

*Jörg Potthast*

**Die Bodenhaftung der Flugsicherung**

Technical University Technology Studies  
Working Papers

**TUTS-WP-8-2007**

# Die Bodenhaftung der Flugsicherung

Jörg Potthast

Abb.1: Kontrollstreifen der Flugsicherung (Quelle: Milde o.J.)

R	TALAL	190	320	M	A321	EDDM LFPG 0931	48
0949	ALB	1			VC 4751	UL610 LOHRE	.....
		3				UL984 BOMBI	
	LANGI		260	A3721	450	BI	0953

## Prolog

Kontrollstreifen der Flugsicherung sind 13,5 cm mal 2,5 cm groß. Sie werden 20 Minuten vor Eintritt eines Flugzeugs in einen Sektor ausgedruckt, auf eine Plastikschiene gezogen und in eine Tafel einsortiert. Die Abbildung zeigt einen Kontrollstreifen der Flugsicherung des oberen Luftraums, Regionalzentrum Karlsruhe. "VC 4751", in der Mitte, ist die Bezeichnung des Flugs: Voyageur Airlines 4751. Rechts darüber ist der Flugzeugtyp notiert: "A321" steht für "Airbus 321". Oben in der rechten Spalte stehen Abflug- und Zielort: Der Flug geht von München ("EDDM") nach Paris Roissy ("LFPG"). Links auf mittlerer Höhe und rechts unten sind Zeitangaben: Das Flugzeug fliegt zwischen 9h49 und 9h53 durch den Sektor, den der Fluglotse betreut. Innerhalb des Sektors passiert "VC 4751" zwei Kreuzungen: "TALAL" und "ALB", dazwischen vergeht eine Minute. Drei Minuten später übergibt der Lotse den Flug an ein benachbartes Zentrum: Langen ("LANGI"). Das Flugzeug erreicht bei 32.000 Fuß ("320") seine "Reiseflughöhe"; die Karlsruher Flugsicherung hat es auf Flughöhe "190" übernommen. Verabredet ist die Übergabe in den Nachbarsektor auf Flughöhe "260", also 26.000 Fuß. Läge nun ein zweiter Kontrollstreifen vor, aus dem hervorgeht, dass um 9h50 ein Flugzeug auf derselben Flughöhe kreuzt, dann bleiben etwa 20 Minuten, um den "Konflikt" zu "koordinieren". Eine Möglichkeit besteht darin, das Flugzeug per Funk aufzufordern, die Flughöhe zu wechseln. In diesem Fall wird auf dem Kontrollstreifen die Flughöhe "190" durchgestrichen. Darunter wird, sobald der Pilot die Anweisung bestätigt hat, mit Bleistift auf Papier die neue Flughöhe notiert.

Der vorliegende Beitrag geht der Frage nach, welche Rolle Papierstreifen in der Praxis der Flugsicherung spielen (Abschnitte 2 und 3). Diese Frage wirft eine Reihe von konzeptuellen Problemen zum Verhältnis von medialer Repräsentation und Unfällen auf (1), deren Bearbeitung - jenseits von mikroskopischen oder makroskopischen Auflösungen - noch weitgehend aussteht (4).<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Der vorliegende Text ist die überarbeitete Version eines Vortrags, den ich am 7.11.2007 im Forschungskolloquium Technik- und Innovationsforschung an der TU Berlin gehalten habe. Er geht auf eine Forschungskoooperation mit dem Centre de Recherche des Techniques, des Connaissances et des Pratiques (CETCOPRA; Univ. Paris 1) im Jahr 2001 zurück. Auf der Grundlage ausdauernder empirischer Feldforschungen leistet die Forschungsgruppe CETCOPRA eine ungewöhnliche Verbindung aus Techniksoziologie, Technikanthropologie und kritischer Technikphilosophie (vgl. Bowker 1996). Ethnografische Feldforschungen der Gruppe haben sich dem Cockpit von Zivil- und Militärflugzeugen (Moricot 1992; 2004), der Entwicklung von Flugzeugen (Scardigli et al. 2000), der Flugzeugwartung (Moricot 2001), der Technikentwicklung bei der Flugsicherung (Poirot-Delpech 1995), der Wartung bei der Flugsicherung (Martin 2000), der Flugsicherung (Vongmany 1998; Dubey 2006), dem Einsatz von Simulationen in der Pilotenausbildung und in der Flugsicherung (Dubey 2001a; b) und dem Kabinenpersonal bei Langstreckenflügen gewidmet (Dubey et al. 2000). Die genannten Belegschaften übergreifende und zueinander in Beziehung setzende Analysen finden sich in "Faced with automation: The pilot, the controller

## 1. Unfälle und ihre Repräsentation: Organisationsethnografische Zugänge

Die sozialwissenschaftliche Technik- und Risikoforschung hat oft auf die Nachträglichkeit von Unfalldarstellungen aufmerksam gemacht: Repräsentationen, die *post hoc* von Unfällen kursieren, seien nicht mit den Bedingungen zu verwechseln, mit denen das Betriebspersonal *in situ* konfrontiert ist. Vermeintlich unverwüsthche und neutrale Medien der Aufzeichnung genügen nicht dem Anspruch der Objektivität, wenn es um die Darstellung von Unfällen geht. Selbst die Black Box, die es erlaubt, nach einem Flugzeugabsturz den Flugschreiber zu bergen, bietet manchmal keine oder keine verlässliche Daten über das Unfallgeschehen. *Die Black Box zu öffnen und "leer" vorzufinden*, ist eine analytische Grundoperation der sozialwissenschaftlichen Technik- und Risikoforschung (Winner 1993; Potthast 2006). Zahlreiche Studien haben diesen Defekt der Black Box nachgewiesen. Die Nachträglichkeit von Unfallrepräsentationen festzustellen, ist darum für den genannten Forschungszusammenhang keine neue Erkenntnis, sondern eher der Ausgangspunkt.

Auf der anderen Seite hat die Technik- und Risikoforschung zur "Re-Objektivierung" von Unfällen angeregt. Gegenläufig zur Allgemeinen Soziologie, die sich sehr schwer tut, Unfälle als legitimen Untersuchungsgegenstand anzuerkennen (Green 1997: 15), hat sie Ansätze hervorgebracht, die das Problem der nachträglichen Darstellung umgehen oder zumindest entschärfen. Hervorzuheben sind zunächst die Arbeiten von Charles Perrow (1984; 1999), die einen wichtigen Impuls für Forschungen über die Binnendynamik von Störfällen und Pannen gegeben haben. Perrow kommt das Verdienst zu, Differenzen zwischen Unfallverläufen herausgearbeitet zu haben. Seit Unfälle unter Verlaufsaspekten analysiert werden, erscheinen sie nicht mehr punktuell, geschlossen und unteilbar, sondern als eine Verkettung von Ereignissen, die zwar eine hohe Binnendynamik entwickeln kann, aber mehr oder weniger für Interpretationen und Interventionen zugänglich bleibt. Perrow argumentiert, dass die Spielräume für Diagnosen und Eingriffe von objektiv beschreibbaren Systemtypen abhängig sind. Demnach wäre die Feststellung der Nachträglichkeit zu relativieren. Ob Unfallrepräsentationen nachträglich sind, darüber entscheidet das Systemdesign.

Der geschilderte Versuch, das Problem der Nachträglichkeit (das auch wissenschaftliche Darstellungen betrifft) zu unterlaufen, um Unfälle als einen Gegenstand empirischer Forschung zu gewinnen, lässt drei Ansatzpunkte erkennen, die für weite Teile der sozialwissenschaftlich orientierten Technik- und Risikoforschung seither typisch und selbstverständlich sind. Erstens bleibt nicht unbestimmt, für wen Unfälle nachträglich oder nicht nachträglich repräsentiert werden: Entscheidend ist der Standpunkt des Betriebspersonals. Zweitens wird das Attribut "nachträglich" neu bestimmt: Nur wenn eine Unfallrepräsentation keine Interventionschancen bietet, wäre sie als nachträglich zu bezeichnen. Damit wird drittens die Definition von Unfällen ausgeweitet: Als solche zählen auch potenzielle Unfälle, die noch abgewendet werden konnten.

Auch die Forschung über "hochgradig verlässliche Organisationen" (La Porte & Consolini 1991; Rochlin 1993) hat dazu beigetragen, die Feststellung der nachträglichen Unfallrepräsentation zu lockern. Wie es der Name anzeigt, hat sich dieser Forschungszusammenhang mit Organisationen beschäftigt, die technische Systeme betreiben und dabei praktisch keine Unfälle zulassen. Genau diese Leistung, die aktive Produktion von Sicher-

---

and the engineer" (Gras et al. 1994; vgl. Gras 1989). Etwa gleichzeitig erschien, stärker techniktheoretisch und -historisch orientiert als die zuvor genannten Arbeiten, "Grandeur et dépendance. Sociologie des macro-systèmes techniques" (Gras 1993), der französische Beitrag zur Forschung über "Große technische Systeme" (vgl. Gras 1997; 1999). Eine darin bereits erkennbare technikkritische Perspektive (vgl. Joerges 1996) wird dann in späteren Arbeiten von Alain Gras sichtbar (Gras 2003; 2007). Diese Aufzählung dokumentiert erstaunliche Kontinuität. Das Spektrum der von CETCORPRA geleisteten Forschungen wird auch an der Zahl der Auftraggeber und Projektpartner erkennbar. Dennoch bleibt diese Liste unvollständig.

heit, sei erklärungsbedürftig. Wer dagegen den sicheren Betrieb als die Abwesenheit von Unfällen bestimmt, pflege ein eigentümlich passives Verständnis von Sicherheit (Rochlin 1999: 10; Rochlin 2003). Aus dieser Darstellung, der ich mich im Weiteren anschließe, ergibt sich die folgende Fragestellung: Wie unterbinden Organisationen Unfälle, die im Entstehen begriffen sind? Über welche Techniken und Routinen der Repräsentation, Unfälle vorwegzunehmen, verfügen diese Organisationen?<sup>2</sup>

Wenn sich die medial vermittelte Repräsentation von Pannen, auf die das Kontrollraumpersonal angewiesen ist, selbst als anfällig herausstellt, spricht Larry Hirschhorn (1984) von Pannen zweiter Ordnung. Diese Differenzierung des Pannen- bzw. Unfallbegriffs ist bedeutsam, insbesondere im Fall des hier untersuchten Beispiels. Wenn nicht abstrakt, sondern vom Standpunkt des Betriebspersonals von der Nachträglichkeit der Unfalldarstellung die Rede ist, macht es einen erheblichen Unterschied, ob das Betriebspersonal in einer virtuellen Welt arbeitet (also keinen direkten Zugriff auf Pannen erster Ordnung hat) oder nicht.

Das Problem der Nachträglichkeit der Unfalldarstellung stellt sich nicht, wenn Techniken *als* Medien definiert werden. Interessanterweise kehrt sich das Problem der Repräsentation dann genau um: Schwierigkeiten bereitet nun die Darstellung des Normalbetriebs! Solange Technik reibungslos funktioniert, funktioniert sie als Medium und entzieht sich der Beobachtung. Nur wenn sie nicht mehr funktioniert, verliert sie den Charakter als Medium, wird sichtbar und erstarrt zur "Installation" (Halfmann 1995). Dieser Vorschlag zur Konzeptualisierung ist phänomenologisch sofort einsichtig. Er verleitet jedoch dazu, von den enormen Anstrengungen abzusehen, die darauf verwendet werden, technische Abläufe minutiös und ohne Unterbrechungen zu repräsentieren. Die Technik, die "als Medium" funktioniert, ist von den Techniken der Repräsentation betrieblicher Zustände zu unterscheiden. "Die" Medialität technischer Medien, ob sie im Normalbetrieb verborgen bleibt oder im Unfall offenbar wird, verteilt sich auf mehrere technische Träger, aber wie ist dieses Nebeneinander unterschiedlicher "Medialitäten" anspruchsvoll zu fassen? Wie lässt sich die Differenz zwischen unterschiedlichen medialen Trägern bewahren und wie lassen sich die Formen ihrer Vermittlung beobachtbar machen? In Pannen und Störfällen zeigt sich nicht nur die Medialität des Mediums. Es zeigt sich auch, dass die Unterstellung medialer Konvergenz im technischen Betrieb unhaltbar ist. Wer gegen Versprechen dieser Art einen Standpunkt medienethnologischer Symmetrie bezieht; wer der Informationstechnologie kein Primat gegenüber der Sachtechnik einräumt; wer bestreitet, dass sich eine medientechnische Revolution ereignet hat oder die Behauptung hinterfragt, wir seien im Zeitalter medialer Konvergenz angekommen, muss nach einer alternativen Erklärung für die genannten Fragen suchen: Wie erklärt sich der verlässliche Betrieb technischer Systeme, in denen die Differenz der Medien fortbesteht? Wie werden technische Abläufe, die sich auf unterschiedliche mediale Träger verteilen, aufeinander abgestimmt?<sup>3</sup> Um diese Fragen zu beantworten, bedarf es einer Beobachtungstechnik, die es erlaubt, den technischen Normalbetrieb zu exotisieren. Unfälle, abgewendete Unfälle und Pannen sind

---

<sup>2</sup> Für einen Überblick zur Forschung über "Highly reliable organizations" (HRO), vgl. Roberts (1993). Weitere Arbeiten zur Flugsicherung, die diesem Ansatz nahe stehen, haben Todd La Porte (1998), Johan Sanne (1999) und Diane Vaughan (2005) vorgelegt. Mathilde Bourrier (1999; 2001) hat den Ansatz der HRO von Berkeley nach Frankreich und in die Schweiz importiert. Ihre empirischen Arbeiten widmen sich der Wartung von Atomkraftwerken, dem anderen großen Untersuchungsfeld der HRO-Studien. Zum Umgang mit Risiken in AKWs und aus einer ähnlichen Perspektive, vgl. Perin (2005).

<sup>3</sup> Programmatisch wurde Sensibilität für die Differenz der Medien unter anderem vom Bruno Latour (1991; 1996), Werner Rammert (1998) oder auch von Erhard Schüttelpelz (2005) und Jörg Strübing (2006) eingefordert. Wenn die hier genannten Autoren dieses Postulat nur teilweise in empirischen Arbeiten umgesetzt haben, dann liegt das nach meiner Einschätzung an einem noch kaum gelösten Darstellungsproblem: Wie lässt sich die Praxis der zwischenmedialen Vermittlung (im technischen Betrieb) so darstellen, dass sie gegenüber den medialen Trägern nicht nachrangig erscheint?

durchaus Teil des Untersuchungsprogramms; zu betonen ist allerdings, dass sie im Namen eines besseren Verständnisses des Normalbetriebs analysiert werden. Anhand des Umgangs mit Pannen und Unfällen lässt sich herausstellen, wie voraussetzungsvoll und unordentlich vermeintlich geordnete Betriebsabläufe sind. "Accidents and their subsequent inquiries are perhaps the only passing moment when outsiders may glimpse the routinely less orderly, less rule-controlled world of technology and science. However, because it is seen this way only around accidents, the belief is consolidated that normally practices are more orderly" (Wynne 1988: 150). Ethnografische Analysen des Normalbetriebs sind darauf angewiesen, Unfälle zu untersuchen und zugleich analytisch auf Distanz halten. Andernfalls droht der Rückfall in ein Schema von Regel (erklärt den Normalbetrieb) und Ausnahme (erklärt den Unfall), das gerade nicht vorausgesetzt werden kann, sondern zur Untersuchung ansteht. Auch diese Einsicht hat Brian Wynne auf den Punkt gebracht: "Practices do not follow rules; rather, rules follow evolving practices" (Wynne 1988: 153). Der Betrieb riskanter technischer Systeme ist eine Domäne von Spezialisten, die bemerkenswerte Routinen im Umgang mit Pannen entwickelt haben. Umgekehrt seien es die Routinen weitgehend abgeschotteter Praxisgemeinschaften, in denen sich die Definition von Regeln verschiebt (Wynne 1988; vgl. Vaughan 1996). Günther Ortman (2003) hat diesen Punkt gesehen und stark zugespitzt: Sein Forschungsinteresse gilt den tolerierten Abweichungen von der Regel, die dazu beitragen, Betriebsabläufe auf hochgradig verlässliche Weise zu gewährleisten. Tolerierte Regelverletzungen, die sich im Betrieb von technischen Systemen zwangsläufig einstellen, stiften ihrerseits *praktische* Regeln. Das führt dazu, dass sich Unfälle ereignen, obwohl sich alle Beteiligten regelkonform verhalten haben (aber eben in Bezug auf alternative Regelbestände). Unfälle, für deren Erklärung keine Regelverstöße ausgemacht werden können; stabiler Normalbetrieb, der nur mit Hilfe von Regelverletzungen aufrecht erhalten werden kann: Diese Paradoxien begründen ein praxistheoretisches Forschungsprogramm, dem sich auch der vorliegende Beitrag zurechnet: "Working in practice but not in theory: Theoretical challenges of 'High-Reliability Organizations'" (La Porte & Consolini 1991).

Die Gründe für den verlässlichen Betrieb liegen nicht in der Theorie, sondern seien in der Praxis zu suchen. Der vorliegende Beitrag greift die Forderung nach einer praxistheoretischen Wende auf und bemüht sich, sie besser zu verstehen und besser verständlich zu machen. Dies soll und kann nicht eine Trockenübung bleiben, vielmehr wird die Diskussion anhand einer ethnografischen Fallstudie zur Flugsicherung fortgesetzt. Dazu bedarf es zunächst einer Reihe von einführenden Bemerkungen, die über die Erläuterung des Kontrollstreifens hinausgehen. Ich führe in die Arbeit der Flugsicherung ein, indem ich die Zugänge rekonstruiere, die ich zu diesem Feld erhalten habe. Im darauf folgenden Abschnitt verdichte ich das ethnografische Material zu vier Beobachtungen darüber, wie der Kontrollstreifen aus Papier in die Praktiken der Flugsicherung einbezogen wird. Ich nutze dabei die im vorliegenden Abschnitt ausgeführten Vorschläge zur Operationalisierung, um am Ende neue Einsichten zu einer Frage zu generieren, die den Forschungs- und Entwicklungszentren der Flugsicherung seit Jahrzehnten Rätsel aufgibt: Warum werden in der Flugsicherung neben der Radartechnik immer noch Kontrollstreifen aus Papier eingesetzt?

## 2. Feldzugänge: Die gescheiterte Konstruktion eines medialen Vorteils

Betrachtet man den Flugverkehr als (großes) technisches System, fällt auf, dass dieses System einen sensationellen Grad der Disponibilität erreicht. Abgesehen von lokalen Ausfällen, bedingt durch Wetter, Krieg oder terroristische Anschläge stand der Flugverkehr, weltweit betrachtet, noch nie still.<sup>4</sup> Die Zahl der Unfälle, die die Flugsicherung verantworten muss, ist verschwindend gering. Wie ist das zu erklären?

Dieser Beitrag basiert auf empirischem Material, das im Rahmen eines Verbundforschungsprojektes zur multidimensionalen Validierung der Auswahl von Simulationssequenzen für digitale Kontrollstreifen erhoben wurde. Finanziell ermöglicht wurden ethnografische Forschungsaufenthalte und Interviewserien bei der Flugsicherung durch Mittel des Forschungs- und Entwicklungszentrums von Eurocontrol.<sup>5</sup> Der Sitz dieses Forschungszentrum ist Brétigny bei Paris. Hier, beim Auftraggeber der Studie, beginnt auch die Einführung ins Material.

### *Erste Station: Konferenzraum Eurocontrol (CEE)*

Das Forschungszentrum von Eurocontrol liegt hinter einem ehemaligen Militärflughafen im Süden von Paris und ist mit öffentlichen Verkehrsmitteln nicht zu erreichen. Gérard und ich werden von einem Eurocontrol-Mitarbeiter vom Bahnhof abgeholt. Diplomatenkennzeichen. Bei der Ankunft, das Gebäude ist neu und licht, stellt sich heraus: Wir sind die letzten. In einem modernen Konferenzraum haben schon rund zwanzig Personen Platz genommen, die sich dann reihum als Expertinnen und Experten für Kognitionsforschung, Arbeitspsychologie, Informatik, Mensch-Maschine-Schnittstellen usw. vorstellen. Vertreten sind Pariser Universitäten (mit unterschiedlichen Fachbereichen), ein Universitätsklinikum, staatliche und staatsnahe, zivile und militärische Forschungszentren. Koordiniert wird die Sitzung von zwei Mitarbeitern von Eurocontrol. Sie überraschen wohl alle Beteiligten mit einem sehr ehrgeizigen Fahrplan dafür, was sie die "multidimensionale Validierung der Auswahl von Sequenzen für die vergleichende Simulation unterschiedlicher Arbeitsplatzkonfigurationen der Flugsicherung" nennen. Schon nach kurzer Zeit hat sich eine kürzere Sprachregelung eingeschliffen. Es ist nur noch von "der Simulation" die Rede. Deren Ziel ist es, die Basis für die Einführung eines digitalen Kontrollstreifens zu legen. Das ist einsichtig. Gegenüber der eingangs erläuterten Kontrollpraxis mit Papier und Bleistift wird vor allem dieser Vorteil herausgestrichen: Wenn die auf einem digitalen Kontrollstreifen (mit Schrifterkennung) notierten Änderungen (z.B. der Flughöhe) in Realzeit in das System zurückgelangen, könne das Niveau der Interoperabilität in der Flugsicherung erhöht werden. Vor dem Hintergrund, dass der europäische Luftraum ein geteilter Himmel ist, wird deutlich, welche Bedeutung der Aufgabe zukommt, Interoperabilität sicherzustellen.<sup>6</sup> Die folgende Übersicht illustriert dies über einen Vergleich mit dem nordamerikanischen Luftraum und umreißt damit zugleich die Kernaufgaben von Eurocontrol.

---

<sup>4</sup> Durch einen Streik der Fluglotsen war der nordamerikanische Luftraum 1981 vom totalen Stillstand bedroht (Nordlund 1998). Zum ersten Mal trat dieser Zustand jedoch erst am 11.9.2001 ein, nachdem auf Anordnung des Krisenzentrums binnen kürzester Zeit der Luftraum über den Vereinigten Staaten geräumt wurde. 4.500 (zivile) Flugzeuge wurden zum nächsten Flughafen gelotst und sind dort sicher gelandet (9/11 Commission 2004: 29).

<sup>5</sup> Für diese Forschungszugänge danke ich Gérard Dubey und allen Gesprächspartnerinnen und Gesprächspartner in den Zentren der Flugsicherung von Reims und Karlsruhe.

<sup>6</sup> Die Geschichte des geteilten Himmels Europas (Bremer 1976) und die damit verwobene die Geschichte von Eurocontrol (Eurocontrol o.J.) warten noch auf eine gründliche Aufarbeitung.

	USA	Europa
Luftraum [Mio. qkm]	9,8	10,5
Hubs	31	27
Ziv. und milit. ATC-Organisationen	1	47
Zentren des oberen Luftraums	21	58
Betriebssysteme	1	22
Programmiersprachen	1	30
ATC-Kosten pro Flug [\$]	380	667

*Tab.1: Der geteilte europäische Himmel (Quelle: Zetsche 2004)*

Bei einem vergleichbar großen Luftraum (siehe Tab. 1) und einer vergleichbaren Zahl von Drehkreuzen (ebd.) macht sich in Europa in mehrfacher Hinsicht "Kleinstaaterei" bemerkbar. So gibt es in Europa 47 für die Flugsicherung zuständige Organisationen (in den USA eine einzige). 58 europäischen Kontrollzentren des oberen Luftraums stehen lediglich 21 Kontrollzentren in den USA gegenüber. Die europäischen Kontrollzentren verwenden 22 unterschiedliche Betriebssysteme und 30 verschiedene Programmiersprachen. In den USA gibt es nur ein Betriebssystem und eine Programmiersprache. Das spiegelt sich in Leistungsindikatoren wieder: Die Kosten pro Flug liegen in Europa bei umgerechnet 667 US-Dollar, in den USA werden sie mit 380 US-Dollar beziffert. Diese Differenz fällt ins Gewicht, denn allein in Deutschland kommen pro Jahr 3 Millionen Flüge zusammen.

Abb.2: Sektoren der Flugsicherung - vertikal und horizontal (Quelle: DFS 1997).

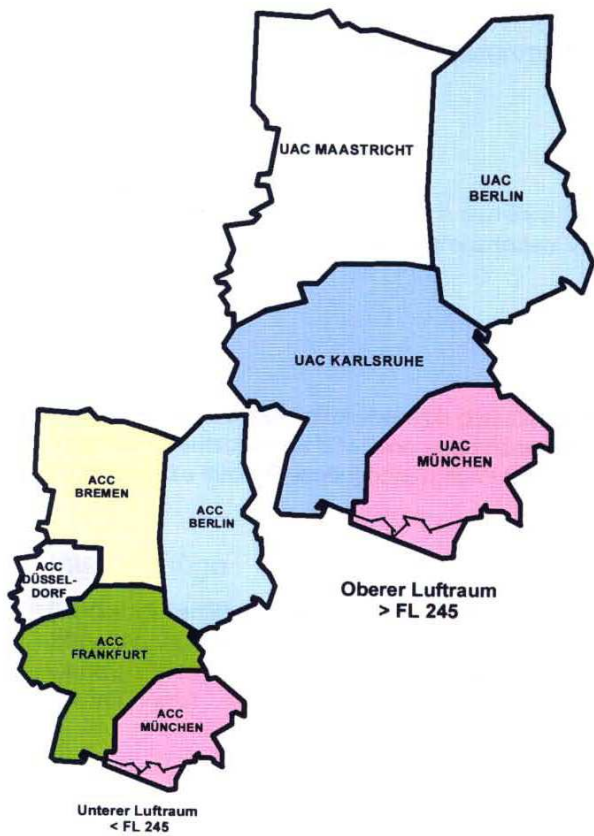
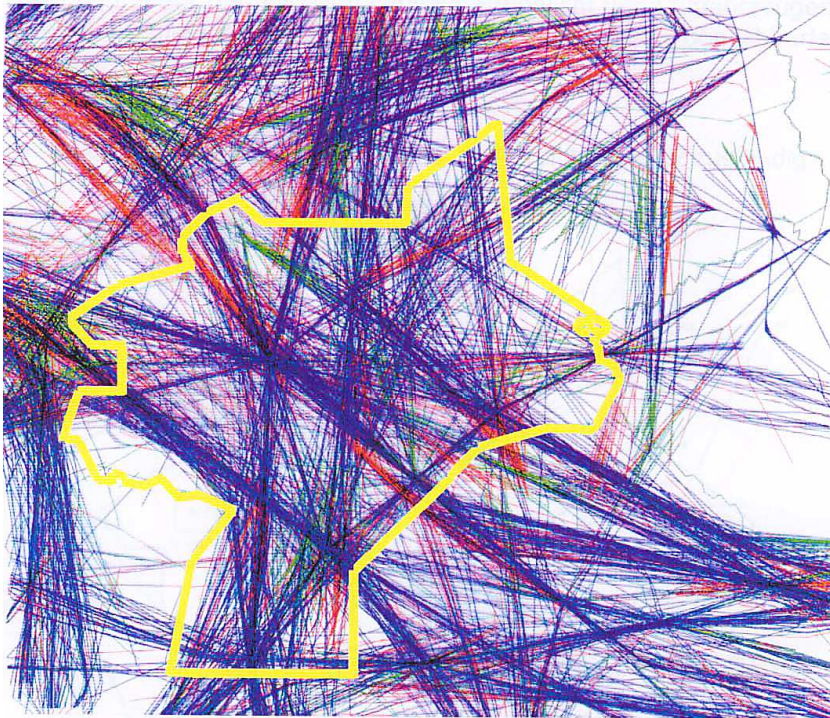


Abb.3: Flüge durch den Sektor des oberen Luftraums Karlsruhe im Zeitraffer (Quelle: DFS 1997).



Die Darstellung zeigt die Flugverlaufsdaten in folgenden Farben:  
Abflüge      Anflüge      Streckenflüge

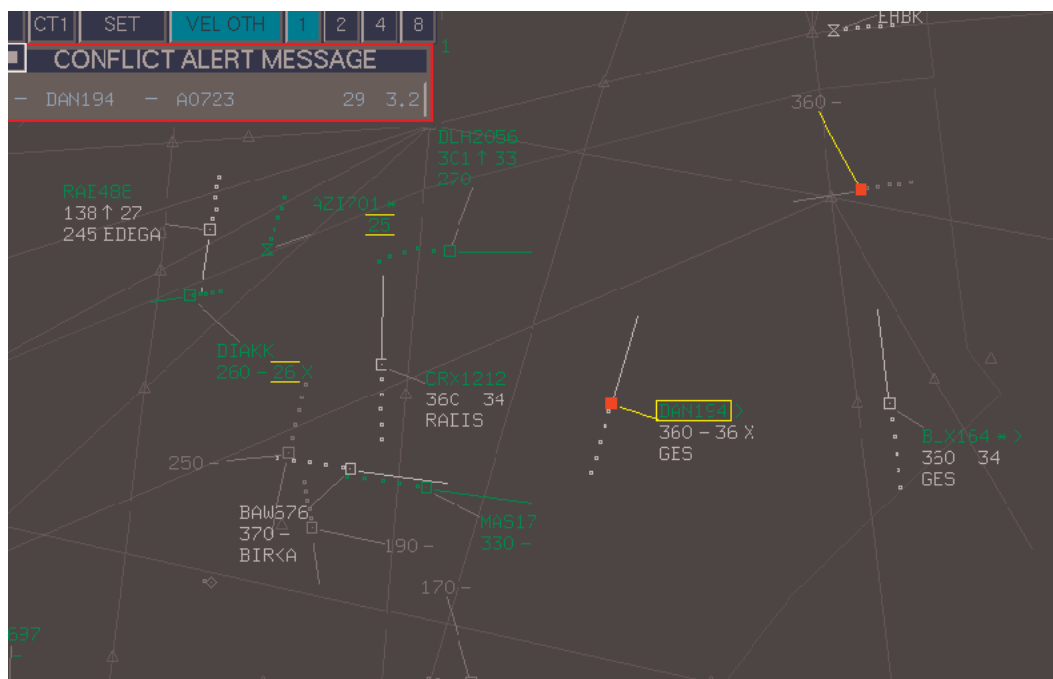


Abbildung 2 zeigt, wie der deutsche Luftraum organisiert ist: Vertikal in Sektoren des oberen und des unteren Luftraums; horizontal in geografische Sektoren. Anschaulich wird die Aufgabe der Flugsicherung, wenn die Flüge, die durch den von Karlsruhe aus betreuten Sektor des oberen Luftraums fliegen, im Zeitraffer dargestellt werden (Abb.3). An der geplanten Simulation, die Erkenntnisse über die Vor- und Nachteile von digitalen Kontrollstreifen gegenüber streifenlosen und herkömmlichen Arbeitsplätzen der Flugsicherung verspricht, sollen unter anderem Fluglotsen aus Karlsruhe teilnehmen. So erklärt sich der Ort meiner Feldforschungen im Vorfeld und zur Vorbereitung "der Simulation". Zunächst habe ich jedoch zur Einführung, gemeinsam mit Gérard Dubey, einige Tage bei der Flugsicherung in Reims verbracht.

#### *Zweite Station: Arbeitsplatz zur Wiederholung kritischer Sequenzen*

Im Regionalzentrum Reims sprechen wir mit einem älteren Lotsen, der vor kurzem einen Beinaheunfall herbeigeführt hat. Er führt uns an einen abseits gelegenen Arbeitsplatz, der dafür eingerichtet wurde, solche Szenen zu rekapitulieren. Wieder und wieder, mindestens sechsmal zeigt er uns am Monitor die kritische Sequenz. Natürlich haben wir Mühe, die Brisanz dieser Situation aus für uns wenig dramatischen Bildern und schwer verständlichen Funksprüchen herauszulesen.

*Abb.4: Momentaufnahme einer Konfliktsituation, ([http://www.eurocontrol.int/muac/public/standard\\_page/PDphotoGallery.html](http://www.eurocontrol.int/muac/public/standard_page/PDphotoGallery.html); Zugriff am 20.11.07).*



Die mit roten Punkten gekennzeichneten Nadeln repräsentieren Flugzeuge, die sich auf gleicher Flughöhe ("360") aufeinander zu bewegen. Darauf macht ein optisches Warnsignal aufmerksam. Per Radarbildschirm verdoppelt sich die Repräsentation, die die Fluglotsen mit Hilfe der Kontrollstreifen aus Papier herstellen. Jeweils zwei Fluglotsen behalten einen Teilsektor im Auge, in dem sich tagsüber durchschnittlich 15 Flugzeuge gleichzeitig befinden.

Abb.5: Darstellung eines Flugzeugs am Radarschirm der Flugsicherung.



Jedes der Flugzeuge wird als eine Nadel abgebildet, die die Richtung des Flugzeugs anzeigt. Aus der Länge der Nadel ist abzulesen, wo sich das Flugzeug in einer Minute befindet. Über die Buchstaben- und Zahlenkombination "DLH123" erreicht der Lotse per Funk den Piloten des Flugs. "330" gibt die aktuelle Flughöhe an, das Kürzel "<F" gibt darüber Auskunft, dass das Flugzeug in Frankfurt gestartet ist.

#### *Dritte Station: Beim Abteilungsleiter technischer Support*

Es komme darauf an, nahe genug am Betrieb zu sein, und doch ein Auge für die unverzichtbaren Schritte der technischen Weiterentwicklung zu haben. Herr L., Leiter der Abteilung "technischer Support", beschreibt sich als Vermittler zwischen zwei Welten. Er behauptet, das Karlsruher Zentrum sei in dieser Hinsicht ein Sonderfall. Die guten Beziehungen zwischen "Betriebsleuten" und "Technikern" hängen nach seiner Darstellung mit einem Entwicklungsteam zusammen, das seit Jahrzehnten vor Ort präsent ist und für die lokal angepasste Weiterentwicklung des Betriebssystems hohe Anerkennung finde. Beides sei ungewöhnlich. In dieser Hinsicht genieße Karlsruhe einen "regionalen Vorteil" gegenüber den benachbarten deutschen Zentren, die ohne die Kompetenz permanenter Entwicklungsabteilungen auskommen müssten.

#### *Vierte Station: Kontrollraum*

Der erwähnte Abteilungsleiter hat mich ungefähr mit diesen Worten in den Kontrollraum "entlassen": Er bemühe sich, alles dafür zu tun, damit das Sicherheitsempfinden der Fluglotsen ungebrochen bleibt. Der Alltag der Flugsicherung müsse sich an Standards vollkommen transparenter und durchlässiger kollegialer Umgangsformen orientieren: Ohne Kommunikationsblockaden, ohne Schuldzuweisungen. Vor allem Kontroversen um die Weiterentwicklung der Technik müssten andernorts - jedenfalls fernab des Kontrollraums - ausgetragen werden.

Der Kontrollraum muss streitfrei sein und ist streitfrei. Das ist sehr überraschend und eindrücklich: Ich treffe auf ein hohes Maß an professioneller Ernsthaftigkeit ohne Doppeldeutigkeiten und Aggressionen. Die Regeln des guten Umgangs scheinen klar und unstrittig. Zu dem Eindruck der Ernsthaftigkeit und der Abwesenheit jeder Doppelbödigkeit trägt bei, dass jede Begegnung auf dem Flur von einem deutlich vernehmbaren Gruß begleitet wird. Bei jeder Gelegenheit werden Hände geschüttelt. Besucher werden sorgfältig vorgestellt.

Der Kontrollraum ist in einer weiteren Hinsicht ein zugängliches Forschungsfeld, das sich ethnografisch schon nach recht kurzer Zeit erschließt: Die Arbeit der Flugsicherung strukturiert sich um Inseln erhöhter Aufmerksamkeit herum.<sup>7</sup> Diese Momente lassen sich von den eher routinierten Arbeitsphasen unterscheiden. Sie sind für mich daran zu

---

<sup>7</sup> Für eine ausführliche methodologische Erläuterung dieses ethnografischen Zugangs, vgl. Potthast (2007: 87ff.).

erkennen, dass ein Gespräch mit den Fluglotsen abbricht. Signale von Unsicherheit multiplizieren sich: Gesenkte Stimmen, Telefonate ohne Ergebnis ("call you back"), Aufforderungen zur Wiederholung von Nachrichten. In Krisensituationen finden sich unaufdringlich Kolleginnen und Kollegen ein, die das Geschehen hinter dem Rücken des Dienst habenden Betriebspersonals stehend beobachten. Später sind diese Kollegen in der Lage, Erklärungen für den soeben eingetretenen Vorfall zu geben. Sie haben sich aus halber Distanz ein Bild der Lage gemacht.

Zunächst gilt es jedoch festzuhalten, dass jeweils zwei Fluglotsen nebeneinander arbeiten. Sie betreuen einen geografischen Teilsektor und stützen sich zur Koordination des Flugverkehrs auf zwei Arten der Repräsentation der Betriebsabläufe. Zum einen steht ihnen ein Radarschirm zur Verfügung, auf dem alle Flugzeuge in einem geografischen Sektor abgebildet werden. Zum anderen sitzen sie vor einer Tafel, auf der, in Plastikhalter eingezogen, Papierstreifen abgelegt werden. Flugzeuge werden darin nach möglichen Kreuzungspunkten gruppiert. Auf den Kontrollstreifen vermerken die Lotsen handschriftlich Änderungen in Richtung, Flughöhe oder Geschwindigkeit, die sie den Piloten zugewiesen haben.

Abb.6: Kontrollraum der Flugsicherung (Quelle: DFS 1997).

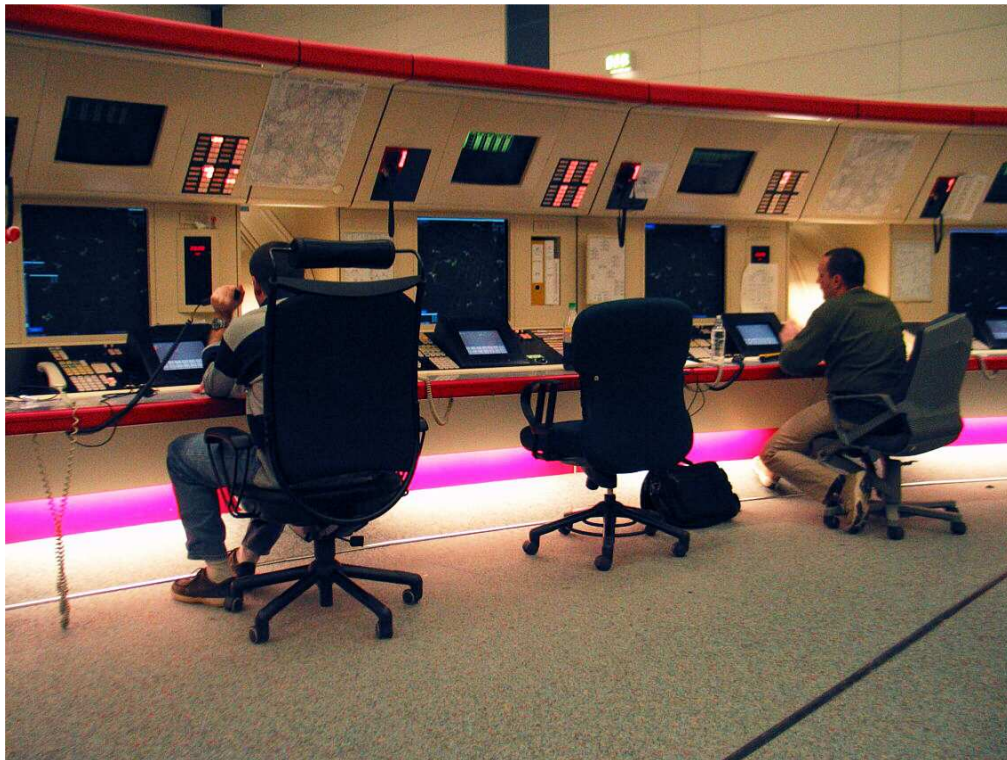
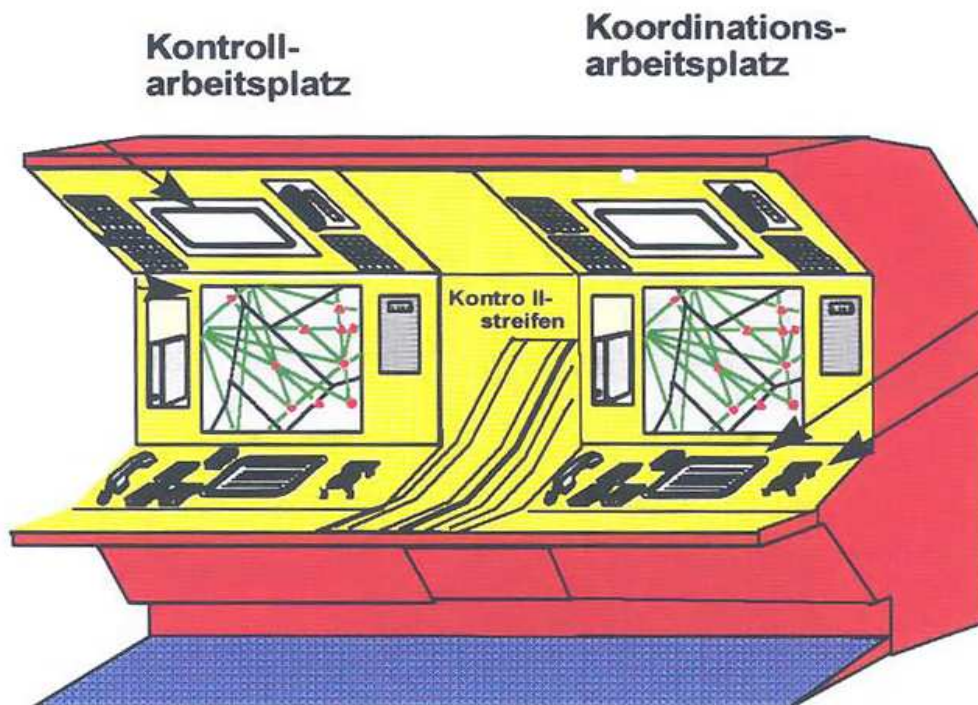


Abb.7: Doppelarbeitsplatz der Flugsicherung. In der Mitte die Ablage für die Kontrollstreifen (Quelle: DFS 1997).



Die Aufgabenbeschreibung für die beiden Kontrollarbeitsplätze lautet wie folgt: "Der Radarlotse [links platziert; vgl. Abb.7] ist für die Identifizierung der Flugziele und Aufrechterhaltung derselben zuständig. Er hat die Luftfahrzeuge zur Erstellung von Staffelung oder zur navigatorischen Unterstützung mit Radar zu führen. Er hat Freigaben und Anweisun-

gen zu erteilen, die sicherstellen, dass die Radarmindeststaffelungswerte zu keiner Zeit unterschritten werden und hat dies auf dem Kontrollstreifen festzuhalten Er hat Entscheidungsbefugnis gegenüber dem zugeordneten Koordinationslotsen. [...] Der *Koordinationslotse* [rechts platziert; vgl. Abb.7] ist für die Einholung und Weitergabe von Informationen, für die Durchführung der Flugverkehrskontrolle, die Erteilung von Einflugfreigaben an angrenzende Kontrollstellen und Durchführung von Radarübergaben zuständig Er erstellt und aktualisiert anhand von Kontrollstreifen ein aktuelles Verkehrsbild und gibt dem Radarlotsen Hinweise auf mögliche Staffelungsunterschreitungen..." (DFS 1997: 4-11)

#### *Fünfte Station: Schulungsraum*

Wenn sich die Milieus des Kontrollraums und der Technikentwicklung überlappen, dann im Schulungsraum. Den Anlass dafür geben Präsentationen, in denen es zum Beispiel um neue Sektorzuschnitte oder die Ankündigung von technischen Neuerungen geht. Ich verfolge eine Präsentation zur Einführung von RVSM, der "reduzierten Vertikalstaffelung", die Kapazitätsgewinne verspricht. Die Einführung fällt zugleich hyperdidaktisch und hyperironisch aus. Der Kontrast zwischen der an Beflissenheit grenzenden Ernsthaftigkeit im Kontrollraum und der gründlich ironisierten Stimmung nebenan (im Schulungsraum) könnte nicht größer sein. Die Selbstironisierung des Vortragenden kennt keine Grenzen. Er unterbricht sich ständig. Seine Präsentation ist eine dichte Abfolge didaktischer Tricks, aber jeder Trick wird kommentiert und lächerlich gemacht. Die Anwesenden honorieren diese Performance bis zum Ende mit Gelächter und flapsigen Kommentaren.

#### *Sechste Station: Ausgefallen! (Simulation findet nicht statt)*

Das Verbundforschungsprojekt wurde vorzeitig abgebrochen. Von ursprünglich drei vorgesehenen Simulationen wurde nur eine durchgeführt. Der Abbruch der Studie und der Verzicht auf die interkulturelle Einbettung der Simulation wurden lapidar mit einem finanziellen Engpass begründet (vgl. Dubey et al. 2002: 2). Nach den Anschlägen vom 11. September 2001 ging der Flugverkehr zurück. Da sich Eurocontrol aus dem Gebührenaufkommen der Flugsicherung finanziert, war auch das Forschungsvorhaben von den rückläufigen Einnahmen betroffen.

### 3. Sicherer Betrieb und mediale Differenz

Wie erklärt sich der verlässliche Betrieb technischer Systeme, in denen die Differenz der Medien fortbesteht? Wie werden technische Abläufe, die sich auf unterschiedliche mediale Träger verteilen, aufeinander abgestimmt? Oben wurde argumentiert, dass für die Untersuchung dieser Fragen ein praxistheoretisches Forschungsdesign erforderlich ist. Die Vermittlungsleistung, die es herauszustellen gilt, betrifft vor allem das Verhältnis zwischen extrasomatischen und somatischen Techniken, denn erstere sind steigerbar, letztere nicht: "Die Arbitrarität der Sprachen, Körpertechniken und Rituale scheint ihrer akkumulierenden Verfeinerung und Integration enge Grenzen zu setzen" (Schüttpelz 2005: 17). Die in den folgenden Abschnitten präsentierten Beobachtungen legen nahe, dass Kontrollstreifen aus Papier bei der Vermittlung körpergebundener und anderer Techniken eine wichtige Rolle zukommt. Sie unterstützen die aktive Produktion von Flugsicherheit, insofern sie dazu beitragen, unterschiedliche Zyklen der Tätigkeit von Fluglotsen zu stabilisieren. Über diese zyklischen oder rekursiven Momente lassen sich vier distinkte Bündel von Praktiken identifizieren, die nun in aufsteigender Ordnung präsentiert werden. Am Anfang stehen Beobachtungen zur Rolle von Kontrollstreifen im kleinsten und kürzesten Zyklus in der Praxis der Flugsicherung.

## *Kontrollzyklen*

Kontrollstreifen tragen dazu bei, die Arbeit der Fluglotsen zu einer sinnlichen Erfahrung zu machen. Sie "materialisieren" den Flugverkehr, Flugzeug für Flugzeug, "eins zu eins" (Gruszow 1999). Wenn ein Kontrollstreifen aufgezogen und in die Tafel eingeordnet wird, ist es so, als käme das Flugzeug in den Kontrollraum. Genauso verhält es sich, wenn ein Flugzeug den Sektor verlässt. Der Radarlotse gibt dem Piloten die Rufnummer des nächsten Sektors, wartet auf die Bestätigung und verabschiedet sich. In dem Moment, in dem er "bye-bye" sagt, wirft er den Kontrollstreifen weg. Diese Geste schließt einen Koordinationszyklus ab. Die auf den Kontrollstreifen bezogenen Aktivitäten tragen dazu bei, dass Radarlotsen und Koordinationslotsen (s. Abb.7) voneinander wissen, was sie tun. Ihre Tätigkeitsbereiche sind nur lose gekoppelt, bleiben damit aber für die Beteiligten jeweils intelligibel. Verbale Kommunikation zwischen den beiden wird dadurch beinahe unnötig; sprechen sie doch miteinander, dann bleibt das weit unterhalb den Standards vollständiger Explikation. Kontrollstreifen sind Teil und strukturierendes Moment einer parallel ablaufenden doppelten Arbeitspraxis. Sie markieren einen Zyklus in einer Tätigkeit, die ansonsten dem Anschein nach frontale und flächige Aufmerksamkeit erfordert. Sie machen die Tätigkeit der Lotsen (in ihren eigenen Worten:) "greifbar". Diese Eigenschaft wird besonders deutlich, wenn Kontrollstreifen "auf Kante" gelegt werden. Auf diese Weise wird die Kollegin oder der Kollege auf eine ungeklärte Situation aufmerksam gemacht, ohne seine oder ihre Aufmerksamkeit von einer aktuellen und vordringlichen Tätigkeit abzuziehen oder das Ende eines Telefonats abwarten zu müssen. Kontrollstreifen verleihen Kontrollzyklen Stabilität und der Interaktion innerhalb des "Binoms" (bestehend aus Koordinations- und Radarlotse) zeitliche Flexibilität.

## *Wachablösung*

Einer der Kritikpunkte, die zur Auswahl "relevanter Sequenzen" für die vergleichende Simulation im Forschungskonsortium laut wurden, war: Die Situationen, in denen es am meisten auf die Kontrollstreifen ankommt, lassen sich nicht simulieren! "Die Simulation" beschränke sich nämlich auf einen Doppelarbeitsplatz und treffe damit stillschweigend eine unhaltbare Voraussetzung. Karlsruher Lotsen wissen zu berichten, dass die Tafel der Kontrollstreifen maßgeblich dann ins Spiel kommt, wenn die im letzten Abschnitt beschriebene Kopräsenz unterbrochen ist. Diese Unterbrechungen sind absehbar und ihrerseits zyklisch: Lotsen werden nach 90-minütigen Arbeitsschichten abgelöst. Die Übernahme eines Kontrollarbeitsplatzes setzt voraus, dass sich der Neuankömmling ein "Gesamtbild" der Lage machen kann: Dafür ist die Tafel, auf der die Kontrollstreifen nach Kreuzungs- und möglichen Konfliktpunkten geordnet und von unten nach oben in chronologischer Reihenfolge abgelegt werden, von großer Bedeutung. Ich beobachtete tatsächlich, dass Lotsen, die im Begriff sind, einen Sektor zu übernehmen, mit den Fingerspitzen einzeln über die Kontrollstreifen streichen, ein bisschen zupfen und schieben. Manchmal werden die Streifen bei der Ankunft auch umsortiert, oder es werden, als Gedächtnisstütze, Streifen auf Kante gelegt. Diese Gesten zeigen an: Kontrollstreifen stiften zwar nicht (wie im zuvor geschilderten Fall), aber sie stabilisieren Arbeitszyklen, die durch Wachablösungen markiert werden.

## *Passageritual*

Die Existenz eines parallelen Kontrollsystems bietet Ausfallsicherheit: Über die Anordnung der Kontrollstreifen lässt sich eine Repräsentation des Systemzustands herstellen, die jene der Radarbildschirme verdoppelt und notfalls ersetzen kann (vgl. Hutchins 1995). Gegen Ende ihrer Ausbildung, so verlangt es zumindest die alte Schule, wird angehenden Lotsen ohne vorherige Ankündigung der Bildschirm abgeschaltet. Diese Tests rahmen das Passageritual des "ersten Loslassens", das heißt der ersten Schicht, in der ein Fluglotse in eigener Verantwortung für einen Sektor zuständig ist (Dubey 2001b: 173ff.). Gelegentlich wiederholen erfahrene Lotsen diesen Test mit ihren ehemaligen Auszubildenden. Sie schalten deren Monitor ab und fordern sie dazu auf, nur auf Grundlage der Kontrollstreifen aus Papier anzugeben, wo sich welches Flugzeug gerade befindet.<sup>8</sup> Diesen Tests ist insofern eine hohe Bedeutung beizumessen, als sie das Passageritual in Erinnerung rufen und mit ihm die Beziehung zwischen jungen und älteren Fluglotsen. Solange diese Tests praktiziert werden, pflegen die Beteiligten ein Ritual des Misstrauens gegenüber der medialen Darstellung des Flugverkehrs. Sie distanzieren sich vom Medium Bildschirm und greifen auf das Medium Kontrollstreifen zurück. Sie inszenieren die Medialität des Mediums Bildschirm und damit seine Anfälligkeit. Anhand der Passagerituale lassen sich ein dritter Zyklus von großer zeitlicher Ausdehnung und ein drittes Set an Praktiken bestimmen, bei denen Kontrollstreifen aus Papier eine besondere Rolle zukommt.

Das "erste Loslassen" und die beschriebenen Tests sind statistisch betrachtet sehr seltene Ereignisse. Dasselbe ist über extreme Krisensituationen zu sagen, in denen Fluglotsen (wie in einem oben genannten Beispiel) beinahe eine Kollision herbeigeführt haben oder gerade noch verhindern konnten. So etwas passiere Lotsen möglicherweise nur einmal in ihrem Berufsleben, bleibe dann aber dauerhaft in Erinnerung. Auch unterhalb von Vorfällen dieses Ausmaßes bleiben den im Kontrollraum anwesenden Kolleginnen und Kollegen Krisenerfahrungen nicht verborgen. Fluglotsen sagen, ein Gespür dafür zu haben, ob ihre Kolleginnen und Kollegen in den benachbarten Teilsektoren in Form sind oder nicht. Wenn dann, so schätzt ein Karlsruher Fluglotse, einmal im Monat jemand laut "stopp!" rufe, weil er einfach nicht mehr nachkommt, dann ist das von vornherein keine Erfahrung individueller Unsicherheit. Aus der (unvermeidlich) kollektiven Bearbeitung von Krisenmomenten resultiert ein starker sozialer und affektiver Zusammenhalt. Es liegt nahe, das Passageritual mit solchen Krisen in Beziehung zu setzen: Die Umstände des "ersten Loslassens" in eine verantwortliche Tätigkeit liefern das Modell für den Umgang mit Krisensituationen. Über den Umgang mit kritischen Situationen konstituiert sich der starke, von Dubey (2001b: 195) als "Clan" bezeichnete soziale Zusammenhalt. "Durch das Kollektiv oder vermittelt über das Kollektiv kompensieren die Fluglotsen gewissermaßen die Quasi-Abwesenheit oder die virtuelle Präsenz der Flugzeuge. Sie füllen so, anders formuliert, den Zwischenraum aus, der das Geschehen am Himmel von der von ihnen bearbeiteten Realität trennt" (Dubey 2001a: 13; dt. Übersetzung JP).

## *Generationenwechsel*

Digistrip, die von Eurocontrol getestete Variante des digitalen Kontrollstreifens, sei nicht kompatibel mit dem neuen Betriebssystem, auf das sich die DFS (Deutsche Flugsicherung GmbH) deutschlandweit festgelegt habe. Darum verbiete es sich für das Regionalzentrum Karlsruhe, offen auf Digistrip zu setzen. Ich schließe aus dieser Einschätzung, die mir von

---

<sup>8</sup> Den Hinweis auf diese Tests verdanke ich Gérard Dubey, dessen Analysen auf deutlich längeren Beobachtungsphasen beruhen.

Mitarbeitern in Karlsruhe vermittelt wird, dass eine Beteiligung von Fluglotsen dieser Filiale an einer von Eurocontrol durchgeführten Simulation unter ungünstigen makropolitischen Vorzeichen steht. Hinter vorgehaltener Hand wird jedoch ergänzt, dass man sich durchaus vorstellen könne, Digistrip lokal neu zu entwickeln und damit auf die speziellen Bedürfnisse anzupassen. Wenn das gelänge, könnte Karlsruhe der Maxime treu bleiben, nichts "von der Stange" kaufen zu müssen und nicht von externer Expertise abhängig zu werden.

Die Frage nach der Einführung des Digistrips wird in eine politische Rahmengeschichte eingebettet. Auch wenn diese hier nur oberflächlich skizziert werden konnte, gibt sie doch Aufschluss darüber, warum ich - entgegen meiner Erwartung - im Regionalzentrum Karlsruhe keinerlei Äußerungen registriert habe, die auf Widerstand gegen die Abschaffung des Kontrollstreifens aus Papier hindeuten würden. Meine Gesprächspartner sehen sich stattdessen in der Lage, auch an diesem Beispiel wie erläutert den erfolgreichen Karlsruher Sonderfall fortzuschreiben. Wenn sie den Karlsruher Exzeptionalismus bedroht sehen und über das Ende dieser regionalen Erfolgsgeschichte nachdenken, dann sprechen sie vom bevorstehenden Abschied einer Generation, die das System "from scratch" entwickelt und dann fortlaufend betreut habe. Bevor ich mit dem Cheffingenieur der Entwicklungsabteilung sprechen kann, habe ich schon oft von dieser Person gehört, die "das System lebt" und die besagte Generation personifiziert, deren Verrentung allerdings nur noch wenige Jahre bevorsteht.

Im vorangehenden Abschnitt ("Passageritual") wurde schon ein Element der Ausbildung von Fluglotsen geschildert, das im Zeitalter des Simulators zunehmend in den Ruf kommt, zu einem abgelaufenen didaktischen Repertoire zu gehören. Ältere Fluglotsen berufen sich, um den Einzug des Simulators noch zu bremsen, auf ein Verständnis von interaktiver Ausbildung, das nicht durch Simulation ersetzt werden könne und dürfe. Sie sehen sich mit einer neuen Generation von Fluglotsen konfrontiert, die sie als "Generation Nintendo" bezeichnen. Angehörige dieser Generation seien nicht mehr "in der Fliegerei verwurzelt" und "verwachsen", darum fehle ihnen eine grundlegende kulturelle Orientierung. Verantwortlich dafür sei unter anderem eine nach und nach verarmte Praxis der Ausbildung, in der die Schnittstelle Lotse/Pilot gar nicht mehr vorkomme. Diese Behauptung wird damit belegt, dass die Ausbildung inzwischen nicht einmal mehr teilweise am Flughafen stattfindet, sondern ausschließlich "auf dem platten Land". Es sei nicht überraschend, dass ihre jüngeren Kollegen in einer synthetischen Welt agierten, schließlich hätten sie nie die Gelegenheit gehabt und gelernt, eine "Systemsicht" zu entwickeln. Im Urteil der Generation, die sich als Trägerin und Nutznießerin des "Sonderfalls Karlsruhe" sieht, sei die nachfolgende Generation "nicht tief genug drin". Wenn diese Stimmen recht behalten, dann ist auch abzusehen, dass die Folgegeneration ohne den Kontrollstreifen auskommt. Der Zyklus der Generationenablösung ist nicht an den Kontrollstreifen - oder jedenfalls nicht an dessen Materialität - gebunden. Darum scheint dessen Schicksal (in Karlsruhe) besiegelt, zusammen mit dem Karlsruher Exzeptionalismus. Das Bedürfnis, mit Kontrollstreifen zu arbeiten, schrumpft zur Frage der Zugehörigkeit zu einer Generation: "Wir Älteren können uns gar nicht vorstellen, ohne Kontrollstreifen zu arbeiten."



#### 4. Die Repräsentation des Normalbetriebs

Das Koordinationsproblem, das von den Kontrollzentren der Flugsicherung aus gelöst wird, besteht in der Abstimmung zwischen zentraler Flugplanung und teilautonomen Flugzeugen.<sup>9</sup> Bei der Flugsicherung laufen die Informationen über die vorab geplanten Routen zusammen mit Repräsentationen der tatsächlichen Bewegungen am Himmel. Die Produktion von Flugsicherheit lässt sich daher als eine aktive Leistung beschreiben: Im Kontrollzentrum wird zwischen der Ordnung der vorgeschriebenen Ereignisse und der Ordnung der beobachtbaren Ereignisse vermittelt. Räumlich weit verstreute Aktivitäten werden zusammengeholt, abgebildet und koordiniert. Unterschiedliche Techniken der medialen Vermittlung werden eingesetzt und kombiniert, um ein konsistentes Verhältnis zwischen vorgeschriebener und beobachteter Ordnung aufrechtzuerhalten (Suchman 1993).

Flugsicherheit wäre gar nicht erklärungsbedürftig, wenn dafür ein übergeordneter und eindeutiger Maßstab oder eine einheitliche "Logik des Betriebs" zur Verfügung stände. Davon kann jedoch nicht ausgegangen werden. Zutreffender ist die Annahme, dass heterogene Vorstellungen und konkurrierende Modelle der perfekten Ordnung und des sicheren Betriebs einander überlagern. Unterscheiden lassen sich diese Modelle darüber, wie sie den Umgang mit kritischen Situationen konzeptualisieren. Auf der einen Seite ist das Modell "Ikarus" zu nennen. Es beansprucht Autonomie für die Piloten, deren Reaktionsvermögen für die Sicherheit des Flugverkehrs bürge. Auf der anderen Seite wird das Modell "mechanischer Vogel" genannt. Hier dominiert die Vorstellung, dass das Risiko der Kollision durch eine vollständig vom Boden aus geleistete Planung und Kontrolle eliminiert werden könnte (Gras 1993; Gras et al. 1994; vgl. MacKenzie 1990). Die beiden rivalisierenden Modelle sind, auch wenn sie inzwischen etwas angestaubte Titel tragen, kognitiv, normativ und sozial schlüssig und konsistent. Die Flugsicherung trägt dafür Sorge, dass die beiden Modellen permanent zum Ausgleich gebracht werden. Pathetischer könnte man auch sagen, dass in den Zentren der Flugsicherung eine Verbindung zwischen Himmel und Erde hergestellt wird. Wenn Kontrollstreifen aus Papier der Flugsicherung Bodenhaftung verleihen, dann nicht, weil sie dazu beitragen, einen Zustand prä-etablierter Harmonie aufrechtzuerhalten. Ihr Beitrag liegt vielmehr darin, das Spannungsverhältnis zwischen den skizzierten Modellen in Balance zu halten. Im Rückblick auf die im vorangehenden Abschnitt notierten Beobachtungen möchte ich abschließend noch einmal zum Ausgangspunkt zurückkehren, um dann einige Befunde besonders hervorzuheben.

Wie geht die sozialwissenschaftliche Forschung mit dem Problem der Nachträglichkeit von Unfalldarstellungen um? Einleitend wurde dazu eine Strategie der Operationalisierung skizziert, die darauf drängt, Unfall und Normalbetrieb als zwei Seiten derselben Medaille zu betrachten. "[T]he conditions of the normal are the preconditions of the pathological, the same characteristics of a system that produce the bright side will regularly provoke the dark side from time to time" (Vaughan 1999: 274). Besonders hervorgehoben habe ich eine Reformulierung des Problems, die den Akzent auf die Medialität des Mediums Technik legt und Analysen des technischen Normalbetriebs ein Postulat medienethnografischer Symmetrie empfiehlt.

Das Ziel, den Normalbetrieb zu exotisieren, wurde hier umgesetzt über ein Untersuchungsprogramm, das vier Zyklen sehr unterschiedlicher Ausdehnung identifiziert hat. Interessant scheint mir zunächst, dass sich die Beobachtungen, wenn alle vier Zyklen zusammengenommen werden, nicht in das Schema "Mikrosozialität" versus "Makrosozialität"

---

<sup>9</sup> Dieses Problem hat sich mit der Einführung von TCAS eher noch verschärft (Weyer 2006; 2007: 76ff.). TCAS, ausgeschrieben "Traffic Alert and Collision Avoidance System", ist ein flugzeugbasiertes automatisches Warnsystem zur Verhinderung von Kollisionen.

tät" pressen lassen.<sup>10</sup> Ohne Anspruch auf Vollständigkeit, aber durchaus mit dem Anspruch, eine maximale Variation von Praktiken zu erfassen, habe ich die Praxis der Flugsicherung anhand von vier Typen von kritischen Situationen charakterisiert. Wer die Kontrollstreifen aus Papier abschaffen möchte, sollte deren Rolle bei der Stabilisierung dieser Zyklen nicht vernachlässigen.

Jedem Zyklus entspricht ein kritischer Moment des "Übergangs". Besonders anschaulich wurde dieses je spezifische Risiko terminologisch beim dritten Zyklus, den ich "Passageritual" genannt habe. In diesem Zusammenhang habe ich darauf aufmerksam gemacht, dass (ältere) Fluglotsen gegenüber der medialen Darstellung des Flugverkehrs Misstrauen und Distanz pflegen: Sie inszenieren die Medialität des Mediums Bildschirm und seine Anfälligkeit für Störungen, indem sie zuweilen ohne Ankündigung den Bildschirm ausschalten. Damit wird auch die Differenz zwischen Störungen erster und zweiter Ordnung präsent gehalten. Es scheint mir unwahrscheinlich, dass digitale Kontrollstreifen die Rolle übernehmen werden, die Kontrollstreifen aus Papier bei dieser Übung einnehmen.

Ich habe mich ausschließlich in "Papierwelten" aufgehalten, darum haben meine Beobachtungen möglicherweise einen Bias: Ich überschätze die Rolle des Papierstreifens bei der Stabilisierung der Zyklen. Aus den hier präsentierten und referierten Beobachtungen folgt nicht, dass der Papierstreifen unersetzlich ist. Das wäre in der Tat eine unhaltbare Prognose. Die Behauptung, dass die erstaunliche Persistenz des Kontrollstreifens aus Papier dessen Unverzichtbarkeit belegt, wäre tautologisch; die Behauptung, es werde gegenwärtig in allen Flugsicherungszentren der Welt noch mit Papierstreifen gearbeitet, schlichtweg falsch (Pavet et al. 2006). Die Alternativen der technischen Entwicklung stellen sich nicht als eine Entscheidung zwischen medialen Trägern dar. Diese Einsicht hat seit geraumer Zeit auch in die Antragsrhetorik der einschlägigen Forschungs- und Entwicklungszentren Einzug gehalten. Aus dem erklärten Ziel der "Substitution" ist längst das Projekt der "Integration" geworden: Es gehe nicht darum, Kontrollstreifen durch streifenlose Systeme zu ersetzen, sondern darum, eine hybride Variante zu erproben, welche die Vorteile beider medialen Träger kombiniert (Mackay 1999; Mertz et al. 2000; Guichard 2001). Der Schwenk zur "Integration" gilt als Wendepunkt der Technikentwicklung. Der Kontrollstreifen aus Papier wird nicht mehr als rückständig abgetan, vielmehr werden seine positiven Eigenschaften hervorgehoben: Plastizität, Dauerhaftigkeit, Anpassungsfähigkeit an extrem variable Situationen. Diese Einsichten wurden bislang jedoch ausschließlich auf der Ebene des "Kontrollzyklus" formuliert, der in meiner Darstellung nur der zeitlich am wenigsten ausgedehnte von vier Zyklen ist, deren Reproduktion und Stabilisierung sich auf Kontrollstreifen abstützen. Die Gesprächspartner in Karlsruhe neigen demgegenüber dazu, historisch zu denken und ihre Tätigkeit in die Kontinuität der "langen Dauer" zu stellen. Sie betrachten das Regionalzentrum Karlsruhe als Überbleibsel eines gescheiterten europäischen Experiments der Flurbereinigung - und schildern, wie es gelungen ist, diesen Partikularismus über die Jahre zu pflegen und zu einem Vorteil zu machen. In ihren Augen sind es diese makropolitischen Rahmenbedingungen, die schon den Versuch vereiteln, die Einführung des digitalen Kontrollstreifens und die vergleichende Simulation so zu präsentieren, als ginge es hier nur um den Wettbewerb unterschiedlicher technischer Lösungen in einem neutralen Raum. Dieser makropolitische As-

---

<sup>10</sup> Damit unterscheidet sich der vorliegende Text zumindest terminologisch vom Projekt der "Technografie", die sich (im Untertitel) als "Mikrosoziologie der Technik" deklariert (Rammert & Schubert 2006). Mit Ausnahmen (etwa Gras 1993 oder Chateauraynaud 1997) orientieren sich ethnografische und ethnomethodologisch orientierte Forschungen zur "situierten Handlung" an mikroskopischen Fluchtpunkten. Einerseits zielen sie darauf, den irreduziblen Charakter sozialer Interaktion gegenüber der Interaktion mit Objekten herauszustellen. Andererseits geht es um Belege für die These, dass jede Wissensform und jede Fähigkeit in der Nutzung von (partikularen und lokalen) Ressourcen der Umwelt verankert ist (Conein & Jacopin 1994: 477).

pekt stellt die geplante Simulation in der Tat unter ungünstige Vorzeichen und läuft den Bemühungen um mehr Interoperabilität zweifellos entgegen. Er steht jedoch meines Erachtens nicht im Vordergrund und sollte nicht isoliert betrachtet werden.<sup>11</sup>

Offen geblieben ist also die Frage, wie die Bündel von Praktiken, die hier vier Zyklen unterschiedlicher Länge zugeordnet wurden, zueinander ins Verhältnis zu setzen und zu gewichten sind. Die vorliegende Analyse bricht an dieser Stelle ab. Sie hat das Bewusstsein für die Pluralität der Zyklen unterschiedlicher Ausdehnung und Aggregationsstufen geschärft. Die Einsicht, dass Kontrollstreifen multidimensionale Verwendungen finden (vgl. Vongmany 1998: 67), lässt sich zwar nicht ohne weiteres in eine Handlungsempfehlung übersetzen. Dennoch folgt aus dieser Untersuchung eine Empfehlung an die Praxis, insofern der ganze Forschungsansatz einer Empfehlung zum organisatorischen Lernen verpflichtet ist (Hale et al. 1997; Bourrier 2002). Gerade weil es unwahrscheinlich ist, dass Organisationen aus großen Krisen und dramatischen Unfällen lernen, ist weiter in eine Organisationsforschung zu investieren, die sich auch aus didaktischen Erwägungen heraus der Ambition verschrieben hat, den Normalbetrieb zu beforschen.

---

<sup>11</sup> "Bodenhaftung" wäre, reduziert auf diesen Zusammenhang (als Metapher für einen hartnäckigen regionalen Partikularismus), ein missverständlicher Titel.

## Literaturverzeichnis

- 9/11 Commission, 2004: The 9/11 Commission Report: Final report of the national commission on terrorist attacks upon the United States. Claitor's Publishing Division, Baton Rouge, LA.
- Bourrier, Mathilde, 1999: *Le nucléaire à l'épreuve de l'organisation*. Paris: puf.
- Bourrier, Mathilde (Hg.), 2001: *Organiser la fiabilité*. Paris: Harmattan.
- Bourrier, Mathilde, 2002: Bridging research and practise: The challenge of normal operations studies. *Journal of Contingencies and Crisis Management* 10, 4: 173-180.
- Bowker, Geoffrey C., 1996: How things change: The history of sociotechnical structures. *Social studies of science* 26: 173-182.
- Bremer, Hans Hagen, 1976: Der geteilte Himmel. Bonn betreibt das Ende von Eurocontrol. *Die Zeit*, 23.1.76
- Chateauraynaud, Francis, 1997: Improviser dans les règles. Engagements du corps et responsabilités dans les techniques de pilotage. In Philippe Robert, Francine Soubiran-Paillet & Michel van de Kerchove (Hg.), *Normes, normes juridiques, normes pénales*. Paris: Harmattan, S. 139-178.
- Conein, Bernard & Eric Jacopin, 1994: Action située et cognition. *Le savoir en place*. *Sociologie du travail* 36, 4: 475-500.
- DFS (Deutsche Flugsicherung GmbH), 1997: Betriebskonzept Niederlassung Karlsruhe. März 1997. 38 S.
- Dubey, Gérard, 2001a: La simulation à l'épreuve du lien social. *Le travail humain* 64, 1: 3-28.
- Dubey, Gérard, 2001b: *Le lien social à l'ère du virtuel*. Paris: puf.
- Dubey, Gérard, 2006: Autonomie et hétérogénéité sociale dans les grands systèmes techniques. L'exemple du contrôle aérien. In Alexandra Bidet, Anni Borzeix, Thierry Pillon, Gwenaële Rot & François Vatin (Hg.), *Sociologie du travail et activité*. Toulouse: Octares.
- Dubey, Gérard, Renaud Martin, Caroline Moricot, Sophie Poirot-Delpech, Alain Gras & M. Didrit, 2000: Les PNC à l'intérieur de l'équipage comme collectif de travail. CETCOPRA, octobre, Paris. 52 S.
- Dubey, Gérard, Xavier Guchet, Marina Maestrutti & Jörg Potthast, 2002: Quand les avions entrent dans la salle. La sécurité telle qu'elle se fait. Une comparaison socio-anthropologique Italie/Allemagne/France. Rapport final (LOOK). Cetcopra/Eurocontrol, Paris. 50 S.
- Eurocontrol, o.J., 1963-2003: 40 years of service to European aviation, Eurocontrol, 12 S.
- Gras, Alain, 1989: Sur la terre comme au ciel: L'aéronautique entre les mathématiques supérieures et le jeu de tennis. In Alain Gras & Sophie Poirot-Delpech (Hg.), *L'imaginaire des techniques de pointe au doigt et à l'œil*. Paris: Harmattan, S. 115-132
- Gras, Alain, 1993: Grandeur et dépendance. *Sociologie des macro-systèmes techniques*. Paris: puf.
- Gras, Alain, 1997: *Les macrosystèmes techniques*. Paris: puf.

- Gras, Alain, 1999: Some theoretical and critical remarks on the air transportation system and other large technical systems. In Olivier Coutard (Hg.), *The governance of large technical systems*. London: Routledge, S. 199-214.
- Gras, Alain, 2003: *Fragilité de la puissance*. Paris: Fayard.
- Gras, Alain, 2007: *Le choix du feu: Aux origines de la crise climatique*. Paris: Fayard.
- Gras, Alain, Caroline Moricot, Sophie L. Poirot-Delpech & Victor Scardigli, 1994: *Faced with automation. The pilot, the controller and the engineer*. Paris: Publications de la Sorbonne.
- Green, Judith, 1997: *Risk and misfortune. The social construction of accidents*. London: UCL Press.
- Gruszow, Sylvie, 1999: *La bataille du carton, du stylo bille et de la souris. Dossier enquête. La Recherche*, 319/Avril: 62-64.
- Guichard, Laurent, 2001: *Du strip papier au système sans strip: Un long chemin à parcourir. Eurocontrol, Brétigny*. 31 S.
- Hale, Andrew, Bernhard Wilpert & Matthias Freitag (Hg.), 1997: *After the event. From accident to organizational learning*. Oxford: Elsevier.
- Halfmann, Jost, 1995: *Kausale Simplifikationen. Grundlagenprobleme einer Soziologie der Technik*. In Jost Halfmann, Gotthard Bechmann & Werner Rammert (Hg.), *Technik und Gesellschaft. Jahrbuch 8*. Frankfurt a. M.: Campus, S. 211-226.
- Hering, Horst & Sandrine Guibert, 2005: *Timeline. INO Workshop, EUROCONTROL Experimental Centre, France*: 5 S.
- Hirschhorn, Larry, 1984: *Beyond mechanization. Work and technology in a postindustrial age*. Cambridge: MIT Press.
- Hutchins, Edwin, 1995: *Cognition in the wild*. Cambridge, MA: MIT Press.
- Joerges, Bernward, 1996: *Review of District Heating Comes to Town: The Social Shaping of an Energy System by Jane Summerton and Grandeur et Dépendance: Sociologie des Macro-Systèmes Techniques by Alain Gras. Science, Technology, & Human Values* 21, 2: 235-240.
- La Porte, Todd R., 1988: *The United States air traffic system: Increasing reliability in the midst of rapid growth*. In Renate Mayntz & Thomas P. Hughes (Hg.), *The development of large technical systems*. Frankfurt a. M.: Campus, S. 215-244.
- La Porte, Todd R. & Paula M. Consolini, 1991: *Working in practice but not in theory: Theoretical challenges of 'High-Reliability Organizations'*. *Journal of Public Administration Research and Theory* 1, 1: 19-47.
- Latour, Bruno, 1991: *Nous n'avons jamais été modernes. Essai d'anthropologie symétrique*. Paris: Découverte.
- Latour, Bruno, 1996: *Der Berliner Schlüssel. Erkundungen eines Liebhabers der Wissenschaften*. Berlin: Akademie Verlag.
- Mackay, Wendy E., 1999: *Is paper safer? The role of paper flight strips in air traffic control*. *ACM Trans. Comput.-Hum. Interact.* 6, 4: 311-340.
- MacKenzie, Donald A., 1990: *Inventing accuracy. A historical sociology of nuclear missile guidance*. Cambridge, Mass.: MIT Press.

- Martin, Renaud, 2000: A hauteur de machine. Identité et histoire des Ingénieurs Electroniciens des Systèmes de Sécurité Aérienne (IESSA). Rapport de synthèse rédigé sous la direction de Alain Gras et Sophie Poirot-Delpech, CETCOPRA, Paris, 60 S.
- Mertz, Christophe, Stéphane Chatty & Jean-Luc Vinot, 2000: The influence of design techniques on user interfaces: the DigiStrips experiment for air traffic control ([http://ergonomie.bertin.fr/fr/nos\\_references/publications/toward\\_a\\_paperless\\_tower\\_cab\\_what\\_remains\\_2005.pdf](http://ergonomie.bertin.fr/fr/nos_references/publications/toward_a_paperless_tower_cab_what_remains_2005.pdf)). 6 S.
- Milde, Andreas, o.J: Kleine ATC-Weisheiten ([www.andreas-milde.de/stories/Weisheiten\\_2.htm](http://www.andreas-milde.de/stories/Weisheiten_2.htm)). 6 S.
- Moricot, Caroline, 1997: Des avions et des hommes. Socio-anthropologie des pilotes de ligne face à l'automatisation des avions. Lille: Septentrion.
- Moricot, Caroline, 2001: La maintenance des avions: Une face cachée du macro-système aéronautique. In Mathilde Bourrier (Hg.), Organiser la fiabilité. Paris: L'Harmattan.
- Moricot, Caroline, 2004: La question du risque chez les pilotes de chasse. Une réflexion socio-anthropologique. In François Hubault (Hg.), Travailler, une expérience quotidienne du risque? Toulouse: Octares.
- Nordlund, Willis J., 1998: Silent skies. The air traffic controller's strike. Westport: Praeger.
- Ortmann, Günther, 2003: Regel und Ausnahme. Paradoxien sozialer Ordnung. Frankfurt a. M.: Suhrkamp.
- Pavet, Didier, Jérôme Journet (coll.) & Joël Garron (coll.), 2006: VIGIESTRIPS : une IHM innovante intégrée au système aéroport avancé. STNA - Revue technique 66, Dec.: 47-78.
- Perin, Constance, 2005: Shouldering risks. The culture of control in the nuclear power industry. Princeton: UP.
- Perrow, Charles, 1984: Normal accidents. Living with high-risk technologies. New York: Basic Books.
- Perrow, Charles, 1999: Normal accidents. Living with high-risk technologies. Princeton: UP.
- Poirot-Delpech, Sophie, 1995: Biographie du CAUTRA. Naissance et développement d'un système d'informations pour la circulation aérienne. Dissertation Université Paris 1, 312 S.
- Potthast, Jörg, 2006: Ursachenforschung und Schuldzuweisung nach dem Absturz der Swissair 111: Eine technografische Kontroverse im Internetforum. In Werner Rammert & Cornelius Schubert (Hg.), Technografie. Zur Mikrosoziologie der Technik. Frankfurt a. M.: Campus, S. 341-368.
- Potthast, Jörg, 2007: Die Bodenhaftung der Netzwerkgesellschaft. Eine Ethnografie von Pannen an Großflughäfen. Bielefeld: Transcript.
- Rammert, Werner, 1998: Die Form der Technik und die Differenz der Medien. Auf dem Weg zu einer pragmatistischen Techniktheorie. In ders. (Hg.), Technik und Sozialtheorie. Frankfurt a. M.: Campus, S. 293-326.
- Rammert, Werner & Cornelius Schubert (Hg.), 2006: Technografie. Zur Mikrosoziologie der Technik. Frankfurt a. M.: Campus.
- Roberts, Karlene H. (Hg.), 1993: New challenges to understanding organizations: High reliability organizations. New York: Macmillan.

- Rochlin, Gene, 1993: Defining "High Reliability" Organizations in practice: A taxonomic prologue. In Karlene H. Roberts (Hg.), *New challenges to understanding organizations*. New York: Macmillan, S. 11-32.
- Rochlin, Gene, 1999: The social construction of safety. In Jyuji Misumi, Bernhard WIlpert & Rainer Miller (Hg.), *Nuclear safety: A human factors perspective*. London: Taylor & Francis, S. 5-24.
- Rochlin, Gene, 2003: Safety as a social construct. The problem(atique) of agency. In Jane Summerton & Boel Berner (Hg.), *Constructing risk and safety in technological practice*. London: Routledge, S. 123-139.
- Sanne, Johan M., 1999: *Creating Safety in Air Traffic Control*. Lund: Arkiv förlag.
- Scardigli, Victor, Marina Maestrutti & Jean-François Poltorak, 2000: *Comment naissent les avions, ethnographie des pilotes d'essai*. Paris: L'Harmattan.
- Schüttpelz, Erhard, 2005: Die medienanthropologische Kehre der Kulturtechniken. In Lorenz Engell, Bernhard Siegert & Josep Vogl (Hg.), *Kulturgeschichte als Mediengeschichte*. Weimar
- Strübing, Jörg, 2006: Webnografie? Zu den methodischen Voraussetzungen einer ethnografischen Erforschung des Internet. In Werner Rammert & Cornelius Schubert (Hg.), *Technografie. Studien zur Mikrosoziologie der Technik*. Ffm.: Campus, S. 249-274.
- Suchman, Lucy A., 1987: *Plans and situated actions. The problem of human-machine communication*. Cambridge: UP.
- Suchman, Lucy A., 1993: Technologies of accountability. Of lizards and aeroplanes. In Graham Button (Hg.), *Technology in working order. Studies of work, interaction, and technology*. London: Routledge, S. 113-126.
- Suchman, Lucy A., 2007: *Human-machine reconfigurations. Plans and situated actions 2nd edition*. Cambridge: UP.
- Vaughan, Diane, 1996: *The Challenger launch decision*. Chicago: UP.
- Vaughan, Diane, 1999: The dark side of organizations: Mistake, misconduct, and disaster. *Annual Review of Sociology* 25: 271-305.
- Vaughan, Diane, 2005: Organizational rituals of risk and error. In Bridget Hutter & Michael Power (Hg.), *Organizational encounters with risk*. Cambridge: UP, S. 33-66.
- Vongmany, Manikoth. 1998. *Partie sur le contrôle aérien dans les CCR français. Rapport final (Contrat CENA/CRIIS COO12)*. CETCOPRA, Paris. 143 S.
- Weyer, Johannes, 2006: Modes of governance of hybrid systems. The mid-air collision at Ueberlingen and the impact of smart technology. *STI Studies* 2: 23.
- Weyer, Johannes, 2007: Akteur-Netzwerke und hybride Systeme. Neue Perspektiven der Techniksteuerung. In Stefan Kaufmann (Hg.), *Vernetzte Steuerung. Soziale Prozesse im Zeitalter technischer Netzwerke*, S. 67-82. Zürich: Chronos.

- Winner, Langdon, 1993: Social constructivism. Opening the black box and finding it empty. *Science as Culture* 3, 3: 427-451.
- Wynne, Brian, 1988: Unruly technology: Practical rules, impractical discourses and public understanding. *Social Studies of Science* 18: 147-167.
- Zetsche, Frank, 2004: Single European Sky: Mehr Freiheit am Himmel? Vortrag zur innerbetrieblichen Fortbildung, DFS (Deutsche Flugsicherung GmbH) 27.10.2004.



In der Reihe „Working Papers“ sind bisher erschienen:

8/2007	Jörg Potthast	Die Bodenhaftung der Flugsicherung Bestell-Nr.: TUTS-WP-8-2007
7/2007	Kirstin Lenzen	Die innovationsbiographische Rekonstruktion technischer Identitäten am Beispiel der Augmented Reality-Technologie. Bestell-Nr.: TUTS-WP-7-2007
6/2007	Michael Hahne Martin Meister Renate Lieb Peter Bioniok	Sequenzen-Routinen-Positionen – Von der Interaktion zur Struktur. Anlage und Ergebnisse des zweiten Interaktivitätsexperimentes des INKA-Projektes. Bestell-Nr.: TUTS-WP-6-2007
5/2007	Nico Lüdtke	Lässt sich das Problem der Intersubjektivität mit Mead lösen? – Zu aktuellen Fragen der Sozialtheorie Bestell-Nr. TUTS-WP-5-2007
4/2007	Werner Rammert	Die Techniken der Gesellschaft: in Aktion, in Interaktivität und hybriden Konstellationen. Bestell-Nr. TUTS-WP-4-2007
3/2007	Ingo Schulz-Schaeffer	Technik als sozialer Akteur und als soziale Institution. Sozialität von Technik statt Postsozialität Bestell-Nr. TUTS-WP-3-2007
2/2007	Cornelius Schubert	Technology Roadmapping in der Halbleiterindustrie Bestell-Nr. TUTS-WP-2-2007
1/2007	Werner Rammert	Technografie trifft Theorie: Forschungsperspektiven einer Soziologie der Technik Bestell-Nr. TUTS-WP-1-2007
4/2006	Esther Ruiz Ben	Timing Expertise in Software Development Environments Bestell-Nr. TUTS-WP-4-2006
3/2006	Werner Rammert	Technik, Handeln und Sozialstruktur: Eine Einführung in die Soziologie der Technik Bestell-Nr. TUTS-WP-3-2006
2/2006	Alexander Peine	Technological Paradigms Revisited – How They Contribute to the Understanding of Open Systems of Technology Bestell-Nr. TUTS-WP-2-2006
1/2006	Michael Hahne	Identität durch Technik: Wie soziale Identität und Gruppenidentität im soziotechnischen Ensemble von Ego-Shooterclans entstehen Bestell-Nr. TUTS-WP-1-2006

7/2005	Peter Biniok	Kooperationsnetz Nanotechnologie – Verkörperung eines neuen Innovationsregimes? Bestell-Nr. TUTS-WP-7-2005
6/2005	Uli Meyer Cornelius Schubert	Die Konstitution technologischer Pfade. Überlegungen jenseits der Dichotomie von Pfadabhängigkeit und Pfadkreation Bestell-Nr. TUTS-WP-6-2005
5/2005	Gesa Lindemann	Beobachtung der Hirnforschung Bestell-Nr. TUTS-WP-5-2005
4/2005	Gesa Lindemann	Verstehen und Erklären bei Helmuth Plessner Bestell-Nr. TUTS-WP-4-2005
3/2005	Daniela Manger	Entstehung und Funktionsweise eines regionalen Innovationsnetzwerks – Eine Fallstudienanalyse Bestell-Nr. TUTS-WP-3-2005
2/2005	Estrid Sørensen	Fluid design as technology in practice – Spatial description of online 3D virtual environment in primary school Bestell-Nr. TUTS-WP-2-2005
1/2005	Uli Meyer Ingo Schulz-Schaeffer	Drei Formen interpretativer Flexibilität Bestell-Nr. TUTS-WP-1-2005
3/2004	Werner Rammert	Two Styles of Knowing and Knowledge Regimes: Between ‘Explicitation’ and ‘Exploration’ under Conditions of ‘Functional Specialization’ or ‘Fragmental Distribution’ Bestell-Nr. TUTS-WP-3-2004
2/2004	Jörg Sydow Arnold Windeler Guido Möllering	Path-Creating Networks in the Field of Text Generation Lithography: Outline of a Research Project Bestell-Nr. TUTS-WP-2-2004
1/2004	Corinna Jung	Die Erweiterung der Mensch-Prothesen-Konstellation. Eine technografische Analyse zur ‚intelligenten‘ Beinprothese Bestell-Nr. TUTS-WP-1-2004
10/2003	Cornelius Schubert	Patient safety and the practice of anaesthesia: how hybrid networks of cooperation live and breathe Bestell-Nr. TUTS-WP-10-2003

9/2003	Holger Braun-Thürmann Christin Leube, Katharina Fichtenau Steffen Motzkus, Saskia Wessälly	Wissen in (Inter-)Aktion - eine technografische Studie Bestell-Nr. TUTS-WP-9-2003
8/2003	Eric Lettkemann Martin Meister	Vom Flugabwehrgeschütz zum niedlichen Roboter. Zum Wandel des Kooperation stiftenden Universalismus der Kybernetik Bestell-Nr. TUTS-WP-8-2003
7/2003	Klaus Scheuermann Renate Gerstl	Das Zusammenspiel von Multiagentensystem und Mensch bei der Terminkoordination im Krankenhaus: Ergebnisse der Simulationsstudie ChariTime Bestell-Nr. TUTS-WP-7-2003
6/2003	Martin Meister, Diemo Urbig, Kay Schröter, Renate Gerstl	Agents Enacting Social Roles. Balancing Formal Structure and Practical Rationality in MAS Design Bestell-Nr. TUTS-WP-6-2003
5/2003	Roger Häußling	Perspektiven und Grenzen der empirischen Netzwerkanalyse für die Innovationsforschung am Fallbeispiel der Konsumgüterindustrie Bestell-Nr. TUTS-WP-5-2003
4/2003	Werner Rammert	Die Zukunft der künstlichen Intelligenz: verkörpert – verteilt – hybrid Bestell-Nr. TUTS-WP-4-2003
3/2003	Regula Burri	Digitalisieren, disziplinieren. Soziotechnische Anatomie und die Konstitution des Körpers in medizinischen Bildgebungsverfahren Bestell-Nr. TUTS-WP-3-2003
2/2003	Werner Rammert	Technik in Aktion: Verteiltes Handeln in soziotechnischen Konstellationen Bestell-Nr. TUTS-WP-2-2003
1/2003	Renate Gerstl, Alexander Hanft, Sebastian Müller, Michael Hahne, Martin Meister, Dagmar Monett Diaz	Modellierung der praktischen Rolle in Verhandlungen mit einem erweiterten Verfahren des fallbasierten Schließens Bestell-Nr. TUTS-WP-1-2003

9/2002	Werner Rammert	Gestörter Blickwechsel durch Videoüberwachung? Ambivalenzen und Asymmetrien soziotechnischer Beobachtungsordnungen Bestell-Nr. TUTS-WP-9-2002
8/2002	Werner Rammert	Zwei Paradoxien einer Wissenspolitik: Die Verknüpfung heterogenen und die Verwertung impliziten Wissens Bestell-Nr. TUTS-WP-8-2002
6/2002	Martin Meister, Diemo Urbig, Renate Gerstl, Eric Lettkemann, Alexander Ostherenko, Kay Schröter	Die Modellierung praktischer Rollen für Verhandlungssysteme in Organisationen. Wie die Komplexität von Multiagentensystemen durch Rollenkonzeptionen erhöht werden kann Bestell-Nr. TUTS-WP-6-2002
5/2002	Cornelius Schubert	Making interaction and interactivity visible. On the practical and analytical uses of audiovisual recordings in high-tech and high-risk work situations Bestell-Nr. TUTS-WP-5-2002
4/2002	Werner Rammert Ingo Schulz-Schaeffer	Technik und Handeln - Wenn soziales Handeln sich auf menschliches Verhalten und technische Artefakte verteilt. Bestell-Nr. TUTS-WP-4-2002
3/2002	Werner Rammert	Technik als verteilte Aktion. .Wie technisches Wirken als Agentur in hybriden Aktionszusammenhängen gedeutet werden kann Bestell-Nr. TUTS-WP-3-2002
2/2002	Werner Rammert	Die technische Konstruktion als Teil der gesellschaftlichen Konstruktion der Wirklichkeit Bestell-Nr. TUTS-WP-2-2002
1/2002	Werner Rammert	The Governance of Knowledge Limited: The rising relevance of non-explicit knowledge under a new regime of distributed knowledge production Bestell-Nr. TUTS-WP-1-2002
2/2001	Ingo Schulz-Schaeffer	Technikbezogene Konzeptübertragungen und das Problem der Problemähnlichkeit. Der Rekurs der Multiagentensystem-Forschung auf Mechanismen sozialer Koordination Bestell-Nr. TUTS-WP-2-2001
1/2001	Werner Rammert	The Cultural Shaping of Technologies and the Politics of Technodiversity Bestell-Nr. TUTS-WP-1-2001

10/2000	Frank Janning Klaus Scheuermann Cornelius Schubert	Multiagentensysteme im Krankenhaus. Sozionische Gestaltung hybrider Zusammenhänge Bestell-Nr. TUTS-WP-10-2000
9/2000	Holger Braun	Formen und Verfahren der Interaktivität – Soziologische Analysen einer Technik im Entwicklungsstadium Bestell-Nr. TUTS-WP-9-2000
8/2000	Werner Rammert	Nichtexplizites Wissen in Soziologie und Sozionik. Ein kursorischer Überblick Bestell-Nr. TUTS-WP-8-2000
7/2000	Werner Rammert	Ritardando and Accelerando in Reflexive Innovation, or How Networks Synchronise the Tempi of Technological Innovation Bestell-Nr. TUTS-WP-7-2000
5/2000	Jerold Hage Roger Hollingsworth Werner Rammert	A Strategy for Analysis of Idea Innovation, Networks and Institutions National Systems of Innovation, Idea Innovation Networks, and Comparative Innovation Biographies Bestell-Nr. TUTS-WP-5-2000
4/2000	Holger Braun	Soziologie der Hybriden. Über die Handlungsfähigkeit von technischen Agenten Bestell-Nr. TUTS-WP-4-2000
3/2000	Ingo Schulz-Schaeffer	Enrolling Software Agents in Human Organizations. The Exploration of Hybrid Organizations within the Socionics Research Program Bestell-Nr. TUTS-WP-3-2000
2/2000	Klaus Scheuermann	Menschliche und technische ‚Agency‘: Soziologische Einschätzungen der Möglichkeiten und Grenzen künstlicher Intelligenz im Bereich der Multi-agentensysteme Bestell-Nr. TUTS-WP-2-2000
1/2000	Hans-Dieter Burkhard Werner Rammert	Integration kooperationsfähiger Agenten in komplexen Organisationen. Möglichkeiten und Grenzen der Gestaltung hybrider offener Systeme Bestell-Nr. TUTS-WP-1-2000
1/1999	Werner Rammert	Technik Stichwort für eine Enzyklopädie Bestell-Nr. TUTS-WP-1-1999