

# Analyse kognitiver Aspekte der Kommunikation im Flugzeugcockpit

Andreas Lüdtkke

**Abstract:** Der Beitrag beschreibt eine Methode zur detaillierten Analyse und Modellierung von skriptartigen Kommunikationsstrukturen, wie Sie beispielsweise im Cockpit vorzufinden sind. Neben den Sprechakten gilt dabei besondere Aufmerksamkeit des Modellierers dem gemeinsamen Situationsverständnis, dem „Common Ground“. An einem Beispiel eines Fehlers bei der Überwachung der Modusanzeige wird die Modellierungsmethode demonstriert.

## 1 Einleitung

Innerhalb des nächsten Jahrzehnts werden sich die Struktur und die Prozesse innerhalb des Luftraummanagements (Air Traffic Management, ATM) drastisch verändern. Das zukünftige ATM Konzept sieht vor, mehr Verantwortung für die Planung der Flugrouten vom Boden in die Flugzeugcockpits zu verlagern und eine Umplanung unter Verwendung des Flight Management Systems und des Autopiloten zu ermöglichen. Voraussetzung hierfür ist ein optimales Situationsverständnis der Piloten bzgl. der Cockpitsysteme, um eine korrekte Bedienung zu gewährleisten. Der Kommunikationsaspekt ist hierbei ein wichtiger Faktor für die Flugsicherheit. Dies betrifft einerseits die Kommunikation zwischen Piloten und Fluglotsen zur Aushandlung von Flugrouten und andererseits die Kommunikation zwischen den beiden Piloten zur gemeinsamen Planung, Umsetzung und Überwachung des Fluges. Ziel der in diesem Beitrag präsentierten Arbeiten ist die Konzeption einer Methode zur Analyse von Fehlermöglichkeiten innerhalb der Interaktionsabläufe in Flugzeugcockpits unter Fokussierung auf die Kommunikation zwischen den Piloten.

## 2 Prozedurbasierte Kommunikation in Flugzeugcockpits

Die Aufgaben im Cockpit eines Flugzeugs sind zwischen dem Pilot-Flying (PF) und dem Pilot-Non-Flying (PNF) klar verteilt und in Form von Prozeduren spezifiziert. Fester Bestandteil solcher Prozeduren sind Synchronisationspunkte, an denen PF und PNF skriptar-

tig miteinander kommunizieren, um Informationen über den aktuellen Flugzustand auszutauschen. Beispielsweise äußert einer der Piloten durch einen sogenannten Call-Out einen aktuellen Systemparameter, den der andere Pilot daraufhin auf den Instrumenten auf seiner Cockpitseite gegenprüft (Cross Check) und ggf. bestätigt. Auf diese Weise soll die Redundanz bei der Überwachung der Instrumente sichergestellt werden. Hierzu gehört die Überwachung der Modusanzeige (Flight Mode Annunciation, FMA). Auf der FMA werden die Modi des Autopiloten als Drei-Buchstaben-Codes angezeigt. Bei einem automatischen Sinkflug zeigt beispielsweise ein blinkender „ALT“ Code an, dass die gewünschte Höhe fast erreicht ist und der Autopilot jetzt langsam die vertikale Geschwindigkeit gegen 0 fährt, um die Höhe einzufangen („to capture“, deshalb spricht man auch vom Capture-Modus). Beim Design von Flugprozeduren ist es wichtig zu untersuchen, ob die Verteilung der Aufgaben zwischen PF und PNF mit der vorgesehenen Synchronisation die Entdeckung auch unerwarteter Systemzustände (beispielsweise als Folge von Fehlbedienungen) garantiert. Voraussetzung für die gemeinsamen Überwachung der Flugprozeduren ist, dass beide Piloten ein gemeinsames Verständnis des aktuellen Zustands der Cockpitsysteme und damit der Notwendigkeit und Auswirkung von Aktionen haben. In der Kommunikationstheorie spricht man vom Aufbau eines „Common Grounds“ [Sta78]. Hierunter versteht man die Summe der Informationen und Annahmen, die von allen an einer Kommunikation beteiligten Personen geteilt werden und von denen jeder weiß, dass die anderen sie besitzen. Das Situationsverständnis von PF und PNF überschneiden sich, sind jedoch nicht identisch. Der PNF hat eine abstraktere Sicht, die es ihm aber ermöglichen soll, die Aktionen des PNF zu überprüfen und die Systemreaktionen zu bewerten. Um Fehlermöglichkeiten innerhalb der prozedurbasierten Interaktion zwischen PF und PNF herauszuarbeiten, soll das Joint Action Ladder Model (JAL) von [Cla96] herangezogen werden. Clark versteht Kommunikation als „joint actions“, die auf vier Ebenen beschrieben werden können und die letztlich dazu dienen, gemeinsame Projekte („joint projects“) zu koordinieren.

1. **Ebene** Der Sprecher zeigt ein Verhalten, welches für einen Adressaten bestimmt ist. Der Adressat lenkt seine Aufmerksamkeit auf das Verhalten.
2. **Ebene** Der Sprecher präsentiert dem Adressaten eine linguistische Konstruktion, welche von diesem identifiziert wird.
3. **Ebene** Der Sprecher versucht Informationen an den Adressaten zu übermitteln. Der Adressat versucht die Information zu verstehen.
4. **Ebene** Der Sprecher schlägt ein gemeinsames Projekt vor. Der Adressat erwägt, das Projekt aufzunehmen und zu akzeptieren.

Aus dieser Perspektive lässt sich die Durchführung eines Flugmanövers, z.B. ein automatischer Sinkflug, als gemeinsames Projekt mit einer Menge von Unterprojekten verstehen. Synchronisationspunkte dienen dann dazu, sich auf gemeinsame Unterprojekte zu verständigen.

1. **Ebene** Einer der Piloten lenkt die Aufmerksamkeit des anderen durch einen Call-Out auf einen bestimmten Flugparameter (z.B. die aktuelle Flughöhe).

2. **Ebene** Der in der Prozedur vorgeschriebene linguistische Term (z.B. „1000 Feet“) wird vom adressierten Piloten identifiziert.
3. **Ebene** Die intendierte Information wird interpretiert („1000 Feet“ wird interpretiert als „wir sind noch 1000 Fuß von der intendierten Höhe entfernt“).
4. **Ebene** Schließlich wird der Call-Out vom adressierten Piloten als Aufforderung, den Parameter zu gegenprüfen verstanden und wie vorgeschrieben beantwortet (z.B. „checked“). Desweiteren impliziert die Antwort ein Akzeptieren des assoziierten gemeinsamen Projekts (z.B. gemeinsam warten bis die intendierte Höhe eingefangen wurde und der Capture-Modus aktiv ist).

Unter Verwendung der vier Ebenen von Clark lassen sich systematisch potentielle Fehlerquellen im Hinblick auf die prozedurbasierte Synchronisation zwischen PF und PNF ableiten: 1. Ebene: Call-Outs werden in fast allen Fällen durch bestimmte (akustische oder visuelle) Signale der Cockpitsysteme ausgelöst. Fehlende oder undeutliche Auslöser lassen die Kommunikation bereit auf der ersten Ebene scheitern. 2. Ebene: Weicht der Pilot von der vorgeschriebenen Prozedurterminologie ab, dann besteht die Möglichkeit, dass der zweite Pilot die Kommunikationsaktion nicht als Prozedurbestandteil mit entsprechenden Konventionen versteht. 3. Ebene: Der adressierte Pilot kann die Information nicht korrekt in den Prozedurablauf einordnen. Dazu kann es kommen, wenn sich PF und PNF an unterschiedlichen Stellen der Prozedur befinden. In diesen Fällen hat die Synchronisation versagt. 4. Ebene: Da das Situationsverständnis des PNF, wie oben beschrieben, abstrakter als das des PF ist, kann es vorkommen, dass der PNF von einem gemeinsamen Projekt abweicht, ohne dass ihm dies bewusst ist. In dem folgenden Analysebeispiel wird dies anhand des Sinkflugbeispiels verdeutlicht.

### 3 Beispiel einer Analyse prozedurbasierter Kommunikation

Die Analyse der Fehlermöglichkeiten soll anhand der Prozedur zur Durchführung eines Sinkflugs unter Verwendung eines Piper Cheyenne Autopiloten verdeutlicht werden. Die Prozedur beginnt damit, dass die Piloten von den Air Traffic Controllern (ATC) eine Freigabe (Clearance) für eine tiefere Höhe erhalten. Der PF führt folgende Schritte durch: (1) Die Höhe wird in den Alerter (Eingabegerät des Autopiloten) eingedreht. (2) Die ALTS-Taste wird gedrückt, um die eingedrehte Höhe zu aktivieren. (3) Die vertikale Geschwindigkeit wird über die ETRIM Taste justiert, so dass das Flugzeug mit ca. 2000 Fuß/Min. sinkt. (4) Wenn „ALT“ noch nicht blinkt, d.h. der Capture-Modus ist noch nicht aktiv, dann darf die VS-Taste zur Stabilisierung der vertikalen Geschwindigkeit gedrückt werden. (5) Sobald ein Abstand von 1000 Fuß bis zur gewünschten Höhe erreicht ist, ertönt ein Beep. Dies bestätigt der PF durch den Call-Out: „1000 Feet“. Der PNF überprüft die Höhe und antwortet mit „checked“. (6) Sobald der Capture Modus aktiv ist („ALT“ blinkt) beobachten sowohl PF als auch PNF, ob der Autopilot die intendierte Höhe korrekt einfängt (Level Off).

Wichtig für das Funktionieren der gemeinsamen Überwachung der korrekten Durchfüh-

Nr	Kommunikation	Aktionen	gemeinsame Projekte	Situationsverständnis PNF	Situationsverständnis PNF	Anzeigen und Signale
1.	„Descend 4000 feet“		Sinkflug	Zielhöhe = 4000 Fuß	Zielhöhe = 4000 Fuß	Höhenmesser = 5300
2.		Alerter := 4000		Alerter = 4000		Alerter = 4000
3.		ALTS Taste		FMA= „ALT ALTS“		FMA = „ALT ALTS“
4.		ETRIM Taste				
5.				Distanz 1000 Fuß		„Beep“ bei 1000 Fuß
6.	PF: „1000 feet“		Warten auf den Capture Modus		Distanz zur Zielhöhe 1000 Fuß	
7.		VS Taste				FMA = „ALT“ blinkt
8.						FMA = „VS“. Höhenmesser = 3700

Tabelle 1: Interaktion PF/PNF beim Sinkflug – mit unentdecktem Bedienungsfehler

Die Kommunikation über die FMA (Zeile 8.,9. in Tabelle 1). Aufgrund der hohen Arbeitslast im Cockpit kann es vorkommen, dass der Auslöser („ALT“ blinkend) zur gemeinsamen Überwachung des Level Off übersehen wird (Fehler auf der 1. Ebene der JAL).

Die Flugmanöver ist das gemeinsame Situationsverständnis.

In Tabelle 1 ist der Unterschied zwischen der aktuellen (5300 Fuß) und der anzufliegenden Höhe mit 1300 Fuß relativ gering. Dies führt in Zeile 7. dazu, dass der PF die VS Taste drückt, obwohl der Capture-Modus bereits aktiv ist. Da dies in der Prozedur nicht erlaubt ist, handelt es sich um einen Bedienungsfehler. Dieser äußert sich darin, dass auf der FMA „VS“ anstatt „VS ALTS“ angezeigt wird. Der Fehler wird von beiden Piloten nicht erkannt. Die Analyse zeigt, dass der PNF keine Informationen über die korrekte Anzeige hat. Seine Überwachungsaufgaben beschränken sich lediglich auf die an den drei Synchronisationspunkten (Zeile 7.,8.,9. in Tabelle 1) verabredeten gemeinsamen Projekte. Die Flugprozedur versetzt ihn in diesem Fall nicht in die Lage, den Bedienungsfehler des PF zu entdecken und das gemeinsame Projekt „Warten auf den Capture Modus“ korrekt durchzuführen (Fehler auf der 4. Ebene der JAL). Weitere Probleme bereitet die implizite Kommunikation über die FMA (Zeile 8.,9. in Tabelle 1). Aufgrund der hohen Arbeitslast im Cockpit kann es vorkommen, dass der Auslöser („ALT“ blinkend) zur gemeinsamen Überwachung des Level Off übersehen wird (Fehler auf der 1. Ebene der JAL).

In zukünftigen Arbeiten soll eine vollständige Analyse potentieller Kommunikationsfehler bei einer Reihe von Flugprozeduren durchgeführt werden. Mit dem Ziel einer weitgehenden Automatisierung der Analyse soll ein kognitives Modell erstellt werden, welches in der Lage ist, das Situationsverständnis von PF und PNF durch Simulation der Flugprozeduren in konkreten realistischen Flugszenarien vorherzusagen und potentielle Auswirkungen auf die Überwachungsfunktion des PNF zu analysieren.

## Literatur

[Cla96] H. Clark. *Using language*. Cambridge University Press, 1996.

[Sta78] R.C. Stalnaker. Assertion. In P. Cole, Hrsg., *Syntax and Semantics 9: Pragmatics*, Seite TODO. Academic Press, 1978.