ist die Technisierung in vielen Bereichen so weit vorangeschritten, dass die Zahl der Beschäftigten in ehemals üblichen Berufen deutlich zurückgegangen ist. Da Arbeitslast und Prozesstätigkeit „vor Ort“ für den Menschen zusehends weniger werden, finden sich in hoch technisierten Anlagen nur mehr wenige (oftmals lokal getrennte) Systemsteuerer bzw. -überwacher.

Ganz generell stellt sich dabei die Frage, inwieweit der menschliche Bediener bei automatisierten Prozessen überhaupt noch notwendig ist bzw. ob er dabei lediglich noch eine anspruchslose ‚Knöpfchendrückerfunktion‘ innehat.

Insbesondere im Bereich von Fortbewegungsmitteln bzw. der Verkehrslenkung sind enorme Entwicklungssprünge gelungen und haben so Vorstellungen, welche noch bis vor wenigen Jahrzehnten eher der Kategorie ‚Science Fiction‘ angehört haben, wahr werden lassen. So stellt aktuell der Automobilhersteller BMW in Aussicht, bereits im Jahr 2021 ein Automobil auf den Markt zu bringen, welches zumindest teilweise ohne Fahrer am Verkehr teilnehmen kann<sup>1</sup>. Bereits

---

<sup>1</sup> „iNext – Kommt 2021 der erste selbstfahrende BMW?“, www.welt.de vom 02.02.2018).

im Jahr 2017 fanden die ersten Testläufe autonom gesteuerter Fahrzeuge in der Münchner Innenstadt statt.<sup>2</sup> In Großstädten wie Peking, New York, Barcelona und auch Nürnberg verkehren U-Bahnzüge im vollautomatischen Betrieb. Im militärischen Bereich werden fliegende Drohnen für spezielle Zwecke eingesetzt und auch im Bereich des zivilen Luftverkehrs ist die Vision angekommen, den Piloten<sup>3</sup> an Bord technisch substituieren zu können. Im Projekt *Ifats*<sup>4</sup> wurde bereits im Jahr 2006 ein Flug von New York nach Frankfurt am Main simulierte Wirklichkeit. Gerade aus technischer Sicht scheinen also auch im zivilen Flugverkehr bereits viele Schritte getan. Von einer ehemals fünf Personen starken Cockpitbesetzung in Verkehrsflugzeugen, bestehend aus zwei Piloten, Funker, Navigator und Bordingenieur, verbleibt heute der momentan noch notwendige „Rest“ von nur mehr einem Kapitän und einem Copiloten. In den Medien wurde mehrfach berichtet, dass die verbliebenen Piloten beim Fliegen einschliefen. Folgt man diesen Berichten, entsteht der Eindruck, das Cockpit eines Verkehrsflugzeugs sei heute mit so vielfältigen automatisierten Bordsystemen ausgestattet, dass die Piloten nur wenig zu tun hätten und deshalb mit dem Schlaf kämpfen müssten.<sup>5</sup> Innovative Technikkonzepte, insbesondere autonome Techniken in Verkehrssystemen, geraten damit zunehmend in die öffentliche Diskussion. Dabei bestätigen Experten, dass unter normalen Standardbedingungen schon heute nahezu der gesamte Flugprozess eigentlich ganz ohne Zutun des Piloten möglich wäre.<sup>6</sup> Auch der menschliche Bediener im Cockpit – der Pilot – sieht sich daher mit der Frage konfrontiert, ob er

---

<sup>2</sup> Am Steuer sitzt aus Sicherheitsgründen ein dafür ausgebildeter Testfahrer („*Autonomes Fahren – Ab 2017 Testfahrzeuge in München*“, [www.br.de](http://www.br.de) vom 05.04.2017).

<sup>3</sup> Lediglich aus Gründen der Lesefreundlichkeit werden in dieser Arbeit unter dem Begriff *Pilot* sowohl Pilotinnen als auch Piloten zusammengefasst.

<sup>4</sup> *Ifats* (Innovative Future Air Transport System): Siehe ausführlicher Teil A –2.1.5.

<sup>5</sup> Siehe u.a.: „*Airbus-Piloten schlafen während Flug ein*“ ([www.n-tv.de](http://www.n-tv.de) vom 21.10.2014); „*Pilot schläft ein: Boeing 777 sackt 1500 Meter ab*“ ([www.focus.de](http://www.focus.de) vom 14.08.2014); „*Piloten schlafen gleichzeitig während Flug ein*“ ([www.welt.de](http://www.welt.de) vom 26.09.2013). Neben dem Faktor zeitweiser praktischer Unterforderung steht insbesondere auch die Thematik der Übermüdung durch zu lange Flugdienstzeiten in der Diskussion – siehe hierzu: „*Pilot fatigue – Barometer*“ (Ergebnisse einer Studie der europäischen Pilotenvereinigung ECA (European Cockpit Association) 2012, in den deutschen Medien wurden die Ergebnisse u.a. unter dem Titel „*Jeder dritte Pilot ist schon im Cockpit eingeschlafen*“, [www.sueddeutsche.de](http://www.sueddeutsche.de) vom 18.11.2012, veröffentlicht).

<sup>6</sup> Schmitt, Le Tallec 2009 (S. 23) erklären, der Start müsse zwar noch durch den Piloten vorgenommen werden, danach könne jedoch bereits fast alles – bis hin zum Abbremsen nach der Landung – automatisiert erfolgen. Eingreifen müssten die Piloten eigentlich nur noch, um das Fahrwerk auszufahren und um das sog. Air Traffic Management durchzuführen.

überhaupt noch notwendig ist bzw. ob ihm nur mehr wenige anspruchslöse Restfunktionen verbleiben.

### *Abbau des Human Factor*

Dabei haben die (technikzentrierten) Bemühungen, den Flugverkehr weiterzuentwickeln, nicht nur einen bedeutenden wirtschaftlichen bzw. technisch-innovativen Motivationshintergrund. Vielmehr werden die kontinuierlichen technischen Fortschritte in erster Linie dem Anspruch zugeschrieben, den Flugverkehr sicherer zu gestalten, denn, so Tom Enders (seit 2007 Unternehmensleiter bei Airbus und seit 2012 Vorstandsvorsitzender von Airbus SE), es gingen immer noch „90 Prozent der Fehler bei Flugunfällen [...] auf menschliches Versagen zurück“ (Enders 2017 auf der DLD<sup>7</sup>). Katastrophen der zivilen Luftfahrt enden nicht selten mit einer hohen Zahl menschlicher Verluste. Umso verständlicher scheinen hier die Anstrengungen, sämtliche Fehler zu identifizieren und zu vermeiden. In technischer Hinsicht ist dabei ein enormer Sprung nach vorne gelungen. Waren in den frühen Jahren der Fliegerei die Absturzursachen hauptsächlich auf die Maschine zurückzuführen, so haben sich die Unfallursachen nun deutlich von technisch induziertem zu menschlich bedingtem Fehlverhalten verlagert. Der sog. *Human Factor*<sup>8</sup> scheint die gefährlichste Komponente im Luftverkehr. Diese Tatsache dient als fundamentaler Antrieb für die Konstruktion neuer, immer stärker automatisierter Flugzeuge, welche mit möglichst wenig menschlicher Bedienung auskommen sollen.

Dabei reicht der technische Fortschritt auch in den Bereich der Flugverkehrssteuerung hinein. So finden sich bereits heute Systemkomponenten an Bord, welche in der Lage sind, drohende Kollisionen zu erkennen und Ausweichempfehlungen zu generieren. Die Aufgaben der klassischen Flugsicherung, welche zentral vom Boden aus den Luftraum überwacht und die Flugzeuge per Funkspruch durch entsprechende Kursvorgaben sicher voneinander separiert, verlagern sich damit an Bord der mit diesem System ausgestatteten Flugzeuge.<sup>9</sup> Menschlichem Fehl-

---

<sup>7</sup> DLD: Digital Life Design ist eine in München stattfindende Konferenz auf der Basis einer internationalen Konferenz- und Innovationsplattform.

<sup>8</sup> *Human Factor (engl.)*: Menschlicher Faktor.

<sup>9</sup> Zum System TCAS siehe ausführlich Teil A - 2.1.6.

verhalten soll vorgebeugt werden und so erhält auch der menschliche Fluglotse technische Konkurrenz.

### *Grenzen der Technisierung*

Die Befürworter einer menschenzentrierten Technik rechtfertigen ihren Standpunkt bislang hauptsächlich aus einer humanistischen Perspektive. Die Leistungen menschlicher Arbeit bzw. deren Output sind gewöhnlich nicht das Argument und menschliche Arbeit scheint aufgrund modernster technischer Neuerungen immer weniger notwendig zu sein. Wenn hauptsächlich menschliche Fehler Unfälle verursachen, ist die logische Konsequenz, den menschlichen Bediener zunehmend technisch zu substituieren. Die Argumente für eine umfangreiche Automatisierung in der Verkehrsfluffahrt scheinen daher mehr als überzeugend und eine schrittweise Ersetzung des Piloten durch fortgeschrittene technische Systeme wird als zukunftsweisend betrachtet.<sup>10</sup>

Allerdings gibt es vermehrt wissenschaftliche Hinweise darauf, dass diese technikzentrierte Vorstellung einen sehr wesentlichen Aspekt nicht berücksichtigt. Denn vielfältige Erfahrungen in der Praxis offenbaren schon heute grundlegende Grenzen der Technisierung und der Ersetzbarkeit menschlicher Arbeit. Bereits seit Mitte der 1980er Jahre werden im Rahmen der Arbeits- und Industriesoziologie neue Ansätze zur Analyse von menschlicher Arbeit bei fortschreitender Technisierung entwickelt. Im Hinblick auf anhaltende Automatisierungstendenzen erweisen sich die Befunde aus der industriellen Produktion, wonach *„Grenzen in der technisch-wissenschaftlichen Beherrschung [...] bei fortschreitender Verwissenschaftlichung und Technisierung in immer wieder neuer Weise entstehen“* (Bauer et al. 2006, S. 20; vgl. hierzu auch Perrow 1987, S. 179 und Woods 1996, S. 6), in diesem Zusammenhang als bedeutsam. Jede technische Weiterentwicklung beinhaltet gleichzeitig einen Anstieg der Komplexität des Gesamtsystems und kann nicht unbedacht grenzenlos vorangetrieben werden – zumindest nicht ohne neue Unwägbarkeiten der Technik zu kreieren und an Grenzen der Kontrol-

---

<sup>10</sup> Siehe bspw.: *„Ferngesteuerte Fernreisen“* (Süddeutsche Zeitung vom 23.01.2007); *„Fliegen ohne Pilot“* (Focus vom 22.01.2007); *„Die Zukunft hat schon begonnen“* (www.fr.de vom 02.12.2008); *„Fliegen ohne Piloten rückt näher“* (www.welt.de vom 16.01.2017); *„Boeing will Flugzeuge ohne Piloten fliegen lassen“* (www.aerotelegraph.com vom 11.06.2017).

lierbarkeit zu stoßen. Es gibt Anhaltspunkte, wonach im Flugverkehr unplanbare Abweichungen aufgrund vielfacher Einflussgrößen (wie z.B. Wetter) bei fortschreitender Technisierung weiterhin und in zunehmend komplexer Form auftreten. Dabei kann das Unplanbare, das gerade dort auftritt, wo Planung erfolgreich ist, nach Schulze, Carus (1995) als *Kritische Situation*<sup>11</sup> bezeichnet werden (vgl. Schulze 2001, S.67 ff; Schulze, Carus 1995).

Dies würde für den Bereich der Verkehrsfliegerei bedeuten, dass der Einsatz zunehmend komplexerer und vernetzter arbeitender Bordsysteme zwar im Idealfall (!) eine risikomindernde Unterstützung darstellt. Da jedoch auch hier eine vollständige Erfassung sämtlicher einflussnehmender Faktoren nicht möglich ist und die „Lücken“ einer technischen Programmierung ohnehin nicht zugänglich sind, steigen schon im Normallauf die nicht bestimmbareren Wechselwirkungen unzähliger alter und neu hinzugekommener Einflussgrößen an (zusätzlich zur schlechteren Einsicht in die Zusammenhänge). Die Beherrschung unbekannter Situationen verbleibt dabei bislang – analog den bereits untersuchten Arbeitsfeldern (vgl. z.B. Böhle 2004; Bainbridge 1987) – dem menschlichen Operateur. Weyer erklärt diesbezüglich, dass dieser „*neue Typus von Arbeit*“ sich daher durch den „*Umgang mit Unsicherheit*“ auszeichnet (Weyer 1997, S. 239). Grote weist in diesem Zusammenhang eindringlich auf die „*Grenzen der Kontrollierbarkeit komplexer Systeme*“ (Grote 2009b) hin. Da die Technik bislang (noch) nicht auf unbekanntere Situationen sachgerecht zu reagieren vermag, erscheinen die Argumente, die den Piloten und seine menschliche Kreativität und Problemlösefähigkeit als grundsätzlich entbehrlich einstufen, als fraglich. Bereits 1992 erhob Caesar daher die Forderung: „*Solange die Wissenschaft nicht in der Lage ist, den Menschen im Cockpit völlig zu ersetzen, muß die Herstellerphilosophie eine andere sein: Ansprüche, Fähigkeiten und Begrenzungen des Menschen müssen die Standards setzen, nicht der technologische Fortschritt*“ (Caesar 1992, zit. n. van Beveren 1997, S. 170). Denn noch fällt es weiterhin auf den Piloten und seine Verantwortung zurück, sämtliche Kritischen Situationen zu beherrschen und in jedem erdenklichen Fall eine Lösung zu finden – auch für den Umgang mit der Technik an Bord. Daher fordert Faber als Vorsitzender des *Forschungsnetzwerks*

---

<sup>11</sup> „*Damit sind Situationen und Ereignisse gemeint, die keineswegs permanente und umfassende chaotische Strukturen aufweisen; vielmehr treten kritische Situationen im Zusammenhang mit geordneten und planmäßig ablaufenden Prozessen auf, und zwar unerwartet sowohl hinsichtlich ihrer sachlichen Ausprägung als auch ihres Zeitpunktes*“ (Böhle 2004, S. 20).

für *Verkehrspilotenausbildung (FHP)*<sup>12</sup> eine höhere Qualifizierung des Piloten als notwendig ein. Und genau hier bestehen deutliche Kontroversen in der aktuellen Diskussion. Denn, so verkündete Mehdorn<sup>13</sup> – ehemals Vorsitzender der Geschäftsführung von Airbus in Deutschland – einst nachdrücklich, ein moderner Airbus könne doch mittlerweile auch von einer Sekretärin oder einem Schuljungen geflogen werden (vgl. van Beveren 1997, S. 108). Dringend zu bedenken ist dabei allerdings der Umstand, dass es bislang „keine Statistiken über Ereignisse bzw. Unfälle, die durch hoch qualifizierte, erfahrene Piloten verhindert wurden“ (Faber 2009b, S. 7), gibt.

Offensichtlich existieren sehr unterschiedliche Vorstellungen über die Rolle des Piloten im Mensch-Technik-System Cockpit. Denn obwohl Experten vermuten, dass es unter normalen Bedingungen bereits heute möglich wäre, weite Strecken des Flugprozesses ohne Zutun des Piloten durchzuführen, verbleiben offenbar Herausforderungen, welche nur durch einen Menschen bewältigt werden können. Und so sind, nicht zuletzt gestützt auf Prognosen bisheriger Forschung, trotz fortschreitender Automatisierung und trotz der Visionen von pilotenlosen Verkehrsflugzeugen in absehbarer Zeit weiterhin Technikkonzepte zu erwarten, die grundsätzlich davon ausgehen, dass auf die menschliche Beteiligung bei der Steuerung im Luftverkehr (noch) nicht verzichtet werden kann. Allerdings ist dabei unklar, wie genau die Rolle des Piloten bzw. sein Handlungsspielraum angesichts der hohen Technisierungsgrade eigentlich aussieht.

### *Menschliches Handeln mit komplexen technischen Systemen*

Zur Analyse von Arbeitsinhalten und Handlungsweisen von Piloten bietet es sich an, als konzeptionellen arbeitssoziologischen Einstieg eine allgemeine Interpretation von Arbeit in und mit hoch technisierten Anlagen zu betrachten. In herkömmlichen Ansätzen wird angenommen, dass – gemäß einem gesellschaftlich gepräg-

---

<sup>12</sup> *FHP*: Bei der *FHP* „handelt es sich um einen interdisziplinär zusammengesetzten Arbeitskreis aus Wissenschaftlern, Verkehrspiloten, Fluglehrern, Mitarbeitern von Fluggesellschaften, von Pilotenverbänden, der Luftfahrtadministration und der Flugsicherung aus dem deutschsprachigen Raum“ ([www.fhp-aviation.com](http://www.fhp-aviation.com) vom 27.09.2017).

<sup>13</sup> Von 1989 bis 1992 war Mehdorn Vorsitzender der Geschäftsführung der Deutschen Airbus GmbH in Hamburg. Von August 1992 bis 1995 war Mehdorn Vorstandsmitglied der Deutschen Aerospace AG (DASA) in München. ([www.Wikipedia.de](http://www.Wikipedia.de) vom 20.04.2016)

ten Leitbild der Technisierung – für jede technisch geleitete Steuerung und Ausführung von Arbeitsschritten eine wissenschaftlich-systematische Durchdringung der relevanten Bedingungen und Abläufe grundlegend ist.

Deutlich wird diese Annahme insbesondere an den Vorstellungen, wie eine optimale Handlungsweise in einem hoch technisierten Arbeitsprozess auszusehen hat. Indem vom Piloten ein rationales, logisches und systematisierbares Wahrnehmen, Denken und auch Handeln unter den Prämissen der Zweckmäßigkeit und Effizienz gefordert wird, erfolgt eine Anpassung des vorausgesetzten Wissens und auch der Arbeitsweise des Menschen an eine objektivierbare Logik. Für den sicheren Flugprozess sollen sämtliche Sinne demzufolge nur verstandesmäßig eingesetzt werden. Konstitutive Elemente von Subjektivität, wie Gefühle und Empfindungen, sollen im Arbeitshandeln vermieden werden und erfahren eine deutliche Abwertung. Insbesondere Unwägbarkeiten scheinen geradezu danach zu verlangen, möglichst objektiv bewertet und einem logischen Vorgehensmuster gemäß abgehandelt zu werden. Hierbei schwingt eine gewisse Ausschließlichkeit mit und andere, subjektive Elemente einer möglichen Handlungs- bzw. Vorgehensweise gelten somit als unerwünscht.

Etlche Entwicklungen in verschiedensten Arbeitsbereichen legen weitgehend diese Annahmen zugrunde und unterbinden durch das entsprechende wissenschaftliche Fundament zunehmend die Möglichkeiten, Arbeitsprozesse auf eine nicht systematisierbare Weise zu beherrschen (Böhle, Rose 1992). Dies führt schließlich dazu, dass das sogenannte Erfahrungswissen der Subjekte, als spezifische Wissensform, verdrängt wird. Lediglich ein objektivierbares Wissen gilt als zielführend.

Jedoch zeigen Untersuchungen in anderen Arbeitsbereichen, dass insbesondere Facharbeiter – im Sinne von Experten in einem Fachgebiet – „*vielfach eher intuitiv statt planmäßig-rational handeln*“ (Bauer et al. 2006, S. 31, unter Bezug auf z.B. Dreyfus, Dreyfus 1986; Anderson 1989; Brödner 1997) und ihre Handlungsweise damit keineswegs rein objektivierend und rational ist. Subjektive Erfahrungen scheinen eine Rolle zu spielen – zumindest in den bereits untersuchten Arbeitsgebieten in der industriellen Produktion. Demnach ergänzen die untersuchten Anlagenfahrer ihre in der Aus- und Weiterbildung vermittelten objektivierten Qualifikationen offenbar durch weitere Wissens- und Praxisformen.

Entgegen der Annahme, insbesondere Bediener hoch technisierter Systeme würden sich in ihrer Arbeitsweise optimalerweise ausschließlich den Logiken des

technischen Systems angleichen, erkennt man hier auch andere, erfahrungsgeleitete Vorgehensweisen der menschlichen Akteure. Böhle und Rose (1992) und Bauer et al. (2006) unterscheiden in diesem Zusammenhang das objektivierende vom subjektivierenden Arbeitshandeln. Während ersteres von technisierungsaffinen Leitvorstellungen geprägt ist und das als adäquat erachtete Handeln als planmäßig und zweckrational versteht, ist das subjektivierende Arbeitshandeln durch individuelle und erfahrungsgeleitete Fähigkeiten gekennzeichnet. Dabei wird das *„Erfahrungswissen zur Prozeßbeherrschung [...] vor allem in unvorhersehbaren Arbeitssituationen abgefordert und eingesetzt. Da in diesen Situationen eine andere Arbeitsweise notwendig wird, sind sie gegenüber derjenigen für vorwegplanbare Situationen kritisch“* (Schulze, Carus 1995, S. 30).

Fraglich ist jedoch, ob dies auch bei Piloten im Cockpit vorzufinden ist, sind sie doch mit der Forderung konfrontiert, die in der Aus- und Weiterbildung vermittelten Handlungs- und Entscheidungsprozesse rein rational und objektiv auszuführen – und dies insbesondere auch in sämtlichen Konstellationen Kritischer Situationen. Zwar finden sich in der Ausbildung gewisse Hinweise auf die Notwendigkeit praktischen erfahrungsgeleiteten Wissens, aber konkrete Ausführungen dazu fehlen.

Die Ähnlichkeit der Arbeitsplätze von Leitwarten in der Prozessleitindustrie und modernen Flugzeugcockpits lässt vermuten, dass eine Analyse vergleichbare Ergebnisse zeitigen würde.

Eine bereits durchgeführte Voruntersuchung zur Arbeit von Piloten (Cvetnic 2006b) weist bereits in diese Richtung. Hier konnten eindrucksvolle Ergebnisse sowohl zu Unwägbarkeiten als auch zur Rolle des erfahrungsgeleitet-subjektivierenden Handelns erzielt werden. Entgegen der Auffassung, die technische Ausgestaltung im Flugzeugcockpit reduziere die Arbeitstätigkeiten des Piloten auf Restaufgaben, ließen sich deutliche Hinweise finden, dass das Gegenteil der Fall ist. Das Streben nach Vollautomatisierung kreiert Situationen, die eine deutliche Erschwernis darstellen, da der Pilot mit neuen komplexen Schwierigkeiten umgehen muss. Diese Anforderungen werden in ihrer Qualität bislang völlig unterschätzt und in der technischen und organisatorischen Auslegung des Cockpits kaum berücksichtigt. Die Piloten werden durch die Technik ausgegrenzt und zudem auf eine rein systematisierbare Handlungsweise beschränkt. Jedoch zeigt die Flugpraxis deutlich, dass *„nie alles so funktioniert, wie die Konstrukteure es sich vorstellen“*. Die Piloten sind sich daher einig, für die sichere Ausübung ihres Berufs

unabdingbar „auch ein *Arschgefühl*“ für ihren Flieger zu benötigen. Gemäß den Interviewergebnissen lässt sich dieses subjektive Empfinden am ehesten mit den Kriterien für *erfahrungsgeleitet-subjektivierendes Arbeitshandeln* erfassen.

Die Ergebnisse der Untersuchung wurden u.a. bereits auf mehreren Fachtagungen und Symposiumsveranstaltungen vorgestellt (vgl. Cvetnic 2006a, 2008a, 2008b; Böhle, Cvetnic 2006) und speziell von Praktikern als ein bisher weithin verdecktes und tabuisiertes Praxisfeld verstanden. Eine weitere wissenschaftliche Klärung wurde durchweg begrüßt und als dringlich bewertet.

Die Voruntersuchung und die daran anschließenden Diskussionen bekräftigen die Vermutung, dass im Zuge der Automatisierung des Flugverkehrs und den damit verbundenen neuen Konfigurationen der Kooperation von Mensch und Technik (i.S.v. verteilter Handlungsträgerschaft) in der Praxis Unwägbarkeiten auftreten, die bisher weitgehend verdeckt sind. Sie unterliegen der gleichen Paradoxie, wie sie in der industriellen Produktion festgestellt wurde: Je besser sie durch die (verbleibende) menschliche Arbeit ausgeglichen werden, je besser die menschliche Arbeit also das Funktionieren gewährleistet, umso weniger werden sie offensichtlich. Entscheidend ist hier, dass nicht die spektakulären Störungen im Fokus liegen, sondern kleine, alltägliche Vorkommnisse, welche durch den fortwährenden gewährleistenden Einsatz des Menschen gar nicht erst als Störungen wahrgenommen werden und daher bislang den offiziellen Sichtweisen weitgehend entgehen.

### *These und Zielsetzung der Untersuchung*

Die These dieser Untersuchung lautet, dass auch dann, wenn menschliche Arbeit grundsätzlich als unverzichtbar betrachtet wird, nach wie vor wichtige menschliche Leistungen und Kompetenzen offenbar unterschätzt und ausgeblendet werden. Dies betrifft im Besonderen die Bewältigung von Grenzen der Planbarkeit und von Unwägbarkeiten technischer Systeme, wie sie in Form Kritischer Situationen im Normallauf auftreten.<sup>14</sup>

---

<sup>14</sup> Mit dem Begriff „Normallauf“ wird in vorliegender Arbeit der „normale“ Berufsalltag ohne jegliche Un- oder Vorfälle mit Gefährdungspotenzial beschrieben.

In den bisherigen Qualifikations- und Ausbildungsprofilen<sup>15</sup> von Verkehrsflugzeugpiloten moderner, hoch technisierter Flugzeuge wird die Wichtigkeit einer rein kognitiv-rationalen und objektivierenden Arbeitsweise stets hervorgehoben. Die Bedeutung von Erfahrungswissen und damit einhergehendem informell-situativen Arbeitshandeln taucht dort jedoch kaum auf und wird bislang grundsätzlich unterschätzt. Diese Feststellung basiert sowohl auf den Ergebnissen der eigenen Voruntersuchung (Cvetnic 2006b) als auch auf weiterführenden Gesprächen mit Piloten und der regelmäßigen Teilnahme an fachspezifischen Veranstaltungen. Piloten selbst sehen demnach nicht selten ihre Fähigkeiten als unterschätzt an.

Ziel der Untersuchung ist somit eine arbeitssoziologische Analyse der Tätigkeit von Piloten. Ausgehend von den Befunden zur veränderten Rolle des Menschen in komplexen Systemen, stehen der Umgang mit *Grenzen der Planbarkeit* und die Bewältigung von *Unwägbarkeiten* technischer Systeme im Flugverkehr im Mittelpunkt. Die Untersuchung richtet sich auf das Zusammenwirken von Mensch und Technik nach dem Konzept der *Verteilten Handlungsträgerschaft* und fragt in diesem Rahmen nach in der Praxis auftretenden, aber bei der Auslegung technischer Systeme und im Personaleinsatz nicht berücksichtigten Anforderungen an menschliche Arbeit. Für die vorliegende Arbeit interessiert demnach vor allem, inwieweit im Konzept der Verteilten Handlungsträgerschaft zwar einerseits von Grenzen der Technisierung und einer damit einhergehenden Arbeitsteilung zwischen Mensch und Technik ausgegangen wird, andererseits aber zugleich bei den der Technik zugewiesenen Aufgaben eine weitgehend funktionierende Technik unterstellt wird. Damit wird im Kontext Verteilter Handlungsträgerschaft die Annahme eines grundsätzlich funktionierenden technischen Kooperationspartners kritisch hinterfragt. Das Konzept der *Verteilten Handlungsträgerschaft* lässt sich so mit den in der Arbeitssoziologie entwickelten Konzepten der *Unwägbarkeiten* technischer Systeme und der *Kritischen Situationen* verbinden.

Es wird vermutet, dass die Unwägbarkeiten in automatisierten Prozessen zu bislang unterschätzten Anforderungen an den Piloten führen. Dies gilt insbesondere für die Tätigkeiten des Piloten im Normallauf. Demzufolge wäre sein alltäg-

---

<sup>15</sup> Detaillierte Auflistungen dazu finden sich u. a. bei Dittrich (2000, S. 120f), Faber (1994, S. 53f), Hanke (2003) und allgemeiner bei Schwahn (2009) und Stünkel (2015).

licher Aufgabenbereich um einen wesentlichen Teil, der bislang weder in der Praxis noch in der Forschung vollständig erfasst wird, bedeutsamer.

Die Herausforderungen im Arbeitsalltag beherrscht der Pilot dabei nicht nur, wie herkömmlich angenommen, basierend auf seinen objektiven und rein rationalen Kenntnissen und Handlungsweisen. In dieser Untersuchung wird vielmehr angenommen, dass der Pilot auch anders handelt. Um das informell-situative Handeln von Piloten kenntlich zu machen, wird auf das Konzept des *erfahrungsgeleitet-subjektivierenden Handelns* zurückgegriffen und es wird für die empirischen Erhebungen operationalisiert. Es ist hier speziell darauf hinzuweisen, dass mit dem Konzept des erfahrungsgeleitet-subjektivierenden Handelns unterschiedliche Forschungsansätze, die sich auf ein informell-situatives Handeln beziehen, wie z.B. das Konzept des situativen Handelns (Suchmann 1987), des intuitiv improvisierenden Handelns (Volpert 2003) und des impliziten Wissens (Polanyi 1985), integriert werden (vgl. Böhle 2009a).

Hiermit erweitert sich die Verbindung konzeptueller Ansätze erneut, indem die Frage nach dem Arbeitshandeln der Piloten gestellt und mit den Konzepten der *Verteilten Handlungsträgerschaft* und den *Kritischen Situationen* in Beziehung gesetzt wird. Die leitenden Fragestellungen ermöglichen es so, die Ansätze in originärer Weise miteinander zu verbinden. Letztlich ist es durch eine systematische Verbindung sämtlicher angewandter Konzepte möglich, zu einer integrierten Sichtweise zu gelangen (Ansätze hierzu finden sich bereits bei Schubert 2006).

In Erweiterung bisheriger Untersuchungen zum Umgang mit Unwägbarkeiten technischer Systeme wird mit vorliegender Arbeit ein weiteres, bisher noch wenig beachtetes, jedoch aktuell brisant diskutiertes Arbeitsfeld berücksichtigt und als technisches Setting in den Blick genommen. Dessen hohe Bedeutung ergibt sich aus dem Umstand, dass Risiken in Verkehrssystemen noch weit unmittelbarer auf die Gefährdungen menschlichen Lebens durchschlagen, als dies beispielsweise im Rahmen industrieller Produktion der Fall ist. Eine realistische Einschätzung der Grenzen der Automatisierung und der notwendigen Rolle menschlicher Arbeit ist daher von hoher sicherheits- und gesellschaftspolitischer Bedeutung.<sup>16</sup> Vorliegende Arbeit zielt damit auch auf einen praktischen Nutzen: Sie beabsichtigt, auf technische Risiken hinzuweisen, die auch dort weitgehend unterschätzt werden,

---

<sup>16</sup> In der industriellen Produktion (die ehemals als Domäne der Technisierung galt) hat mittlerweile eine realistischere Einschätzung Einzug gehalten.

wo grundsätzlich menschliche Arbeit als nicht ersetzbar angesehen und von einer Kooperation von Mensch und Technik ausgegangen wird.

Die Fokussierung auf – im Erfolgsfall – weitgehend *unsichtbar* bleibende Leistungen kann als Grundlage für neue Perspektiven auf zukunftsorientierte Wege der Arbeitsgestaltung – insbesondere im Bereich Personalplanung und -einsatz – sowie der Qualifizierung von Cockpitpersonal betrachtet werden.

Gemäß der Zielsetzung, ein möglichst differenziertes Bild über die Tätigkeit des Piloten zu erstellen, bietet es sich an, die Arbeit in zwei Teile zu gliedern:

→ Teil A: **Was** muss der Pilot (noch) machen? Was sind seine Anforderungen?

→ Teil B: **Wie** muss er das machen bzw. wie bewältigt er diese Anforderungen?

Beide Schwerpunkte werden der Übersichtlichkeit halber getrennt abgehandelt, jeweils mit eigenen Abschnitten zum Stand der Diskussion, zu offenen Fragen und zu den empirischen Ergebnissen. Teil B baut auf den Ergebnissen von Teil A auf und bezieht sowohl die dort formulierten theoretischen Grundlagen wie auch die empirischen Befunde stets mit ein. Da eine strikte Trennung insbesondere innerhalb der Interviewsequenzen bzw. Beobachtungen thematisch nicht möglich ist, finden sich in den Ergebnissen wiederholt Hinweise auf die im jeweils anderen Hauptteil fokussierten Themen. Auch werden einzelne Sequenzen mehrfach analysiert.

**Teil A – Was muss der Pilot (noch) machen?**



## 2 Die Arbeit von Piloten – Stand der Diskussion

### 2.1 Pilot und Technik

Die technische Ausgestaltung von Verkehrsflugzeugen hat seit den Anfängen der Fliegerei eindrucksvolle Veränderungen erfahren. Erstmals gelang es Otto Lilienthal im Jahr 1891, einen Gleitflieger zu entwickeln und zu testen. Etwas mehr als eine Dekade später waren bereits deutliche technische Fortschritte erreicht, als die Gebrüder Wright 1903 den ersten motorisierten und gesteuerten Flug – über stolze 45 Meter – durchführten. Es begann eine nahezu beispiellose technische Weiterentwicklung, welche stets auch die Anforderungen an den jeweiligen Lenker der Maschine bestimmte.

#### 2.1.1 Pilot im Cockpit – Einsatz der Sinne

In den frühen Jahren der Fliegerei bestand das Aufgabengebiet eines Piloten noch aus abwechslungsreichen manuellen Stell- und Steueraufgaben, verbunden mit dem vielseitigen Einsatz aller zur Verfügung stehenden menschlichen Sinne. *„Das waren noch Zeiten, als Lufthansa-Piloten beim Blindflugtraining auf der Junkers W 33 ihre Position nach den vom Boden aufsteigenden Gerüchen bestimmten. ‚Jetzt sind wir über Spandau-West‘, sagt zum Beispiel Robert Lissau zu seinem Fluglehrer, als der Geruch von frisch geröstetem Kaffee bis ins Cockpit aufstieg. Denn sie hatten gerade die Kaffeerösterei von Kaisers Kaffeegeschäft überflogen“* (Braunburg 1994, S. 44). Zu dieser Zeit reichte die Vorstellungskraft für die technische Komplexität, wie sie in modernen Flugzeugen existiert, bei weitem nicht aus, befanden doch viele Piloten der damaligen Zeit sogar, dass Instrumente im Cockpit eigentlich nicht erforderlich seien. *„Die Flughöhe ließ sich doch einwandfrei durch einen einfachen Blick zum Erdboden abschätzen, das Pfeifen der Spannkräfte gab Auskunft über die Geschwindigkeit und der Motor konnte ganz hervorragend anhand seiner ohnehin unüberhörbaren Geräuschkulisse kontrolliert werden. Bei der Navigation kam der individuellen Ortskunde des Piloten herausra-*

gende Bedeutung zu und über die Lage im Raum informierte präzise das eigene Gefühl und der sichtbare Horizont“ (Littek 2002, S. 8).

Der Anspruch, die Flugdurchführung nachhaltig zu verbessern, brachte die menschlichen Sinne im Laufe der Zeit an ihre Grenzen. Zunächst wurden einfache Bord-(Assistenz-)Systeme entwickelt, welche dem Piloten sinnvolle Informationen beispielsweise über die Flughöhe vermittelten.

Die immer zahlreicheren Einzelinformationen erforderten schließlich die Einteilung in verschiedene Arbeitsbereiche. Diese wurden noch bis in die 1960er Jahre auf eine bis zu fünfköpfige Cockpitbesatzung übertragen. Neben den zwei Piloten befanden sich ein Bordingenieur und, bei Überseeflügen, zusätzlich ein Funker und ein Navigator an Bord (vgl. Littek 2002, S. 10).<sup>17</sup>

Durch die zunehmende Etablierung innovativer Bordsysteme sank die Arbeitsbelastung im Cockpit deutlich. Dabei spielten vor allem diejenigen Systemneuerungen eine bedeutende Rolle, welche nicht lediglich einer Darstellungsfunktion dienten, sondern automatisiert bestimmte Abläufe des Flugprozesses übernehmen konnten. Von den vormals bis zu fünf Besatzungsmitgliedern sind heute nur mehr zwei Piloten im Cockpit verblieben. Sämtliche Aufgaben der weggefallenen Besatzungsmitglieder werden heute technisch substituiert bzw. sind in das Aufgabengebiet der beiden Piloten integriert. Seither sind die Arbeitsaufgaben und Tätigkeiten im Cockpit stark durch automatisierte Prozessabläufe der Bordtechnik geprägt.

Dank moderner Systeme wie dem *FMS*<sup>18</sup> werden die Piloten heute nicht nur von Routineaufgaben entlastet, sondern zunehmend auch von Steueraufgaben. Steuerkommandos der Cockpitcrew werden zunächst an die Flugkontrollcomputer weitergegeben und von diesen geprüft und verarbeitet. Die Übertragung der Steuereingaben erfolgt dabei – herstellerabhängig – über das im Frontbereich des Piloten angebrachte Steuerhorn oder mittels *Sidestick* (seitlich angebrachter Steuerknüppel, vergleichbar mit einem Joystick). Statt der vormals üblichen mechanischen Übertragung der Steuerbefehle durch Stahlseile oder Hydrauliksysteme werden die Kommandos heute durch die sog. *Fly-by-wire*-Technik (Kabelsteuerung) mittels Sensoren erfasst. Elektrische Signale erzeugen dann die Bewegung

---

<sup>17</sup> Zur historischen Entwicklung von Flugzeugcockpits von den Anfängen bis ins Jahr 1968 siehe ausführlich Schuivens 2015.

<sup>18</sup> Ein *FMS* (Flight Management System) ist ein hoch entwickelter Autopilot mit erweiterten Funktionen.

des Flugzeugs. Hierbei ist es möglich, dass sämtliche äußere Einflüsse bereits einberechnet und ausgeglichen werden. Flugzustände, welche nicht erwünscht sind, wie z.B. eine zu hohe oder zu niedrige Geschwindigkeit oder große Schräglagen, können damit vom Flugzeug selbst, ohne Zutun der Piloten, automatisch kompensiert werden. Der Pilot muss diese fliegerischen Anforderungen in seiner Arbeit daher nicht mehr berücksichtigen (vgl. Hanke 2003, S. 58).

Je weiter das Ausmaß der Technisierung voranschreitet, desto weniger erscheinen die vielfältigen menschlichen Fähigkeiten und Sinne, wie sie noch in den ersten Flugmodellen notwendigerweise zum Einsatz kamen, in ihrer Funktionalität und Bandbreite erforderlich. Mit dem Abnehmen mühseliger Rechen- und manueller Steueraufgaben erhöht sich allerdings gleichzeitig die Anzahl technisch hochentwickelter und nur noch bis in gewisse Subebenen durchschaubarer Bordsysteme. Die Konzentration bei der Informationsaufnahme verlagert sich zunehmend auf die (sichtbaren und von den Herstellern als notwendig empfundenen) Systemanzeigen und damit auf den visuellen Kanal des Piloten.

### *2.1.2 Technik im Cockpit – Einsatz von Logik*

Eine der wesentlichen Triebfedern, die Automatisierungstechnik weiterzuentwickeln, ist das Wissen um die unvermeidliche Fehlerhaftigkeit des Menschen. Sobald Aufgaben in sicherheitskritischen Bereichen komplexer werden, können sich schon kleine Fehler verheerend auswirken. Da Computeranlagen schneller und präziser reagieren und zudem wesentlich mehr Komponenten gleichzeitig steuern und überwachen können, ist die Diskussion, inwieweit Technisierung und Automatisierung in Verkehrsflugzeugen zum Einsatz kommen sollten, in bestimmten Teilbereichen bereits zugunsten der Technik entschieden.<sup>19</sup> Bedenkt man die Anforderungen, die beispielsweise die Verkehrsdichte in der Luft mit sich bringt, oder die Notwendigkeit, auch in schlechten Wetterverhältnissen Flüge durchzuführen, stellen die Bordsysteme wie auch die technischen Systeme der Flugsicherung eine unverzichtbare Unterstützung dar. So sind Landungen unter schlechtesten Sichtbedingungen heute durch moderne Autopilotensysteme vollautomatisiert

---

<sup>19</sup> Ausführlicher zur Diskussion um die Vorteile von Technisierung bzw. Automation wie auch zu sicherheitskritischen Bedenken siehe [www.skybrary.aero/index.php/Cockpit](http://www.skybrary.aero/index.php/Cockpit) vom 20.09.2017 (Cockpit Automation – Advantages and Safety Challenges).

durchführbar und ersparen aufwendige Ausweichlandungen und gefährliche manuelle Manöver. Es werden Systeme wie das *GPWS*<sup>20</sup> (Bodenannäherungswarnsystem) eingesetzt, die rechtzeitig vor einer Bodenberührung warnen. Mit Hilfe von Wetterradar und Windscherungswarnsystemen<sup>21</sup> lassen sich *environmental hazards* (gefährliche Wettererscheinungen) frühzeitig auf den Anzeigen erkennen und damit leichter beherrschen. Dank *trouble shooting* (organisierte Fehlerbehebung) stehen Techniker bei Bedarf sofort zur Stelle und können via Funkverbindung die Piloten unterstützen (vgl. Braune R.J. 1994, S. 37).

Ohne hoch technisierte Bordsysteme könnten auch wirtschaftliche Aspekte, wie z.B. Treibstoffeinsparungen (durch eine automatisierte und daher sehr präzise Flugführung) oder eine optimale Verkehrsplanung, nicht annähernd so effizient berücksichtigt werden (vgl. Klampfer 2002, S. 38; Perrow 1987, S. 180). Die Reduzierung der Cockpitcrew auf zwei Piloten bedeutet letztendlich auch wesentliche Einsparungen im Personalaufwand. Bei den Überlegungen zu den Kosteneinsparungen muss außerdem beachtet werden, dass die Entwicklungskosten für computergestützte Systeme, insbesondere auf dem Gebiet der Mikroelektronik, mittlerweile enorm gefallen sind (vgl. Kruse 1995, S. 226). Leistungsverstärkende Bordrechner ermöglichen folglich nicht nur eine höhere Wirtschaftlichkeit, sondern sind durch die gesunkenen Anschaffungskosten auch schnell amortisiert.

Dabei sind diejenigen Abläufe, die in der Vielzahl ihrer Ausprägungen und in ihrem Zusammenwirken eindeutig erfasst und festgelegt werden können, für eine technisch-wissenschaftliche Beherrschung zugänglich (vgl. Böhle, Rose 1992, S. 6) und entsprechen den Kriterien für eine (plausible) Übertragung der Arbeitsaufgabe an die Maschine. Auf Basis einer möglichst vollständigen Erfassung aller wesentlichen Einflussfaktoren entwickeln Ingenieure hoch technisierte Systeme, die Arbeitsabläufe im Flugverlauf automatisch ausführen bzw. technisch unterstützen, welche in den vorhergehenden Flugzeuggenerationen noch manuell, unter Zuhilfenahme menschlicher Fähigkeiten und Kompetenzen, durch die Cockpitcrew verrichtet werden mussten. Die technischen Systeme stützen sich dabei auf vorab programmierte Daten und funktionieren nach algorithmisierbarer Gesetzmäßigkeit.

---

<sup>20</sup> Die Abkürzung *GPWS* (engl.) steht für Ground Proximity Warning System.

<sup>21</sup> Mit *Windshear Alerting Systems* (engl. für Windschwerungswarnsystem) arbeiten sowohl die Flugsicherung als auch die Besatzung im Flugzeug, um die Gefahr des Auftriebsverlustes durch Scherwinde in Bodennähe im Voraus zu erkennen.