Identifizierung leistungsrelevanter Merkmale der Teamkommunikation in der Domäne Flugsicherung

vorgelegt von
Anne Papenfuß
M.A. Medienwissenschaften
ORCID: 0000-0002-0686-7006

von der Fakultät V – Verkehrs- und Maschinensysteme
der Technischen Universität Berlin
zur Erlangung des akademischen Grades

Doktor der Philosophie
- Dr. Phil.-

genehmigte Dissertation

Promotionsausschuss:

Vorsitzender: Prof. Dr. Manfred Thüring
Gutachter: Prof. Dr. Dietrich Manzey
Gutachterin: Prof. Dr. Barbara Deml

Tag der wissenschaftlichen Aussprache: 07.06.2019

Berlin 2019

DANKSAGUNG

Diese Arbeit liegt vor, da mich viele Personen auf meinem Weg dahin unterstützen. Mein Dank geht an Professor Dietrich Manzey für die Betreuung meiner Arbeit. Die Diskussionen im Kolloquium waren für mich wertvolle Denkanstöße und halfen mir, den methodischen Faden nicht zu verlieren. Professor Barbara Deml möchte ich für die Begutachtung meiner Arbeit danken, Professor Manfred Thüring für den Vorsitz des Promotionsausschuss.

Dank gebührt auch meinen Kollegen am Institut für Flugführung und im DLR für ihre Unterstützung und die ich hier nicht alle namentlich erwähnen kann. Neben ihrer immensen Bereitschaft, jederzeit mit fachlichem Wissen zu unterstützen, haben sie durch ihre menschlichen Qualitäten für mich die Rahmenbedingungen geschaffen, dieses Projekt durchzuführen. Mein herzlicher Dank geht an Carmen Bruder, die als Projektleiterin und Freundin mir den notwendigen Rahmen für die Dissertation verschaffte. Insbesondere möchte ich Viola Westfal, Michelle Rostalski, Johanna Günzl und Gregor Binz für ihre wertvolle Arbeit als studentische Hilfskräfte bei der Versuchsdurchführung und Datenaufbereitung danken. Andreas Hasselberg und Hendrik Oberheid ermöglichten mir durch die Anpassung ihrer Mikrowelt und Felix Timmermann, durch seine Hilfe mit TeamSpeak die Durchführung der Studien. Monika Mittendorfs Arbeit bei der Kodierung der Daten war eine große Unterstützung. Insbesondere möchte ich Marcus Biella danken, dass er mir als Abteilungsleiter die Freiräume zur Durchführung der Dissertation verschaffte.

Christoph Möhlenbrink und Bernhard Weber möchte ich für die Motivation und Diskussionen danken. Ihr Glauben an den Erfolg meiner Arbeit war unerschütterlich. Matthias Wies, danke für die Sorge um mein Wohlergehen, ohne Deine Hilfe wäre ich wortwörtlich beim Schreiben verhungert.

Danken möchte ich meiner Familie und meinen Freunden für jederzeit offene Ohren, aufbauende Gespräche und den Rückhalt. Bei meiner Mutter Rita Papenfuß möchte ich mich für das hingebungsvolle Korrekturlesen und kritische Hinterfragen meines Textes bedanken. Insbesondere mein Freund Stefan Krause verdient meine Dankbarkeit, der mich seelisch und moralisch unterstützte und an den ich mich jederzeit als engagierten Diskussionspartner wenden konnte.

INHALT

1 EINLEITUNG 1
1.1 MOTIVATION FÜR DIE ANALYSE VON TEAMKOMMUNIKATION 1
1.2 STAND DER WISSENSCHAFT 2
1.3 FORSCHUNGSLÜCKE UND ZIEL DER ARBEIT 4
1.4 VORGEHEN 6

2 GRUNDLAGEN UND BEGRIFFSDEFINITION – KOMMUNIKATION ALS META-PROZESS DER TEAMARBEIT 8
2.1 DEFINITION VON TEAMARBEIT UND TEAMPROZESSEN 8
2.1.1 Teams und Teamleistung 8
2.1.2 Kategorisierung von Teams anhand der Aufgabe 9
2.1.3 Prozesse der Teamarbeit 11
2.2 DEFINITION VON KOMMUNIKATION IM KONTEXT TEAMARBEIT 17
2.2.1 Arbeitsdefinition Kommunikation 17
2.2.2 Modelle der Kommunikation 17
2.3 EINFLUSSFAKTOREN AUF TEAMKOMMUNIKATION UND TEAMLEISTUNG 20
2.3.1 Erfahrung als Team 22
2.3.2 Kommunikationsmedien 24
2.4 VERFAHREN ZUR ANALYSE VON TEAMKOMMUNIKATION 27
2.4.1 Analysierbare Merkmale des Kommunikationsverhaltens 27
2.4.2 Kodierschemen zur zeitgenaue Rekonstruktion der Teaminteraktion 28
2.4.3 Abgleich Interaktionsverhalten mit erwarteten Verhaltensweisen 30
2.4.4 Kommunikationsanalyse zur Erfassung kognitiver Zustände 30
2.4.5 Zusammenfassende Betrachtung 33
2.5 ZUSAMMENFASSUNG DER FRAGESTELLUNG DER ARBEIT 35

3 ENTWICKLUNG EINES RAHMENMODELLS ZUR ANALYSE DER KOMMUNIKATION VON FLUGLOTSENTEAMS 36
3.1 ANALYSE DER ANFORDERUNGEN AN TEAMARBEIT VON FLUGLOTSEN 36
3.1.1 Ziele und Aufgaben eines Fluglotsens 36
3.1.2 Beschreibung der kognitiven Aufgaben eines Fluglotsen 38
3.1.3 Beobachtbares Kommunikationsverhalten von Fluglotsenteams 40
3.2 ABLEITUNG DER KRITERIEN GUTER UND SCHLECHTER KOMMUNIKATION IM LOTSENTEAM 42
3.2.1 Begründung des Vorgehens und Begriffsdefinition 42
3.2.2 Umgang mit Komponenten-Komplexität 44
3.2.3 Umgang mit dynamischer Komplexität 46
3.2.4 Umgang mit koordinativer Komplexität 47
3.2.5 Einfluss von Erfahrung auf die Kriterien 49
3.2.6 Einfluss des Kommunikationsmediums auf die Kriterien 50
3.3 ZUSAMMENFASSUNG DES RAHMENMODELLS EFFEKTIVER TEAMKOMMUNIKATION IN EINER LOTSENAUFGABE 53

4 VERSUCHSUMGEBUNG ZUR ANALYSE VON KOMMUNIKATION IN EINER FLUGLOTSENAUFGABE 57
4.1 BESCHREIBUNG DER VERSUCHSUMGEBUNG „TEAMCOM“ 57
4.1.1 Abbildung der Fluglotsen-Aufgabe in der Mikrowelt MAGIE 57
4.1.2 Technische Realisierung der Kommunikation und Interaktion in der Aufgabe 60
4.1.3 Abbildung der Aufgabenkomplexität 61
4.2 ERWARTETES KOMMUNIKATIONSVERHALTEN IN DER VERSUCHSUMGEBUNG 64
4.2.1 Bestimmung der aufgabenrelevanten Kommunikation 64
4.2.2 Prototypische Sequenzen der Teamkommunikation 68
4.2.3 Erwartete Auswirkung von Erfahrung und Kommunikationsmedium auf die prototypische Sequenz 70

4.3 AUFBEREITUNG DER KOMMUNIKATIONSDATEN ZUR ÜBERPRÜFUNG DES RAHMENMODELLS ... 72
4.3.1 Erzeugen diskreter Sprechakte ... 72
4.3.2 Transkription ... 74
4.3.3 Kodierung ... 74
4.3.4 Bestimmung von Kommunikationssituationen (Chunks) ... 75
4.3.5 Reliabilität der Inhaltsanalyse ... 77
4.3.6 Auswirkung auf die prototypische Sequenz ... 78
4.4 ABHÄNGIGE VARIABLEN – DEFINITION DER METRIKEN ... 80
4.4.1 Gütekriterien und methodische Anforderungen an die Versuchsumgebung TeamCom ... 80
4.4.2 Leistung ... 81
4.4.3 Kommunikationsverhalten ... 86
4.4.4 Subjektive Maße ... 94
5 EMPIRISCHE DATEN ZUM KOMMUNIKATIONSVERHALTEN GUTER TEAMS ... 95
5.1 FRAGESTELLUNGEN DER STUDIE ... 95
5.1.1 Die Differenzierung der Teamleistung durch beobachtbare Verhaltensweisen ... 95
5.1.2 Erfahrung im Team ... 95
5.2 OPERATIONALISIERUNG ... 96
5.2.1 Unabhängige Variablen ... 96
5.2.2 Abhängige Variablen ... 96
5.2.3 Experimentelles Design ... 96
5.2.4 Datenanalyse ... 97
5.3 VERSUCHSAUFBAU ... 98
5.4 PROZEDUR ... 98
5.4.1 Vorab-Fragebögen ... 98
5.4.2 Am Versuchstag ... 98
5.5 STICHPROBE ... 100
5.6 LEISTUNGSKENNWERTE DER GRUPPEN ... 101
5.7 DARSTELLUNG DER ERGEBNISSE ZUM KOMMUNIKATIONSVERHALTEN ... 102
5.7.1 Deskriptive Ergebnisse ... 102
5.7.2 Komponenten-Komplexität ... 103
5.7.3 Dynamische Komplexität ... 103
5.7.4 Koordinative Komplexität ... 104
5.8 DAS KOMMUNIKATIONSVERHALTEN GUTER UND SCHLECHTER TEAMS ... 107
6 DER EINFLUSS VON ERFAHRUNG IM TEAM ... 109
6.1 ÜBERPRÜFUNG DER EXPERIMENTELLEN MANIPULATION ... 109
6.2 EINFLUSS VON ERFAHRUNG AUF LEISTUNG ... 110
6.2.1 Gleiche Ausgangsbedingungen ... 110
6.2.2 Einfluss von Aufgabenerfahrung und Teamerfahrung auf die Leistung ... 111
6.3 EINFLUSS VON ERFAHRUNG AUF DAS KOMMUNIKATIONSVERHALTEN ... 113
6.3.1 Komponenten-Komplexität - Kommunikationshäufigkeit ... 113
6.3.2 Dynamische Komplexität ... 113
6.3.3 Koordinative Komplexität ... 116
6.4 ZUSAMMENFASSUNG DES EINFLUSSES VON ERFAHRUNG ... 119
7 DER EINFLUSS DES KOMMUNIKATIONSMEDIUMS ... 121
7.1 FRAGESTELLUNG DER STUDIE ... 121
7.2 OPERATIONALISIERUNG ... 122
7.2.1 Unabhängige Variable ... 122
7.2.2 Abhängige Variable ... 122
7.2.3 Experimentelles Design ... 122
7.3 VERSUCHSAUFBAU ... 122
7.4 PROZEDUR ... 123

7.4.1 Vorab-Fragebögen *123*
7.4.2 Am Versuchstag *123*
7.5 Stichprobe 123
7.6 Einfluss des Kommunikationsmediums auf Leistung 125
7.7 Einfluss des Mediums auf das Kommunikationsverhalten 128
7.7.1 Komponenten-Komplexität – Monitoring relevanter Luftfahrzeuge *128*
7.7.2 Dynamische Komplexität *129*
7.7.3 Koordinative Komplexität *134*
7.7.4 Effekt der Reihenfolge auf Adaption *137*
7.8 Zusammenfassung des Einflusses des Mediums auf die Lotsenaufgabe 139

8 DISKUSSION DER ERGEBNISSE DER ARBEIT 142
8.1 Validierung des Rahmenmodells für Lotsenkommunikation 142
8.1.1 Welche Metriken differenzieren Leistungsunterschiede? *142*
8.1.2 Abweichungen im beobachteten Verhalten zum erwarteten Verhalten *145*
8.1.3 Aktives Monitoring als unerwartete leistungssteigernde Verhaltensweise *148*
8.2 Der Einfluss von Erfahrung und Medium auf das Kommunikationsverhalten 150
8.2.1 Einordnung der Studienergebnisse in das Rahmenmodell *150*
8.2.2 Kommunikationsmedium und der Einfluss der Reihenfolge *151*
8.2.3 Der Einfluss von gemeinsamer Erfahrung und Teamsetting *152*
8.3 Ausblick auf den weiteren Einsatz von Kommunikationsanalyse zur Bewertung von Teamarbeit 155
8.3.1 Grenzen des Ansatzes – Nachweis impliziter Koordination *155*
8.3.2 Mehrwert der Analyse von Teamkommunikation in Human-Factors-Studien *156*
8.3.3 Optionen zur Automatisierung der Datenaufbereitung *157*
8.3.4 Schlussfolgerung *159*

REFERENZEN 161

ANHANG 173
A Hierarchische Aufgabenanalyse TeamCom 173
B Beschreibung des Szenarios 175
C Anleitung zum Kodieren der Daten 179
D Kommunikationsverhalten guter und schlechter Teams 189
E Studie „Erfahrung“ 191
F Studie „Kommunikationsmedium“ 201

ABBILDUNGSVERZEICHNIS

Abbildung 1 Vorgehen in der Arbeit 6
Abbildung 2 Aufgabenzirkumplex nach McGrath, J. E. (1984). 10
Abbildung 3 Modell der Teamarbeit Adaptiert und übersetzt von Dickinson, & McIntyre (1997).. 13
Abbildung 4 Modell der Teamarbeit von Annett, J. und Cunningham D. (2000). 15
Abbildung 5 Das „Minimal-ABX“ Modell von Kommunikation nach Newcomb (1953) 18
Abbildung 6 Das Sender-Empfänger-Modell der Kommunikation 19
Abbildung 7 Das erweiterte Sender-Empfänger Modell 20
Abbildung 8 Das Semiotische Dreieck. 21
Abbildung 9 Kommunikationsmedium und Erfahrung als Einflussfaktoren der Teamarbeit. 22
Abbildung 10 Visualisierung der kognitiven Aufgabenprozesse der Lotsenaufgabe, ... 39
Abbildung 11 Integration der leistungssteigernden Verhaltensweisen des Rahmenmodells 54
Abbildung 12 Die graphische Benutzeroberfläche der Mikrowelt MAGIE 59
Abbildung 13 Darstellung der Flugzeugdaten für eigene und Flugzeuge des Teampartners 59
Abbildung 14 Alle erlaubten Routen in der Mikrowelt MAGIE vom Einflugpunkt „SW“ 60
Abbildung 15 Definition der verwendeten Bezeichnungen für Konflikte 60
Abbildung 16 Technischer Aufbau der Versuchsumgebung TeamCom 61
Abbildung 17 Abgleich der Prozesse der Lotsenaufgabe mit der Versuchsumgebung „TeamCom“ 62
Abbildung 18 Beispiel für die Abhängigkeit der Relevanz von Flugdaten von der Situation 66
Abbildung 19 Ergebnis der hierarchischen Aufgabenanalyse zur Versuchssaufgabe TeamCom 67
Abbildung 20 Erwartete Kommunikationssequenz und beobachtbare Kommunikationsinhalte 69
Abbildung 21 Implizite Koordination als Abwandlung der prototypischen Sequenz der Teamkommunikation 71
Abbildung 22 Vorgehen zur Aufbereitung der Interaktionsdaten 72
Abbildung 23 Prüfung der ermittelten Dauer der Kommunikationsevents in der Bedingung Chat 73
Abbildung 24 Oberfläche der Software "Audacity“ zur Transkription der Kommunikationsinhalte 73
Abbildung 25 Bestimmung der Gesprächssituationen durch Analyse der Sprechpausen 76
Abbildung 26 Übersicht über die Aspekte von Leistung und die Metriken 82
Abbildung 27 Schematische Darstellung zur Bestimmung des Schweregrads 85
Abbildung 28 Beispiele für die Bestimmung des Schweregrads 85
Abbildung 29 Vorgehen zum Ableiten der Metriken des Interaktionsverhaltens 86
Abbildung 30 Vorgehen zur Bewertung des Zeitpunkts des Kommunikationsevents 90
Abbildung 31 Schema zur Kategorisierung des Zeitpunkts beim Monitoring 91
Abbildung 32 Versuchsaufbau Studie Erfahrung 98
Abbildung 33 Prozedur der Studie "Erfahrung" 99
Abbildung 34 Zusammensetzung der Separationsverletzungen bei guter und schlechter Leistung 101
Abbildung 35 Das Kommunikationsprofil guter und schlechter Teams 102
Abbildung 36 Unterschiede im Zeitpunkt der Situationsanalysen guter und schlechter Teams 105
Abbildung 37 Zusammensetzung des Schweregrads der aufgetretenen Separationsverletzungen 112
Abbildung 38 Zeitpunkte des Kommunikationsverhaltens - Einfluss der Aufgabenerfahrung 115
Abbildung 39 Prozentuale Anteile in den Kategorien zum Zeitpunkt der Informationsübermittlung 115
Abbildung 40 Zusammensetzung der Separationsverletzung in den Bedingungen Chat und Funk 125
Abbildung 41 Effekt des Wechsels des Mediums auf mittlere Anzahl der Konflikte 126
Abbildung 42 Mittelwerte und Konfidenzintervalle für die Dimensionen des NASA-TLX 130
Abbildung 43 Prozentuale Anteil in den Kategorien zum Zeitpunkt der Informationsübermittlung 132
Abbildung 44 Zusammenfassung der mittleren Zeitpunkte der Teamkommunikation in den Kommunikationsbedingungen 133
Abbildung 45 Kommunikationsprofile - Prozentuale Anteile in den Inhaltskategorien 137
Abbildung 46 Zusammensetzung der Separationsverletzungen in den Unterstichproben 138
Abbildung 47 Anpassung der hierarchischen Aufgabenanalyse an beobachtetes Kommunikationsverhalten 147
Abbildung 48 Empirische Ergebnisse zum Einfluss von Erfahrung und Medium 150
Abbildung 49 Workflow der Datenaufbereitung.. 158
Abbildung 50 Anforderungen der Aufgabe im Zeitverlauf 176
Abbildung 51 Anzahl der Luftfahrzeuge und Anzahl potentieller Konflikte in 1 Minuten Intervallen 177

Abbildung 52 Grafische Benutzeroberfläche für einen Versuchsteilnehmer in der Aufgabe TeamCom 179
Abbildung 53 Schema für Bearbeitung von TeamCom 180
Abbildung 54 Prototypische Sequenz der Teamkommunikation 181
Abbildung 55 Gesprächsverlauf des kodierten Beispiels 185

TABELLENVERZEICHNIS

Tabelle 1 In der Literatur genannte Teamprozesse, die auf Kommunikation beruhen 12
Tabelle 2 Merkmale des Kommunikationsprozess und Möglichkeiten zur Analyse 27
Tabelle 3 Methoden zur Messung von Team-Situationsbewusstsein über Kommunikationsanalyse 32
Tabelle 4 Zusammenfassung der Analyseverfahren nach Aspekten der Teamarbeit 34
Tabelle 5 Schema für die Bewertung der Selektion und mögliche Auswirkungen fehlerhafter Selektion 45
Tabelle 6 Merkmale der Lotsenarbeit in den Ebenen der Aufgabenkomplexität 53
Tabelle 7 Überblick über die Hypothesen zu leistungssteigerndem Kommunikationsverhalten 55
Tabelle 8 Zusammenfassung der Hypothesen: Einfluss der Erfahrung auf Verhaltensweisen 55
Tabelle 9 Zusammenfassung der Hypothesen: Einfluss des Mediums auf Verhaltensweisen 56
Tabelle 10 Quantifizierung der Aufgabenkomplexität für TeamCom 63
Tabelle 11 Beschreibung der Aufgabe „TeamCom“ durch Fluglotsen (Experten) 65
Tabelle 12 Partielle Ziel-Hierarchie der Aufgabe "TeamCom" 68
Tabelle 13 Hauptkategorien für die Kodierung der Daten 75
Tabelle 14 Kennwerte der Interrater-Reliabilität der Inhaltskodierung 77
Tabelle 15 Reliabilitätsmaße verwandter Kodierungsverfahren 79
Tabelle 16 Kennwerte der Leistungsmetriken – Kategorisierung der Separationsverletzungen 82
Tabelle 17 Überblick über die erhobenen Indikatoren für Leistung 84
Tabelle 18 Metriken zur Erfassung des Umgangs mit Komponenten-Komplexität 88
Tabelle 19 Metriken die dien Umgang mit der dynamischen Komplexität beschreiben 89
Tabelle 20 Metriken die den Umgang mit koordinativer Komplexität beschreiben 92
Tabelle 21 Überblick über die erwarteten prototypischen Transitionen 93
Tabelle 22 Schema des Experimentellen Designs 97
Tabelle 23 Kennwerte zur Stichprobe der Studie "Erfahrung" 100
Tabelle 24 Kennwerte zu den Unterstichproben im Kriterium Leistung 101
Tabelle 25 Deskriptive Werte zum Profil der Teamkommunikation 102
Tabelle 26 Überblick über die getesteten Hypothesen und die Ergebnisse 107
Tabelle 27 Metriken zur subjektiven Einschätzung der Teamleistung 109
Tabelle 28 Metriken zur Kommunikationshäufigkeit 113
Tabelle 29 Überblick über die Hypothesen der Studie "Erfahrung" 119
Tabelle 30 Der Einfluss des Kommunikationsmediums auf die Bearbeitung der Versuchsaufgabe 127
Tabelle 31 Kennwerte zur Kommunikationshäufigkeit 130
Tabelle 32 Übersicht der Hypothesen zur Studie "Medium" 139
Tabelle 33 Metriken und Verhaltensweisen des Rahmenmodells 143
Tabelle 34 Detaillierte Darstellung der identifizierten Aufgaben 173
Tabelle 35 Kennwerte der Versuchsaufgabe gesamt und pro Teampartner 175
Tabelle 36 Kennwerte der Abschnitte 176
Tabelle 37 Erwartete Interaktionshäufigkeit in den Phasen der Aufgabenbearbeitung 178
Tabelle 38 Schlüsselwörter für die Kodierung des Flugzustands 182
Tabelle 39 Beispiel für Kodierung eines Gesprächsverlaufs 184
Tabelle 40 Übersicht Metriken des Kommunikationsverhaltens guter und schlechter Teams 189
Tabelle 41 Deskriptive Ergebnisse zur Teamleistung Studie Erfahrung 192
Tabelle 42 Deskriptive Daten zur mentalen Beanspruchung Studie Erfahrung 193
Tabelle 43 Deskriptive Werte zum Kommunikationsprofile Studie Erfahrung 194
Tabelle 44 Mittlere Häufigkeiten des kategorisierten Zeitpunkts der initialen Interaktion 194
Tabelle 45 Übersicht der Metriken des Kommunikationsverhaltens Studie Erfahrung Durchgang 1 195
Tabelle 46 Übersicht der Metriken des Kommunikationsverhaltens Studie Erfahrung Durchgang 2 197
Tabelle 47 Übersicht der Metriken des Kommunikationsverhaltens Studie Erfahrung Durchgang 3 199
Tabelle 48 Deskriptive Werte der Teamleistung Studie Kommunikationsmedium 201
Tabelle 49 Deskriptive Werte zum Kommunikationsprofil Studie Kommunikationsmedium 201
Tabelle 50 Übersicht der Metriken des Kommunikationsverhaltens Studie Kommunikationsmedium 202

ZUSAMMENFASSUNG

Die Arbeit von Teams ist ein Einflussfaktor auf die Leistungsfähigkeit des Luftverkehrssystems. In dieser Arbeit wird ein Ansatz zur Analyse der Teamkommunikation vorgestellt, um Teamarbeit und den Einfluss neuartiger Flugführungskonzepte in High-Fidelity-Simulationen zu erfassen. Hierzu wurde der Einfluss der situativen Faktoren Kommunikationsmedium und Erfahrung auf das Kommunikationsverhalten betrachtet. Am Beispiel der Aufgaben eines Streckenfluglotsen wurden leistungssteigernde Verhaltensweisen theoretisch-analytisch definiert und in ein Rahmenmodell der Teamkommunikation integriert. Für die empirische Überprüfung wurde die Versuchsumgebung TeamCom als abstrahierte Fluglotsen-Teamaufgabe entwickelt, in der Teammitglieder gemeinsam Flugverkehr überwachen und Separationsverletzung verhindern mussten. Zur Erfassung der kommunikativen Verhaltensweisen wurden Metriken aus Sprachdaten abgleitet. Es wurden mit Laien zwei Studien zum Einfluss von Kommunikationsmedium und Erfahrung mit je 29 Zweier-Teams durchgeführt. Die Ergebnisse zeigen zum einen, dass das Kommunikationsverhalten kaum von der gemeinsamen Erfahrung im Team beeinflusst war, aber maßgeblich von dem benötigten Zeitaufwand für die Nutzung der Kommunikationsmedien abhing. Zum anderen konnten in diesen Studien gute und schlechte Teams anhand zeitbezogener Metriken differenziert werden, welche die Kommunikation von Teams in Verhältnis zu den Anforderungen der Aufgabe setzen. Leistungsstarke Teams tauschten frühzeitiger relevante Daten zur Teamaufgabe aus und kommunizierten ebenfalls früher Situationen mit gemeinsamem Handlungsbedarf. Außerdem kommunizierten diese Teams frühzeitiger ihre Absichten und gaben häufiger Rückmeldungen. Aufbauend auf diesen Ergebnissen wurden Mehrwert, Grenzen und Aussagekraft einer Kommunikationsanalyse diskutiert. Da unerwartete Verhaltensweisen identifiziert wurden, kann die Analyse der Teamkommunikation einen Beitrag zur Verfeinerung theoretischer Modelle von Teamarbeit und Teamleistung in komplexen Mensch-Maschine-Systemen leisten. Um die Anwendbarkeit des Verfahrens zu verbessern, wird ein Ausblick auf die Möglichkeiten zur Automatisierung der Analyse gegeben.

ABSTRACT

Work conducted by teams influences the performance of the air traffic system. This thesis proposes the analysis of team communication to assess teamwork und understand its influence on novel air traffic management concepts in high-fidelity simulations. The influence of the situational factors experience and communication media on communication behaviour was studied. Tasks of en-route air traffic controllers were used as an example to identify performance enhancing behaviours. First, they were defined based on theory and task analysis and integrated into a frame model of team communication. Second, these behaviours were reviewed by using empirical data. Therefore, the simplified air traffic control team task TeamCom was developed where team members had to jointly monitor air traffic and prevent separation losses. To capture communication behaviour, metrics were derived from speech data. Two studies with novice samples of 29 dyads each were conducted which analysed the influence of communication media and experience on team communication. Results show that communication was rarely systematically influenced by experience, but significantly by the time needed for using communication media. Furthermore, in these studies teams with good and poor performance could be discriminated by metrics that related timing of communication to requirements and pace of the team task. Teams with good performance exchanged relevant information for their tasks earlier and communicated situations earlier, which required joint actions from the team. Additionally, high-performance teams communicated their intentions and gave each other more feedback. Based on these findings, added value, limitations, and informative value of communication analysis are discussed. As unexpected performance-related communication behaviours could be identified, team communication analysis can contribute to the refinement of theoretical models of teamwork and team performance in complex human-machine-systems. To enhance practicability of the approach, a perspective for automating the analysis is given.

1 EINLEITUNG

1.1 MOTIVATION FÜR DIE ANALYSE VON TEAMKOMMUNIKATION

„Erfurt Tower, Good morning, SkyPower-Two-Seven-Six request Start-up“. Noch während der Pilot seine Bitte nach einer Startfreigabe über die Funkverbindung an den Platzlotsen formuliert, wählt der Koordinator die Telefonverbindung zum Abflugsektor und fragt die Abflugfreigabe für den Flug an. Er sortiert den Flugstreifen in die Abflugsequenz und notiert die eindeutige Kennung auf dem Streifen. In der Zwischenzeit meldet sich das Luftfahrzeug D-ECEC auf der Frequenz. Der Pilot, der unter visuellen Flugregeln fliegt, möchte am Flughafen landen. Der Platzlotse erstellt einen neuen Flugstreifen, notiert die Kennung des Flugs und sortiert den Streifen in die Sequenz. In der Zwischenzeit hat der Koordinator die Abflugerlaubnis für SHY276 erhalten. Er ergänzt nun die weiteren wichtigen Informationen, die der Pilot der D-ECEC auf Nachfrage des Platzlotsen übermittelt. Platzlotse und Koordinator wechseln dabei kein Wort.

Dieses Beispiel von Teamarbeit wurde in einer Simulation beobachtet (Papenfuss, 2013). Die beiden Teampartner hatten ihre individuellen Arbeitsschritte aufeinander abgestimmt und arbeiteten „Hand in Hand“. Dank dieser Abstimmung konnte das Team trotz hoher Aufgabenlast alle Anfragen der Piloten schnell und ohne Verzögerung abarbeiten. Das Beispiel spiegelt die positiven Erwartungen an Teamarbeit wider. Organisationen setzten Teams für Aufgaben ein, deren Anforderung die Fähigkeiten eines Einzelnen überschreiten, die sicherheitskritische Entscheidungen beinhalten, die von zwei Augenpaaren geprüft werden sollen und für deren Problemlösung verschiedene Fachleute ihr spezifisches Wissen beitragen sollen. Teams sind in der Arbeitswelt omnipräsent und es ist nicht absehbar, dass sich dies in naher Zukunft ändern wird. Aktuelle Trends in den Konzepten zur Bewältigung des Luftverkehrs legen nahe, dass die Bedeutung von Teamarbeit weiter zunimmt; dass das gemeinschaftliche Entscheiden im Team ein Kernelement für flexiblere Verfahren ist.

Die Motivation für die vorliegende Arbeit ist darin begründet, dass Team-Entscheidungen Heute und auch in Zukunft die Leistungsfähigkeit des Luftverkehrs mitbestimmen. Neue Konzepte, technische Systeme und Entscheidungsprozesse werden in der Luftfahrt bereits in frühen Phasen der Entwicklung hinsichtlich ihrer Auswirkung auf menschliche Operateure und Leistungskennwerte getestet. Allerdings existieren keine etablierten Verfahren zur objektiven Messung der Güte von Teamarbeit. Etablierte Messverfahren im Forschungsbereich Systemergonomie zur Erfassung der Leistungsfähigkeit menschlicher Entscheider sind bislang darauf zugeschnitten, die Leistungsfähigkeit eines einzelnen Menschen zu erfassen. Die Beeinflussung durch ein weiteres Individuum, wie es in Teamentscheidungen der Fall ist, wird als Störung der experimentellen Kontrolle bewertet und deswegen häufig aus den Untersuchungen ausgeklammert. Die Systemergonomie muss jedoch über Auswertungsmethoden verfügen, Teamarbeit und Teamprozesse in hochrealistischen Simulationen zu bewerten. Dabei sollen die Methoden das Potential haben, relativ zeitökonomisch Ergebnisse zu liefern. Der Ansatz der vorliegenden Arbeit ist, den Interaktionsprozess von Fluglotsenteams in dynamischen Umgebungen zu analysieren, um Aufschluss über die Leistung komplexer sozio-technologischer Systemen zu erlangen. Die Grundannahme dieser Arbeit ist, dass Teams gute Leistung in komplexen sozio-technologischen Systemen erzielen, wenn die Teampartner relevante Informationen zum korrekten Zeitpunkt austauschen.

Fundiertes Wissen über leistungsfähige Team-Interaktion wird auch für die Ausgestaltung neuer Luftfahrtkonzepte benötigt. Zukünftigen Konzepte sehen vor, dass Entscheidungen, welche die

Abwicklung des Flugverkehrs betreffen, in zunehmenden Maße flexibler auf Störungen reagieren sollen und dabei kollaborativ getroffen werden, so dass Wünsche und Ziele mehrerer Akteure berücksichtigt werden können. Ein Wegbereiter soll dabei die verstärkte Automatisierung von Aufgaben sein. Dabei wird die Metapher verwendet, dass die Automatisierung ein Teampartner sein soll, um die gewünschte Zusammenarbeit von Mensch und Automatisierung zu beschreiben. Für die Realisierung dieser Designidee wird jedoch Wissen darüber benötigt, wie Automatisierung gestaltet sein muss und kommunizieren muss, um einerseits akzeptiert und andererseits effektiv zu sein. Diese Veränderungen von Entscheidungsprozessen betreffen nicht nur die Luftfahrt. Veränderungen in der Arbeitswelt durch Automatisierung und Datenaustausch werden in der gesellschaftlichen Diskussion unter dem Schlagwort der Digitalisierung thematisiert. Am 27.08.2017 veröffentlichte die Mitteldeutsche Zeitung einen Kommentar zum Thema Arbeiten in der digitalisierten Umgebung: „Digitalisierung bedeutet auch ein Umdenken in den Arbeitsabläufen und Strukturen. Die technische Entwicklung ist so rasant und wird nach Expertenmeinung noch an Tempo gewinnen, so dass Teamarbeit immer wichtiger wird. Schwarm-Intelligenz statt Herrschaftswissen, Gruppen-Dynamik statt einsame Entscheidung (Hunke, 2017)“.

1.2 Stand der Wissenschaft

In der Luftfahrt ist Teamarbeit seit den 1980er Jahren ein Thema, welches wissenschaftlich untersucht wurde. Unfallberichte aus dieser Zeit zeigten, dass in 70% der Fälle die Koordination oder Kommunikation der Pilotencrew den Unfall verursachten (Lautman & Gallimore, 1987). Die Unfallberichte waren der Anlass, dass Teamarbeit unter dem Begriff Crew Ressource Management (CRM) analysiert (Kanki, Helmreich, & Anca, 2010; Sexton & Helmreich, 1999) und explizit in das Training der Piloten mit aufgenommen wurde. Positive und negative Verhaltensweisen in Bezug auf Teamarbeit und Kommunikation werden thematisiert und sind ein wesentlicher Bestandteil der erforderlichen nicht-technischen Fähigkeiten eines Piloten.

Aktuell wird das Kommunikationsverhalten von Pilotencrews nicht allein als soziale Kompetenz betrachtet, sondern direkt mit Leistung in Verbindung gebracht, da Kommunikation als Werkzeug zur Erreichung technischer, prozeduraler und sozialer Ziele betrachtet wird (Kanki et al., 2010). Trainingsinhalte aus dem Cockpit wurden ebenfalls auf die Lotsenarbeit übertragen und unter dem Begriff Team Ressource Management (TRM) etabliert. Ziel des Trainings ist es, positive Einstellungen und Verhaltensweisen gegenüber Teamarbeit zu etablieren um Fehler zu reduzieren und alle verfügbaren Ressourcen optimal zu nutzen (Woldring & Isaac, 1999).

Unfallberichte stellen Grenzen der Teamarbeit in den Vordergrund, spiegeln jedoch nicht die Situationen wider, in denen Teams erfolgreich Probleme lösen. Sie verzerren damit das Bild von der Leistungsfähigkeit der Teamarbeit, indem nur die Grenzen der Teamarbeit beleuchtet werden und problematische Arbeitsweisen in den Vordergrund gerückt werden. Die Frage nach der Leistungsfähigkeit von Teams und welche Faktoren auf diese Teamleistung einwirken, ist dennoch von zentraler Bedeutung. Die notwendigen Voraussetzungen, damit Teams gute Leistungen erzielen können, sind im Fokus der Forschung zu Teams. Die Art und Weise, wie Teams ihre Aufgaben bearbeiten und sich untereinander abstimmen, wirkt entscheidend auf die Teamleistung. Der Begriff der Teamprozesse fasst diesen Aspekt von Arbeiten in Teams zusammen

Das Überwachen automatisierter Systeme ist eine wesentliche Aufgabe in der Luftfahrt. Das Überwachen durch zwei Operateure soll Redundanz schaffen und damit die Sicherheit und die Leistung erhöhen. Allerdings zeigen Studien, dass Individuen Ereignisse signifikant weniger

kontrollieren, wenn sie wissen, dass jemand Zweites die gleichen Ereignisse überwacht (Domeinski, Wagner, Schöbel, & Manzey, 2007). Dieser Effekt wird als „soziales Faulenzen“ bezeichnet (Karau & Kipling, 1993). Dieses Phänomen zeigt, dass Teamarbeit nicht allein durch die Bearbeitung derselben Aufgabe durch mehrere Personen zwangsläufig zu der gewünschten, besseren Leistung führt. Diese Ergebnisse führen zu der Debatte, ob Aufgaben besser von einem einzelnen Operateur oder einem Team bearbeitet werden sollten. Da durch Einzelüberwachung der Personalbedarf und damit auch Betriebskosten gesenkt werden können, hat diese Frage eine deutliche Relevanz.

Entscheidungen in Gruppen werden seit den 1950er Jahren über die Analyse der Kommunikation wissenschaftlich untersucht. Ein etabliertes Verfahren zur Analyse von Gruppenprozessen stellt die Interaktionsprozessanalyse von Bales (Bales, 1951, 1955) dar. Studien in der Luftfahrt-Domäne untersuchten seit den 1990er Jahren das Kommunikationsverhalten von Crews in sicherheitskritischen Situationen (Thordsen, Klein, & Wolf, 1992) und identifizierten darüber Zusammenhänge zwischen Kommunikation und Teamleistung (Fischer & Orasanu, 1999). Erkenntnisse wurden über das CRM in den operationellen Betrieb überführt. Dieser Ansatz wurde in die Domäne der Medizin übernommen und auf die Leistungsfähigkeit von medizinischen Teams übertragen (Siassakos, Draycott, Montague, & Harris, 2009; Siassakos et al., 2010).

Die Entwicklungen im militärischen Bereich, mit der Einrichtung räumlich verteilter Teams, haben ebenfalls die Forschung im Bereich Teamprozesse gefördert. Unter dem Schlagwort der Leistungsfähigkeit von Teams in C4i –Umgebungen („command“, „control“, „communication“, „computer“ und „intelligence“) (Gorman, Cooke, & Winner, 2006; Salmon, Stanton, Walker, & Green, 2005) wurden als notwendige Voraussetzung guter Entscheidungsfindung die kognitiven Konzepte Team-Situationsbewusstsein (Cooke, Stout, & Salas, 2001; Kaber & Endsley, 1998; C. Prince, Ellis, Brannick, & Salas, 2007; Salas, Prince, Baker, & Shrestha, 1995) und mentale Modelle der Teams (Kraiger & Wenzel, 1997; Orasanu, 1992) in den Fokus der Analysen gerückt. Während es generell große Uneinigkeit über Definition und Benennung relevanter Teamprozesse gibt, (vgl. Paris, Salas, & Cannon Bowers, 2000) herrscht Einigkeit, dass Kommunikation relevant für Teamarbeit ist (Dickinson & McIntyre, 1997; Paris et al., 2000; Salas, Sims, & Burke, 2005; Stempfle & Badke-Schaub, 2002).

Die Erkenntnisse zu den Teamprozessen basieren auf Daten, die über Beobachtungen (Dwyer, Fowlkes, Oser, Salas, & Lane, 1997; Fowlkes, Lane, Salas, Franz, & Oser, 1994), Fragebögen (Dehn, 2008; Roessingh & Zon, 2004), Wissensabfrage (Cooke, Salas, Cannon Bowers, & Stout, 2000; Cooke et al., 2001) und über die Analyse von Sprachdaten erhoben werden (Fischer, McDonnell, & Orasanu, 2007; Parush et al., 2010; Thordsen et al., 1992; Urban, Bowers, Monday, & Morgan, 1995; Wiener et al., 1991). Die Analyse von Sprachdaten, um Erkenntnisse über Teamprozesse zu gewinnen, hat Vorteile gegenüber der Beobachtung durch Experten und Fragebögen: Da Kommunikation zwischen Operateuren für die Bewältigung der Aufgabe stattfinden muss, liegen die Rohdaten für die Analyse der Sprachdaten mit Durchführung der Teamaufgabe bereits vor. Im Vergleich zur Verwendung von Fragebögen und zur Beobachtung können objektive Metriken abgeleitet werden und das Messverfahren stört die Probanden nicht in ihrer Tätigkeit. Die Aufbereitung und Auswertung von Sprachdaten ist allerdings zeitaufwändig. In der Literatur finden sich Angaben über Zeitverhältnisse von 1:3 (Wildman, Salas, & Scott, 2014) bis hin zu 1:12, was einem Zeitaufwand von zwei Stunden für die Kodierung von 10 Minuten Interaktionsdaten entspricht (Futoran, Kelly, & McGrath, 1989).

Dieser Zeitaufwand wird als ein Grund gesehen, warum Sprachdaten im Vergleich zu Fragebögen selten in systemergonomischen Studien zur Bewertung der Teamleistung verwendet werden. Eine höhere Automatisierung der Auswertung könnte dafür sorgen, dass die Messmethodik häufiger in Studien eingesetzt wird und sich so etablieren kann. Die aktuellen Entwicklungen im Bereich des maschinellen Lernens ermöglichen eine zunehmende Automatisierung der Sprachdaten-Auswertung. Im Bereich der automatischen Spracherkennung werden aktuell bereits gute Erkennungsraten bei stark standardisierter Sprache in einem bekannten Kontext erreicht (Helmke, Ohneiser, Buxbaum, & Kern, 2017). Auch für die automatische Analyse von Stress anhand von Sprachdaten wurden Ansätze entwickelt (Degani & Zamir, 2001; Li et al., 2007). Außerdem werden im Bereich „Process Mining" Werkzeuge entwickelt, welche Prozessdaten nutzen, um Arbeitsweisen von Operateuren zu modellieren (Aalst, 2011; Dongen, Medeiros, Verbeek, Weijters, & Van der Aalst, 2005). Diese Analysemethoden stehen zur Verfügung, sie benötigen jedoch Hypothesen, um bedeutungsvolle Ergebnisse zu erzeugen.

1.3 Forschungslücke und Ziel der Arbeit

Obwohl kollaborative Arbeitsprozesse in der Luftfahrt an Bedeutung gewinnen und dadurch auch das Mensch-Maschine-System ändern, fehlt es an ökonomischen, etablierten und theoretisch fundierten Verfahren zur Bewertung der Arbeit von Teams. Für die Bewertung zukünftiger Konzepte muss jedoch die Zusammenarbeit mehrerer Akteure analysiert und bewertet werden, da diese Zusammenarbeit Einfluss auf die Leistungsfähigkeit hat. Die Literatur teilt die Einschätzung, dass Verfahren zur Bewertung von Teamarbeit fehlen: „Refining existing and/or developing new measurement instruments to assess HF [Human Factors, Anm. d. Verf.] issues from a team perspective are critical to gaining such an understanding" (Langan-Fox, Sankey, & Canty, 2009, S. 628)[1].

Die leitende Fragestellung für diese Arbeit ist deshalb, inwieweit sich aus dem Kommunikationsprozess von Teams Metriken ableiten lassen, welche die Leistung des Teams vorhersagen. Konkret wird die Frage gestellt, welche Merkmale der Kommunikationsdaten zur Messung von Teamleistung in dynamischen Aufgaben verwendet werden können. Speziell wird betrachtet: Können kommunikative Verhaltensweisen identifiziert werden, welche Teamleistung vorhersagen?

In der Literatur gibt es eine Vielzahl an theoretischen Modellen und theoretischen Konstrukten zur Erklärung von Teamarbeit (bspw. Cooke, Gorman, Myers, & Duran, 2013; Kanno, Furuta, & Kitahara, 2006; McGrath, 1984; Salas et al., 2005; Smith-Jentsch, Kraiger, Cannon-Bowers, & Salas, 2009). Bei allen Unterschieden ist diesen Modellen gemein, dass der spezifische Prozess der Zusammenarbeit im Team Unterschiede in der Teamleistung erklären kann. Paris et al. (2000) fassten die Forschungslücke im Bereich Teams und Teamarbeit folgendermaßen zusammen:

> *However, it is suggested that at this point in time more theories are not necessarily better. That is, it is believed that there are probably enough theories and models. The field needs richer, deeper and better specified models (and validated!) of team performance to more precisely guide measurement and training efforts (Paris et al., 2000, S. 1055)*[2].

[1] „Es ist entscheidend, entweder existierende Messinstrumente zu verbessern oder neue zu entwickeln, um Human Factors Fragen aus einer Team-Perspektive zu bewerten und so dieses Verständnis zu erlangen", (Langan-Fox et al., 2009, S. 628), Übersetzung der Verfasserin.

[2] „Dennoch wird vorgeschlagen, dass zum jetzigen Zeitpunkt mehr Theorien nicht notwendigerweise besser sind. Das heißt, es wird angenommen, dass es wahrscheinlich genügend Theorie und Modelle gibt. Das Forschungsfeld benötigt reichere, tiefergehende und

Über Fallstudien (Parush et al., 2010; Sexton & Helmreich, 2003; Silberstein & Dietrich, 2003) und Laboraufgaben (Fischer et al., 2007; Straus, 1999; Straus & McGrath, 1994; Wilson, Straus, & McEvily, 2006) wurden empirische Ergebnisse auf Basis von Kommunikationsdaten erzeugt, empirische Studien zur Validierung der existierenden Messverfahren und Operationalisierungen sind jedoch nicht im Fokus der Forschung. Obwohl es ausreichend theoretische Modelle von Teamarbeit gibt, ermöglichen diese bisher noch keine Vorhersage konkreter Merkmale guter Teamkommunikation in realistischen Anwendungen, wie der Flugführung, welche für die Bewertung der Leistungsfähigkeit neuer Konzepte verwendet werden können.

Kommunikation ist ein relevanter Teamprozess und kann prinzipiell analysiert werden, um Unterschiede im Verhalten guter und schlechter Teams zu erfassen. Der Ansatz, durch Sprachdaten auf Teamleistung zu schließen, hat den Vorteil, dass die Aufzeichnung und Analyse von Sprache nicht die eigentlichen Prozesse der Teamarbeit stört: „Therefore, attention needs to be given to continuous data streams (e.g., video, computer events, and communication records) that are integrated with performance over time" (Mohammed, Ferzandi, & Hamilton, 2010, S. 901)[3].

Bei Kommunikation handelt es sich um ein beobachtbares Verhalten, welches ähnliche Anforderungen an die Aufbereitung stellt wie Messungen der Blickbewegung: „What was sought was a measure more quantified than that obtained simply from viewing a print-out of an eye movement record. This is of particular importance when what is required is an objective measure of whether observer strategies change in response to different experimental conditions" (Ponsoda, Scott, & Findlay, 1995, S. 168)4.

Für die vorliegende Arbeit sollen die zu identifizierenden, leistungsrelevanten Metriken des Kommunikationsverhaltens von Teams objektiv Unterschiede im Verhalten quantifizieren. Dies soll sicherstellen, dass das Kommunikationsverhalten als Variable für deskriptive und interferenz-statistische Analysen zur Bewertung von Teamarbeit verwendet werden kann. Die Metriken sollen außerdem theoretisch fundiert sein, so dass über empirische Arbeiten auch das zugrunde liegende Modell von Teamkommunikation validiert werden kann. Um die Komplexität einzuschränken, sollen die Metriken relevante Verhaltensweisen für eine Lotsenaufgabe erfassen. Die Metriken sollen sensitiv gegenüber Einflussfaktoren sein, die relevant für die konkrete Ausgestaltung von Teamarbeit in Flugführungskonzepten sind.

Die Zielsetzung der vorliegenden Arbeit ist darin begrenzt, dass über die Analyse der Verhaltensweisen keine direkten Aussagen über die Motivation und Beweggründe für Teamkommunikation abgeleitet werden können. Eine Erklärung, warum Teammitglieder in der speziellen Form kommunizieren, findet nicht statt. Obwohl eine Analyse von Kommunikationsdaten prinzipiell auch Aufschluss über zugrunde liegende kognitive Konstrukte der Teamarbeit geben kann, da beispielsweise mentale Modelle beinhalten, wer was (Taskwork) mit wem (Teamwork) wann machen wird (Mohammed et al., 2010, S. 905), ist dies nicht Zielsetzung dieser Arbeit.

---

genauere Modelle (und validierte !) für Teamleistung, um zielgerichtet die Forschungsbereiche Messung und Training zu bearbeiten" (Paris et al., 2000, S. 1055), Übersetzung der Verfasserin.

[3] „Deshalb sollten kontinuierliche Datenströme (bspw. Video, Computer-Events und Kommunikationsaufzeichnungen) berücksichtigt werden, welche über die Zeit in Leistung einfließen" nach (Mohammed et al., 2010, S. 901), Übersetzung der Verfasserin.

[4] Angestrebt war es ein Maß zu finden, dass zählbarer ist als der Eindruck, den man vom einfachen Betrachten eines Ausdrucks von Blickbewegungsdaten erhält. Dies ist vor allem dann wichtig, wenn eine objektive Metrik erforderlich ist, ob sich die Strategien von Beobachtern aufgrund verschiedener experimenteller Bedingungen verändern, nach Ponsoda et al. (1995, S. 168), Übersetzung der Verfasserin.

1.4 VORGEHEN

Auf Basis theoretischer Modelle von Teamarbeit sollen Verhaltensweisen von Lotsenteams abgeleitet werden, welche relevant für Teamleistung sind. Diese Verhaltensweisen sollen sich auf das beobachtbare Kommunikationsverhalten beziehen und werden zu einem Rahmenmodell der Kommunikation zusammengefasst. Ausgehend von diesen Verhaltensweisen werden Metriken abgeleitet und auf empirische Daten angewendet. So sollen die theoretischen Annahmen des Rahmenmodells der Kommunikation geprüft werden. Das Vorgehen ist in Abbildung 1 dargestellt und wird im Folgenden detaillierter beschrieben.

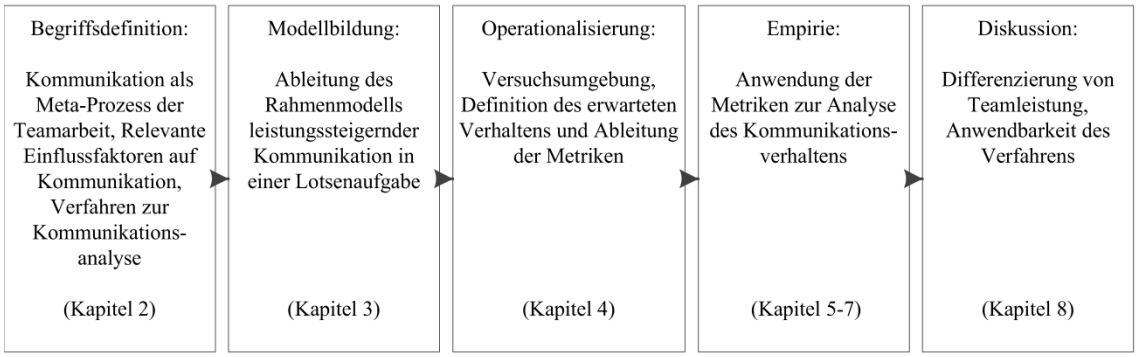


Abbildung 1 Vorgehen in der Arbeit

Als Basis werden in Kapitel 2 die relevanten Begriffe Teamarbeit und Kommunikation für diese Arbeit definiert. In dem Kapitel erfolgt ebenfalls die theoretische Herleitung, dass Kommunikation ein Meta-Prozess der Teamarbeit ist. Deshalb kann über die Analyse von Team-Kommunikation auf leistungsrelevante Teamprozesse geschlossen werden. Anschließend werden Kommunikationsmodelle dargestellt, anhand derer sich Methoden und Betrachtungsebenen für die Analyse von Kommunikationsverhalten ableiten lassen. Es wird außerdem der Stand der Literatur und der empirischen Befunde zu den zwei Einflussfaktoren Kommunikationsmedium und Erfahrung als Team dargestellt. Im Anschluss werden existierende Methoden zur Analyse von Teaminteraktion aus der Literatur vergleichend betrachtet. Abschließend wird die zentrale Fragestellung der Arbeit zusammengefasst.

In Kapitel 3 wird das Rahmenmodell der Lotsenkommunikation erarbeitet, das die Grundlage für die Metriken des Kommunikationsverhaltens bildet. Auf Basis von Arbeitsanalysen der Lotsentätigkeit werden relevante Merkmale der Lotsenaufgabe identifiziert. Die Komplexität der Lotsenaufgabe wird analysiert, um spezifische Merkmale zu abstrahieren und entsprechende leistungssteigernde Verhaltensweisen zu ermitteln. Der zu erwartende Einfluss von Kommunikationsmedium und Erfahrung auf diese Verhaltensweisen wird ebenfalls definiert. In diesem Kapitel werden die Hypothesen für die empirische Überprüfung aufgestellt.

Auf Basis der Fluglotsen- Mikrowelt MAGIE (Oberheid, Hasselberg, & Söfker, 2011) wird die Versuchsumgebung TeamCom zur Überprüfung des Rahmenmodells der Kommunikation im Fluglotsen-Kontext erarbeitet. Um die erforderliche Stichprobengröße erreichen zu können, wird die Überprüfung mit einer studentischen Laien-Stichprobe durchgeführt. Deshalb wird die Fluglotsen-Aufgabe in einer Mikrowelt abgebildet. In Kapitel 4 wird die Aufgabe TeamCom und das Aufgabenszenario beschrieben, welche für diese Arbeit entwickelt wurde. Das Rahmenmodell der Lotsenkommunikation wird auf die Aufgabe angewendet, um das erwartete Kommunikationsverhalten zu definieren. Dieses erwartete Verhalten umfasst Kommunikationszeitpunkte, Kommunikationsinhalte sowie eine prototypische Sequenz der

Kommunikationsinhalte. Das Verfahren zur Aufbereitung der Kommunikationsrohdaten wird dargestellt. Abschließend werden die Metriken und ihre Berechnung beschrieben.

In den folgenden drei Kapiteln werden die durchgeführten empirischen Studien und die Ergebnisse beschrieben. Die abgeleiteten Metriken werden zum einen für Teams mit guter und schlechter Teamleistung ermittelt und auf signifikante Unterschiede geprüft, zum anderen wird der Einfluss der Faktoren Erfahrung im Team und des Kommunikationsmediums auf die Teamleistung und die Metriken des Kommunikationsverhaltens ermittelt. Die Ergebnisse der Studien zeigen auf, inwieweit die erhobenen Metriken für die Teamkommunikation die Leistung des Teams erklären können.

In Kapitel 8 werden die Ergebnisse zusammenfassend betrachtet und in Bezug zur Fragestellung der Arbeit diskutiert. Der gewählte Ansatz der Kommunikationsanalyse wird hinsichtlich der Nützlichkeit für High-Fidelity-Simulationen bewertet und Möglichkeiten der Weiterentwicklung werden aufgezeigt.

2 GRUNDLAGEN UND BEGRIFFSDEFINITION – KOMMUNIKATION ALS META-PROZESS DER TEAMARBEIT

2.1 DEFINITION VON TEAMARBEIT UND TEAMPROZESSEN

2.1.1 Teams und Teamleistung

Teams sind eine Konstellation von mindestens zwei oder mehr Operateuren, die ein gemeinsames Ziel verfolgen. Die Teammitglieder haben dabei spezifische Rollen und Funktionen. Um ihr Ziel zu erreichen, müssen Teams dynamisch, in Abhängigkeit voneinander und adaptiv interagieren (Salas, Dickinson, Converse, & Tannenbaum, 1992). In dieser verbreiteten Definition von Teams liegt die minimale Größe eines Teams bei zwei Operateuren. In der Literatur werden als weitere Bezeichnungen die Begriffe der Kleingruppen und Crews teilweise synonym mit Teams verwendet (Badke-Schaub, 2008). Das zentrale Merkmal von Kleingruppen sei dabei: „[…] the „essence“ […] of a group lies in the interaction of it‘s members- the behaving together, in some recognized relation to one another, of two or more people who also have some past and/or future relation to each other” (McGrath, 1984, S. 12).

Die Interaktionsprozesse dieser Gruppen werden von situativen Faktoren beziehungsweise der Umwelt und der Aufgabe, welche die Kleingruppe bearbeitet, beeinflusst: „Any group interaction (actually, any intact portion of such interaction) can be characterized in terms of the task(s) that the group (or its members) is trying to carry out […] (McGrath, 1984, S. 14)“. Paris und Kollegen sehen eine Differenzierung darin, dass sich Teams von Kleingruppen bezüglich der Anforderungen an Koordination, Informationsbewältigung und der Verbindlichkeit der Zusammenarbeit unterscheiden (Paris et al., 2000).

Der Begriff der Crew wird bei der Analyse spezifischer Teams, wie der Besatzung eines Flugzeuges, verwendet, wobei sich diese Arbeiten ebenfalls auf Modelle von Gruppen und Teamarbeit beziehen. So definiert Ginnet „A crew is a group […]“, (Ginnett, 2010, S. 80). Eine Differenzierung zwischen Crews und Teams wird von Mathieu und Kollegen vorgeschlagen, wonach diese sich hinsichtlich des Grades der gemeinsamen vergangenen und zu erwarteten Erfahrung unterscheiden (Mathieu, Heffner, Goodwin, Salas, & Cannon-Bowers, 2000).

Für diese Arbeit werden theoretische Modelle und empirische Ergebnisse zu Verhaltensweisen von Teams, Kleingruppen und Crews berücksichtigt. Sofern Ergebnisse dieser Arbeiten wörtlich zitiert werden, wird der entsprechende Begriff verwendet und soll hier synonym verstanden werden. Andernfalls wird ausschließlich der Begriff Team verwendet.

In der Forschung zum Naturalistic Decision Making werden Teams als eine kognitive Einheit verstanden. Teams verfügen demzufolge über dieselben kognitive Prozesse und Fähigkeiten der individuellen Kognition (Thordsen & Klein, 1989). Dieser Konzeption folgend, wird die Kognition von Teams in der Interaktion der Teammitglieder sichtbar (Cooke et al., 2013). Team-Kognition, das heißt die Prozesse der Informationsverarbeitung und der Entscheidungsfindung, kann über die Analyse der Teaminteraktion beobachtet, analysiert und bewertet werden. Aufgrund dieser Analogie zur individuellen Kognition, sind auch bei Teams Konstrukte wie mentale Modelle (Team-Mental-Models, TMM) und Team-Situationsbewusstsein Voraussetzung für gute Team-Leistungen. In Ergänzung zu individuellen mentalen Modellen und Situationsbewusstsein sollen diese Konstrukte strukturiertes Wissen über die Teamaufgabe, Werkzeuge, das Team sowie die Interaktion im Team enthalten (Mohammed et al., 2010).

Im operationellen Betrieb werden Teams eingesetzt, wenn aufgrund der Aufgabenkomplexität ein einzelnes Individuum nicht die notwendigen Fähigkeiten zur Erfüllung dieser Aufgabe hat (Paris et al., 2000). Team-Mitglieder kombinieren deshalb ihren Arbeitsaufwand für die Zielerreichung (Annett, Cunningham, & Mathias-Jones, 2000). Neben der Bündelung der erforderlichen kognitiven und motorischen Ressourcen, sollen Teams Aufgaben erfolgreicher bearbeiten können als Individuen, da in Teams verschiedene Fachexpertise gebündelt wird. Im Fachbereich Design lösen Experten unterschiedlicher Fachrichtungen als Team eine gestalterische Aufgabe (Badke-Schaub, Neumann, Lauche, & Mohammed, 2007). Darüber hinaus werden Teams in sicherheitskritischen Bereichen eingesetzt um durch Redundanz entsprechende Ausfallsicherheit und Qualität zu ermöglichen. Das „Vier-Augen-Prinzip“ für Entscheidungen stellt eine solche Art der Teamarbeit dar.

Teams werden also eingesetzt, um in komplexen Aufgaben bessere Leistungen als individuelle Operateure zu erzielen. Die Literatur und Forschung zu Teamarbeit fokussiert sich deshalb auf Fragestellungen, unter welchen Randbedingungen Teams gute Leistung erzielen und welche Faktoren zu schlechter Teamleistung beitragen. Bekannte Einflussfaktoren auf Teamarbeit und die Prozesse der Teamarbeit sind die aktuelle Aufgabe, die das Team bearbeitet (Klein, 2000; Salas et al., 2005), die Rollenverteilung und das Vorhandsein von Hierarchien im Team (Sexton & Helmreich, 1999) und die individuelle Fähigkeit und Persönlichkeit des Team-Mitgliedes (Neuman, Wagner, & Christiansen, 1999). Außerdem beeinflusst die gemeinsame Erfahrung des Teams in der Team-Konstellation die Teamprozesse und die Teamleistung (Mathieu et al., 2000). Im Zusammenhang mit Erfahrung wirken auch Training, Wissen sowie mentale Modelle der Team-Mitglieder (Smith-Jentsch, Campbell, Milanovich, & Reynolds, 2001) auf Teamleistung.

Es besteht Einigung darüber, dass Teams oder Gruppen bezüglich ihrer Leistung nicht zwangsläufig individueller Leistung überlegen sind. Studien zu dem Phänomen des sozialen Faulenzens legen nah, dass Teamleistung nicht als Addition individueller Leistung zu konzipieren ist. Vielmehr tendieren Individuen bei der Bearbeitung einfacher Aufgaben in einem Team dazu, ihre individuelle Anstrengung zu reduzieren, im Vergleich zu der Anstrengung und Leistung die sie zeigen, wenn sie allein die Aufgabe durchführen (Karau & Kipling, 1993). Dieser Effekt des sozialen Faulenzen ist jedoch abhängig von der subjektiv wahrgenommenen Leistungsfähigkeit des Teammitglieds (Domeinski et al., 2007) und der Verfügbarkeit von Informationen über die eigene Leistung innerhalb des Teams (Manzey, Boehme, & Schoebel, 2013).

Die empirischen Ergebnisse zeigen, dass bezüglich der Redundanz und des Vier-Augen-Prinzips Teams nicht zwangsläufig eine bessere Leistung haben. Vor allem für Fragestellungen, in denen es um die Möglichkeit zur Einsparung von Personal geht, ist es relevant, inwieweit sich die Leistung mehrerer Operateure von der Leistung eines einzelnen Operateurs positiv unterscheidet. Ziel dieser Arbeit ist es aber nicht, diesen Vergleich anzustreben. Als Ausgangspunkt wird gesehen, dass der Arbeitsalltag vieler Operateure in Domänen wie der Flugsicherung, aufgrund der Aufgabenkomplexität als Teamarbeit zu verstehen ist. Die Frage ist weniger, ob Teams diese Aufgabe als Team bearbeiten sollen, sondern inwieweit die Gestaltung der Arbeitsumgebung ihrer Leistungsfähigkeit als Team förderlich sein kann.

2.1.2 Kategorisierung von Teams anhand der Aufgabe

Der oben gegebenen Definition von Teamarbeit folgend, ist für die Kombination von Ressourcen und Fähigkeiten der individuellen Teammitglieder eine permanente Adaption an die Anforderungen der Aufgabe erforderlich (bspw. Roessingh & Zon, 2004). Anhand der Aufgabe,

welche Teams bearbeiten, können Teams kategorisiert werden. Klein schlägt eine Systematik vor, nach der Planungsteams und Aktionsteams unterschieden werden. Während das Ziel von Planungsteams das Erarbeiten eines Plans ist, besteht das Ziel von Aktionsteams überwiegend darin, ein Set von Aktivitäten auszuführen. Entsprechend dieser Definition wird ein Fluglotsenteam als Aktionsteam kategorisiert. Je nach Art des Teams sind andere Faktoren ursächlich für mangelhafte Teamleistung (Klein, 2000). Bei Aktionsteams führen typischerweise die dynamische Umwelt sowie die Verteilung der Aufmerksamkeit im Team zu schlechter Teamleistung. Bei Planungsteams führt dagegen häufiger fehlende Klarheit über Rollen und Zuständigkeiten zu schlechter Teamleistung (Klein, 2000).

Aus dem Bereich der Forschung zu Gruppen und Gruppenarbeit stammt der Aufgabenzirkumplex von McGrath (1984). Das Schema ist in Abbildung 2 dargestellt. Das Modell wurde genutzt, um Aufgaben von Gruppen oder Teams einzuordnen und generische Aufgaben für Laboruntersuchungen abzuleiten. Das Modell unterscheidet insgesamt vier Gruppenziele anhand der Dimensionen „Konflikt – Kooperation“ und „Konzeptuell - Verhalten“, welche sich in acht weitere Aufgabenarten unterteilen lassen. Die Gruppenziele sind die Auswahl einer Lösung, das Generieren von Ideen und Plänen, die Ausführung einer Aufgabe sowie die Verhandlung über eine Lösung. Das Verhalten von Gruppen, ihre Arbeitsweisen sowie der Einfluss von Faktoren auf Arbeitsprozesse und Leistung, sind vom Typus der Aufgabe abhängig.

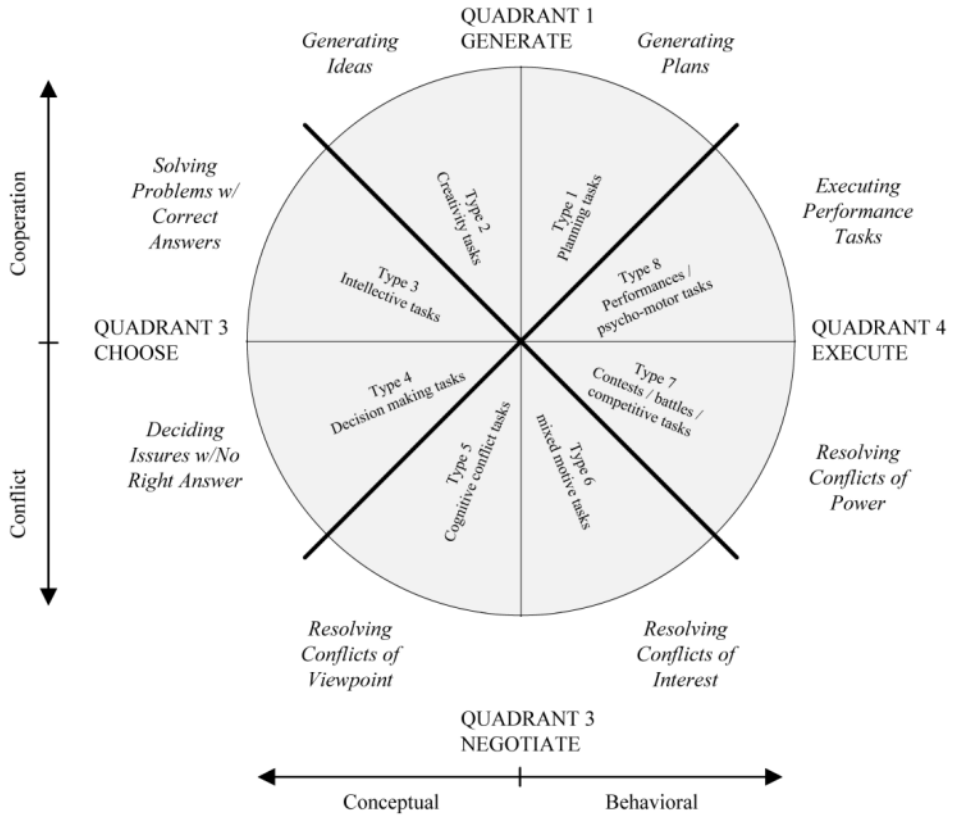


Abbildung 2 Aufgabenzirkumplex nach McGrath, J. E. (1984). Groups: Interaction and Performance. Englewood Cliffs: Prentice-Hall. S. 61, eigene Darstellung.

Die Organisation, beispielsweise was für einen Aufgabentyp das Team bearbeitet, wirkt sich darauf aus, in welcher Ausprägung die Teamarbeitsprozesse sichtbar werden (Salas et al., 2005). Die Aufgabe kann ebenfalls über den Ablauf der Aufgabenaktivitäten (sequentiell,

parallel, stark vernetzt) sowie den Grad der Interdependenz beschrieben werden. Die spezifischen Anforderungen der Aufgabe bestimmen, wieviel beziehungsweise was für eine Koordination im Team erforderlich ist, um gute Leistung zu erreichen (Tesluk, Mathieu, & Zaccaro, 1997).

2.1.3 Prozesse der Teamarbeit

2.1.3.1 Kooperation, Koordination und Kollaboration

Der Begriff Kooperation wird in der Literatur mit unterschiedlicher Bedeutung verwendet (Bellorini & Vanderhaegen, 1995; Heese, 2005; Hoc, 2001; Tan & Zizzo, 2006). In dieser Arbeit bezieht sich Kooperation spezifisch auf die Qualität einer Zusammenarbeit und wird, der Kategorisierung von (Heese, 2005) folgend, von den Begriffen Koordination und Kollaboration abgegrenzt. Eine Kooperation bedeutet, dass Kooperationspartner auf die Erfüllung eines gemeinsamen Ziels hin arbeiten. Kooperation als Begriff wird meist nicht wertfrei, sondern im Sinne einer hohen Qualität der Zusammenarbeit verwendet was meist mit dem Erreichen des Teamziels in Verbindung gesetzt wird.

Koordination grenzt sich als Begriff von Kooperation ab, indem hier die gemeinsame Verwendung von Informationen und Ressourcen im Vordergrund steht. Koordination bezieht sich auf die zeitliche und räumliche Abstimmung individueller Ressourcen oder Prozesse. Koordination ist dann erforderlich, wenn die Prozesse oder Ressourcen in Abhängigkeit von Aktivitäten anderer stehen, oder wenn bestimmte Zwischenschritte oder Ergebnisse für die Ausführung des individuellen Prozess erforderlich sind. Koordination wird deshalb von der Art der Aufgabe und der Struktur im Team beeinflusst.

Der Begriff der Kollaboration bezieht sich darauf, dass Mehrere zu einem gemeinsamen Arbeitsprozess beitragen (Heese, 2005, S. 16). Kollaboration und Koordination sind demnach Mechanismen zur Kooperation. Kommunikation wiederum ist ein Werkzeug zur Kollaboration und Koordination.

2.1.3.2 Kommunikation als universeller Teamarbeitsprozess

Unabhängig von der konkreten Aufgabe der Teams, gehen die Theorien von universellen Mechanismen der Teamarbeit aus (bspw. Salas et al., 2005). In der Analyse von Teamarbeit werden deshalb sogenannte aufgabenspezifische Aktivitäten („taskwork processes“) und Teamprozesse („teamwork“) unterschieden (Mohammed et al., 2010). Die Aufgabenaktivitäten beziehen sich auf die spezifischen Handlungen und Entscheidungen, welche die Individuen tätigen um die Aufgabe zu erfüllen und das Ziel zu erreichen. Am Beispiel eines Teams von Fluglosten besteht die Taskwork darin Flugzeuge so durch den Luftraum zu führen, dass keine Separationsverletzungen auftreten. Im Gegensatz dazu beziehen sich die Teamwork-Prozesse auf die Interaktion zwischen den Teammitgliedern. Bezogen auf die sichtbaren Aktivitäten eines Aktions-Teams sind Aufgabenaktivität und Teamprozesse so verschränkt, dass die Aktivitäten der Teammitglieder parallel verlaufen und über Ereignisse der Teamprozesse verbunden werden.

Für die universellen Prozesse der Teamarbeit gibt es in der Literatur verschiedene Begriffe und Vorschläge, wie diese Prozesse mit psychologischen Konstrukten individueller Entscheidungsfindung in Verbindung stehen. Den verschiedenen Modellen gemeinsam ist, dass sich die Prozesse der Teamarbeit auf die Interaktion der Teammitglieder beziehen. Verhaltensweisen, die zur Aufgabenausführung gehören, ergeben sich aus der Rolle und der Arbeitsposition der individuellen Teammitglieder (Paris et al., 2000, S. 1056).

Generell werden diese Verhaltensweisen als notwendige, positive Verhaltensweisen betrachtet, die zu guter Teamleistung beitragen. Während an dieser Stelle Einigkeit herrscht, gibt es in der Literatur eine Vielzahl an Aufzählungen zu Verhaltensweisen, Fähigkeiten und Kompetenzen und Vorschläge, wie diese in ein Modell von Teamarbeit integriert werden können. Ein Überblick über verschiedene Konzepte der Teamprozesse ist in (Rousseau, Aubé, & Savoie, 2006) zu finden. In einem Vergleich von 29 Studien fanden die Autoren, dass die Modelle zwischen zwei und 10 verschiedenen Verhaltensweisen als universelle Teamprozesse beschrieben. Die Autoren merkten an, dass die Konsolidierung der Verhaltensweise dadurch erschwert wurde, dass divergierende Labels verwendet und die Bedeutung der Verhaltensweisen nicht explizit definiert wurden. Ein Beispiel für divergierende Labels sind „Supporting Behavior" (Smith-Jentsch et al., 2001) und „Back-up Behavior" (bspw. Dickinson & McIntyre, 1997), wobei sich die Autoren jeweils auf vergleichbare Verhaltensweisen beziehen.

Kommunikation wird dabei häufig in den Prozessen der Teamarbeit aufgeführt. In 20 der analysierten Studien (entspricht 68%) wurde Kommunikation als eine Verhaltensweise explizit genannt. Werden zusätzlich Verhaltensweisen berücksichtigt, welche Kommunikation voraussetzen, so führen 28 der 29 Studien Kommunikation als Teamarbeitsprozess an. „Discussion of Strategy" ist eine Form von Kommunikation im Team, ebenso „Giving Suggestions or Criticism". Es wurden insgesamt 28 verschiedene Teamverhalten genannt, welche sich direkt oder indirekt auf Kommunikation beziehen. Diese sind in Tabelle 1 in alphabetischer Reihenfolge aufgelistet und die Häufigkeit der Nennung ist ergänzt. Die am häufigsten genannten, spezifischen kommunikativen Verhaltensweisen sind Entscheidungsfindung mit fünf, Feedback mit vier Nennungen sowie Backing-Up Verhalten und Missionsanalyse mit je drei Nennungen.

Tabelle 1 In der Literatur genannte Teamprozesse, die auf Kommunikation beruhen

Teamverhalten		Teamverhalten	
attention to feedback	1	information exchange	2
backing-up behaviors	3	interpersonal relations	2
closed-loop communication	1	mission analysis	3
collaboration	1	morale-building communication	2
collaborative problem solving	1	open communication	1
communication	20	planning	3
confronting members who break norms	1	rehearsal	1
creating clear work procedures	1	self-criticism	1
decision making	5	self–goal setting	1
discussion of strategy	1	sharing of expertise	1
feedback	4	strategy formulation	2
giving suggestions or criticism	1	team monitoring and backing-up behaviors	1
goal setting	2	team self-evaluation	1
goal specification	1	voice	2

Diese Analyse zeigt, dass Kommunikation zum einen ein wichtiger Teamprozess ist, zum anderen, dass durch Kommunikation bestimmte Funktionen erfüllt werden, welche wiederum für Teamarbeit entscheidend sind. Für die weitere Arbeit werden deswegen zwei Modelle für Teamarbeitsprozesse vorgestellt, welche die Rolle von Kommunikation als Meta-Funktion der Teamarbeit erklären.

2.1.3.3 Prozessmodell von Dickinson und McIntyre – Kommunikation als Meta-Prozess

Dickinson und McIntyre nutzen ein lineares Prozess-Modell (Input-Prozess-Output, IPO) um Komponenten von Teamarbeit abzubilden. Dieses Modell wird auch als Teamwork Components

Model (TCM) in der Literatur bezeichnet (Fletcher & Major, 2006). Die Autoren selbst erheben mit ihrem Modell nicht Anspruch auf Allgemeingültigkeit, sondern nutzen das Modell beispielhaft, um darauf aufbauend beobachtbare Verhaltensweisen zu definieren und dadurch Teamarbeit zu messen (Dickinson & McIntyre, 1997). Auf Basis dieses Modells leiteten die Autoren Skalen zur Beobachtung der Teamprozesse ab.

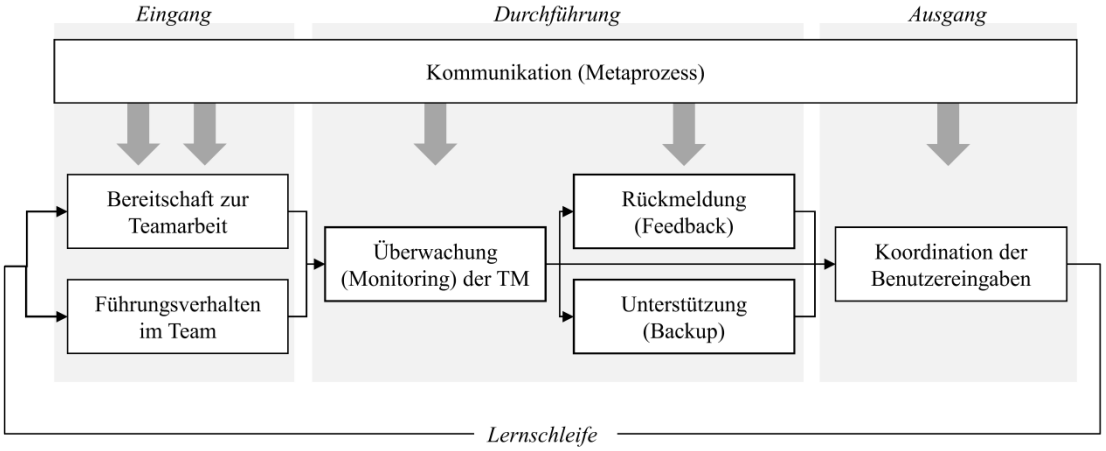


Abbildung 3 Modell der Teamarbeit Adaptiert und übersetzt von Dickinson, T. L., & McIntyre, R. M. (1997). A Conceptual Framework for Teamwork Measurement. n M. T. Brannick, E. Salas & C. Prince (Eds.), Team Performance Assessment and Measurement: Theory, Methods, and Application, Lawrence Erlbaum, S. 21.

Der Nutzen ihres Modells besteht darin, die Komponenten von Teamarbeit explizit darzustellen, über welche die als relevant erkannten Einflussfaktoren wie Aufgabe, Teamzusammensetzung und individuelle Eigenschaften, auf Teamleistung wirken (Dickinson & McIntyre, 1997). Ihr Modell umfasst sieben Komponenten von Teamarbeit, wobei zwei als Einflussfaktoren (Input), drei der Durchführung (Throughput) und eine dem Ergebnis (Output) zugeordnet sind. Kommunikation ist als Meta-Prozess modelliert, welcher über alle Phasen des Modells reicht. In dem Modell ist Kommunikation ein Mechanismus, welcher die verschiedenen Komponenten der Teamarbeit miteinander verknüpft (Dickinson & McIntyre, 1997).

Individuelle Eigenschaften der Teammitglieder stellen Eingangsgrößen dar, spezifische Verhaltensweise werden der Durchführung (Throughput) zugeordnet und Koordination stellt dabei das Ergebnis von Teamarbeit dar (der Output). Das Modell ist in Abbildung 3 dargestellt.

Bereitschaft zur Teamarbeit sowie Führungsverhalten im Team sind den Eingangsgrößen zugeordnet. Eingangsgrößen sind Bedingungen, welche zeitlich vor der Teamwork-Episode existieren (Rousseau et al., 2006). *Team Orientierung* bezieht sich auf die individuelle Einstellungen und Persönlichkeitsmerkmale, welche Teammitglieder bezüglich anderer Teammitglieder und zu der Aufgabe haben. *Führungsverhalten* wiederum bezieht sich auf Verhaltensweisen, welche dem Team und seinen Handlungen eine Ausrichtung und Struktur geben. Führungsverhalten kann von einer offiziellen Führungsperson oder mehreren Teammitgliedern gezeigt werden. Führungsverhalten beinhaltet auch, dass bei anderen Teammitgliedern der Wille zur Führung besteht.

Bezüglich relevanter Prozesse im Bereich der Durchführung von Teamarbeit nennen die Autoren die drei Prozesse Überwachung, Rückmeldung und Unterstützung. *Überwachung* ist als Prozess eine Voraussetzung für weitere Teamarbeitsprozesse. Überwachung bedeutet dabei, dass Teammitglieder ein Bewusstsein über die Leistung der Teammitglieder haben. Dies erfordert Kenntnisse über die eigene sowie über die Aufgabe der anderen Teammitglieder. *Rückmeldung* ist dahingehend definiert, dass Teammitglieder sich gegenseitig Informationen

bezüglich der Aufgabe und Leistung geben und Kritik auch akzeptieren. Dies ist eine Voraussetzung für Lernen und Adaptierung im Team. Unterstützendes Verhalten beinhaltetet, dass sich Teammitglieder bei der Ausführung der Aufgabe unterstützen lassen beziehungsweise *Unterstützung* anfragen, sofern die Ausführung der Aufgabe gefährdet ist.

Koordination als Prozess bezieht sich in diesem Modell ebenfalls auf die sichtbaren Handlungen des Teams und beinhaltet, dass sich die Handlungen der individuellen Teammitglieder an die Handlungen der anderen Teammitglieder anpassen. Dafür ist es erforderlich, dass die anderen beschriebenen Prozesse stattfinden. Teammitglieder müssen bereit sein zur Arbeit im Team, müssen einem gemeinsamen Plan folgen, müssen wissen, wer welche Aufgaben bearbeitet, sich auf Fehler hinweisen und sich gegenseitig unterstützen.

Dem IPO-Modell folgend, erfordert eine höhere Qualität an Koordination auch eine höhere Qualität der vorangehenden Durchsatzprozesse sowie bestimmte Verhaltensweisen die über Kommunikation sichtbar werden. Außerdem beeinflusst die Teamaufgabe die Teamprozesse.

Das Modell sieht weiterhin eine Lernschleife vor, auch wenn diese von den Autoren nicht näher beschrieben wird. In formalen Modellen wird diese Schleife als „feedback-loop“ beschrieben Der Output eines Durchlaufs geht ebenfalls als „Input“ in eine weiteren Durchlauf mit ein. Durch diesen Mechanismus kann die Erfahrung der Teammitglieder als weitere Eingangsgröße in die Prozesse der Teamarbeit eingehen. Die Autoren beschreiben Lernen im Team so, dass die Teammitglieder die Teamprozesse nutzen, um die Teamarbeit (Teamwork) zu verbessern anstatt ihre individuelle Leistung oder Erfolg zu maximieren (Dickinson & McIntyre, 1997).

Die beschriebenen Verhaltensweisen und Prozesse nutzen Interaktion beziehungsweise *Kommunikation*, damit sie stattfinden. Kommunikation ist ein Meta-Prozess der Teamarbeit, ein Werkzeug um Teamarbeitsprozesse zu ermöglichen. Die soziale Funktion von Kommunikation ist dabei Rückmeldung zu geben oder Anweisungen zu erteilen. Diese Meta-Funktion wird am Beispiel des „Feedback“-Verhaltens erklärt. „Feedback“ bedeutet, dass einerseits Ratschläge, Hilfe oder Kritik von Teampartnern erteilt, aber auch angenommen werden. Ratschläge, Hilfe, oder Kritik werden einer anderen Person über eine Form von Interaktion zugänglich gemacht. Solange ein Individuum nicht für ein anderes Individuum wahrnehmbar einen Ratschlag formuliert, erfolgt dieser Ratschlag nicht, sondern es besteht eine Intention oder der individuelle Wunsch, einen Ratschlag zu erteilen. Der Begriff der Interaktion und Kommunikation wird in einem gesonderten Kapitel genauer definiert (siehe dazu Kapitel 2.2).

2.1.3.4 Modell von Annett und Cunningham – Teamverhalten als Ausdruck latenter Konstrukte

IPO-Modelle stellen den Link zwischen Eingangsgrößen der Teamarbeit und Leistung her, indem Teamprozesse als Mediatoren dargestellt werden. Bezogen auf Teams und Teamleistung wird das IPO-Modell jedoch als nicht ausreichend betrachtet, da Faktoren wie kognitive Konstrukte, welche Teamarbeit und die Leistung eines Teams erklären können, nicht integriert sind (Ilgen, Hollenbeck, Johnson, & Jundt, 2004; Rousseau et al., 2006). Kognitive Konstrukte haben einen Erklärungswert, da sie den Theorien nach zu sogenannten emergenten Zuständen im Team führen (Marks, Mathieu, & Zaccaro, 2001), welche wiederum als die eigentliche Voraussetzung für gute Teamleistung gesehen werden. In vielen Studien werden die Konstrukte Teamsituationsbewusstsein und TMM als Voraussetzung und zugrunde liegende, ursächliche Mechanismen guter Leistung betrachtet (Mathieu et al., 2000; Orasanu, 2010; Serfaty, Entin, & Volpe, 1993; Stout, Cannon-Bowers, Salas, & Milanovich, 1999; Zheng, Swanstrom, & MacKenzie, 2007). Das beobachtbare Verhalten wiederum ist der Mediator zwischen den

emergenten Zuständen und Teamleistung. Teamsituationsbewusstsein ist nach der Definition von Marks et al. (2001) ein emergenter Zustand, welcher dynamisch ist und von dem Kontext des Teams, dem Input, den Teamprozessen und dem Output abhängig ist (Marks et al., 2001).

Diese Konstrukte wirken jedoch nicht direkt auf die Umwelt, sondern werden in spezifische Verhaltensweisen übersetzt und wirken darüber auf die Ausprägung der Teamarbeits-Prozesse und schlussendlich auf das Produkt des Teams (Rousseau et al., 2006). Annett und Cunningham (2000) verwenden ein Modell für Teamleistung um Kriterien zur Messung von Teamfähigkeiten auf Verhaltensebene abzuleiten. Dieses Modell integriert kognitive und affektive Konstrukte als Einflussfaktoren der Teamprozesse. Es ist in Abbildung 4 dargestellt. Teamleistung entsteht diesem Modell nach durch das Zusammenwirken von Faktoren der Einstellung mit kognitiven Prozessen, welche zu emergenten Zuständen führen, die wiederum in spezifische, beobachtbare Verhaltensweisen übersetzt werden.

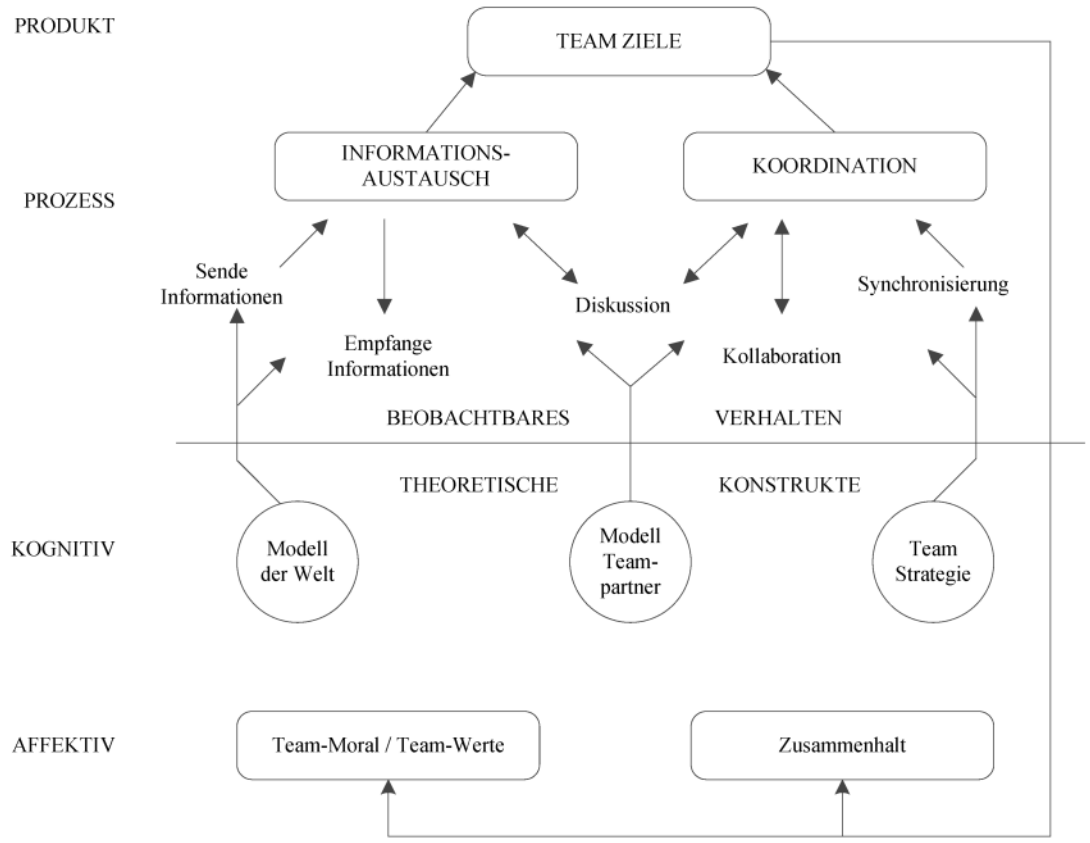


Abbildung 4 Modell der Teamarbeit, mit affektiven und kognitiven Konstrukten sowie Prozessen der Teamarbeit und dem Produkt von Teamarbeit. Abbildung adaptiert und übersetzt von Annett, J. und Cunningham D. (2000) „Analyzing Team Command Skills“ in Schraagen, Chipman & Shalin (Eds) „Cognitive Task Analysis“, Lawrence Erlbaum, S. 405.

Das Modell trennt Produkte der Teamarbeit und beobachtbare Teamprozesse von den erklärenden, theoretischen Konstrukten, welche nicht direkt zugänglich sind. Die Autoren wählten für ihr Modell im Bereich des beobachtbaren Teamverhaltens die zwei übergeordneten Teamprozesse „Kommunikation“ und „Koordination“. Der Kommunikation zugeordnet sind die spezifischen Verhaltensweisen „Senden von Informationen“, „Empfangen von Informationen“ sowie „Diskussion“. Diskussionen haben das Ziel, mehrdeutige Situationen im Team zu besprechen und Interpretationen zu teilen (Annett et al., 2000). Koordination als Teamprozess stellt in diesem Modell den Aspekt der zeitlichen Abstimmung individueller Handlungen (Synchronisierung) und der Abstimmung und Entwicklung eines Plans (Kollaboration). In dem

Modell ist dabei die Grenze der Zugänglichkeit hervorgehoben. Über kognitive Prozesse, Teamwerte und dem Zusammenhalt im Team, kann nur indirekt geschlossen werden. Der Link zwischen diesen latenten Variablen und der Teamleistung sind die spezifischen beobachtbaren Verhaltensweisen eines Teams.

Dieses Modell diente ursprünglich dazu, die Rolle der Teamprozesse zu verdeutlichen und Indikatoren für die Messung von Teamfähigkeiten abzuleiten. Um spezifische, beobachtbare Verhaltensweisen und leistungsrelevante Kriterien für ein Team in einer Aufgabe abzuleiten, muss dieses generische Modell mit Informationen über die Teamaufgabe angereichert werden. So können Hypothesen abgeleitet werden, welche Ausprägungen der beobachtbaren Verhaltensweisen sich positive auf Teamleistung auswirken.

Annett und Cunninghams Modell stellt damit für diese Arbeit die Grundlage für das Rahmenmodell zur Bewertung der Lotsenkommunikation dar. Die Debatte in der Literatur um das universelle Set an Teamprozessen sowie die korrekten Labels für diese Verhaltensweisen wurde im vorherigen Kapitel bereits geführt. Da in dieser Arbeit Kommunikation, entsprechend dem IPO-Modell von Dickinson, als Meta-Prozess definiert ist, ist die ursprüngliche Bezeichnung der Teamprozesse als „Kommunikation“ und „Koordination“ nicht nützlich. Deshalb wird der Teamprozess „Kommunikation“ im Weiteren als „Informationsaustausch“ bezeichnet. Bevor in Kapitel 3 die Aufgaben eines Lotsenteams analysiert werden, wird im Folgenden der Begriff Kommunikation definiert. Außerdem werden die Verfahren zur Analyse von Teamkommunikation vorgestellt.

2.2 Definition von Kommunikation im Kontext Teamarbeit

Kommunikation, als beobachtbares Verhalten und Vermittler spezifischer Teamprozesse, ist ein Meta-Prozess der Teamarbeit. Der Schwerpunkt von Kommunikation in den Modellen der Teamarbeit liegt auf den sozialen Funktionen und gewünschten Reaktionen, die durch Kommunikation ermöglicht werden. Über die Analyse der Kommunikation sind Rückschlüsse auf Teamprozesse möglich. Aus diesem Grund werden relevante Theorien und Kommunikationsmodelle vorgestellt sowie Methoden der Kommunikationsanalyse dargestellt.

2.2.1 Arbeitsdefinition Kommunikation

Der Begriff „Kommunikation“ ist lateinischen Ursprungs und steht ursprünglich für Mitteilung oder Unterredung. In dieser Arbeit wird Kommunikation als zwischenmenschlicher Prozess definiert und umfasst Prozeduren, „by which one mind may affect another“ (Shannon & Weaver, 1964). Kommunikation ist der Meta-Prozess, über den Teampartner ihre individuellen Tätigkeiten bündeln unter Berücksichtigung der bestehenden Abhängigkeiten. Kommunikation besteht grundsätzlich aus Interaktionen und Informationen (Hofinger, 2008). Außerdem erfüllt der Kommunikationsprozess eine Funktion. Diese übergeordnete Funktion besteht darin, Meinungen und Bedeutung zu produzieren und auszutauschen (Fiske, 2011) „ […] indem das eigene Denken und Handeln in Beziehung zu anderen Personen [gebracht wird] (Hofinger, 2008, S. 133)“. Kommunikationsprozesse verwenden dafür Zeichen, beziehungsweise Kodes (Fiske, 2011).

Ausgehend von der Definition zur Teamarbeit ist Kommunikation das Werkzeug, mit dem Teams ihre Teamarbeitsprozesse ausführen können und gute Teamleistung erreichen. Gute Kommunikation wird dieser Sichtweise nach auch als effektive Kommunikation bezeichnet, wenn die gewünschte Reaktion erfolgt.

Kommunikation überwindet „die Distanz“ zwischen zwei oder mehreren kognitiven Entitäten mit Hilfe eines Mittlers, dem Kommunikationsmedium. Sprache ist ein Medium, ebenso wie Text und Bild. Bezogen auf die technische Form sind Kommunikationsmedien Telefon zur Übertragung von Sprache sowie Email oder Chat zum Übermitteln von Textnachrichten.

In dieser Arbeit ist Kommunikation der Prozess, über den Individuen eines Teams aktiv oder implizit anderen Teammitgliedern Rückschluss auf die Ergebnisse ihrer individuellen Kognition ermöglichen. Als Kommunikation werden daher alle beobachtbaren Aktionen der individuellen Teammitglieder verstanden. Kommunikation umfasst Sprachakte, Gestik und Mimik, aber auch Eingaben in technische Systeme, die der Erfüllung der Aufgabe dienen und für den Teampartner wahrnehmbar sind. Kommunikation, im weiteren Sinne, umfasst alle interpretierbaren Signale und ist nicht allein auf Sprache zwischen Teammitgliedern begrenzt.

2.2.2 Modelle der Kommunikation

2.2.2.1 Kommunikation als soziale Handlung im Team

In Abbildung 5 ist das ABX-Modell von Newcomb (1953) dargestellt. Diese Konstellation wird als die minimale Konfiguration für Kommunikation bezeichnet. Die Abbildung wurde auf Kommunikation in einem Team angepasst. Die Knoten A und B sind dabei Sender und Empfänger, wobei die Rollen wechselseitig eingenommen werden können. X steht für ein Element, dass sowohl für A und B bedeutsam ist. Am Beispiel Teamarbeit wäre dies das gemeinsame Ziel der Teamaufgabe. Zwischen den Elementen A, B und X bestehen Abhängigkeiten. A und B haben jeweils eine „attitude“ gegenüber X, das heißt eine Einstellung. Für das Beispiel Teamarbeit wurde hier der Begriff der Zielerreichung als Einstellung

gegenüber dem Teamziel verwendet. A und B stehen über eine „attraction“ in Abhängigkeit, für Teamarbeit wird dies durch die Interdependenz der Aufgaben der Teampartner beschrieben. Kommunikation ist das Werkzeug, um Gleichgewicht in dem System herzustellen. Kommunikation dient dazu, dass A und B eine gemeinsame Orientierung gegenüber der Teamaufgabe behalten. Kommunikation ist demnach nötig, wenn sich X ändert, oder A oder B ihre Einstellung zu X ändern oder Änderungen an X vornehmen.

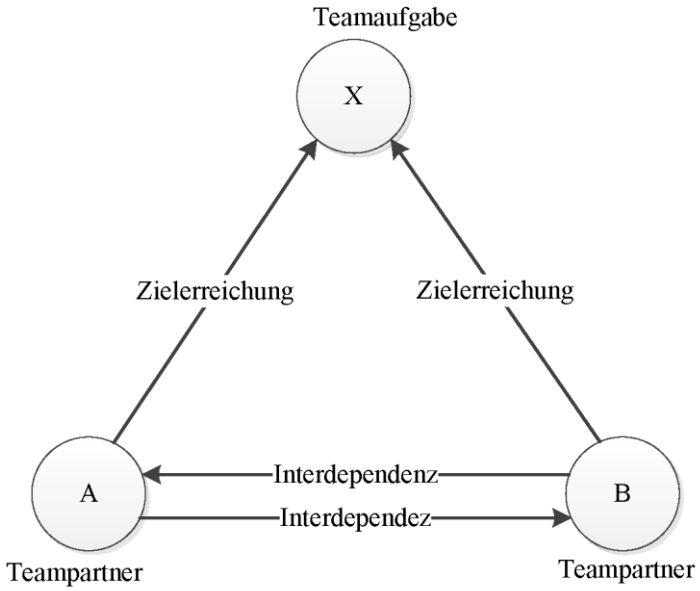


Abbildung 5 Das „Minimal-ABX“ Modell von Kommunikation als sozialer Handlung nach Newcomb (1953) *„An approach to the study of communicative acts“*, Psychological Review, 60 (6), S.393-404, eigene Darstellung

Das Minimale-ABX System wurde dahingehend kritisiert, dass es bestimmte sozial-psychologische Phänomene in der Kommunikation nicht erklären kann. Faktoren wie Hierarchie, oder auch dominante Persönlichkeiten, wirken auf den Ausgleichsprozess, d.h. das beobachtbare Kommunikationsverhalten. Mit dem Begriff des „Diskurs“ wird die Funktion von Kommunikation beschrieben, wenn die Bedeutung von Sachverhalten in einem sozialen System ausgehandelt wird. Hierarchien und die Machtverhältnisse im System wirken sich auf diesen Prozess aus (Focault, 2010). Eine Hierarchie könnte so abgebildet werden, dass A und B in ihren Rollen nicht gleichgestellt sind. Das Gleichgewicht in dem System würde dann so hergestellt werden, dass B immer die Einstellung von A gegenüber X übernimmt.

2.2.2.2 Sender- und Empfänger-Modell

Das Sender-Empfänger-Modell ist eine technische Beschreibung von Kommunikation und wurde in den 1940er Jahren entwickelt (Shannon, 1964). Ein Sender kommuniziert mit einem Empfänger über einen Kanal. Sender und Empfänger nutzen dafür jeweils ein Sende- und Empfangsgerät, um ein Signal zu erzeugen und zu empfangen. Auf den Kanal können Störungen wirken, welche den Empfang des Signals und damit auch den Inhalt entweder stören oder verhindern. In Analogie zu den Begriffen der Nachrichtentechnik wird dies als das Rauschen des Kanals beschrieben. Demnach kann die Qualität der empfangenen Nachricht so schlecht sein, dass sie vom Empfänger nicht verstanden wird.

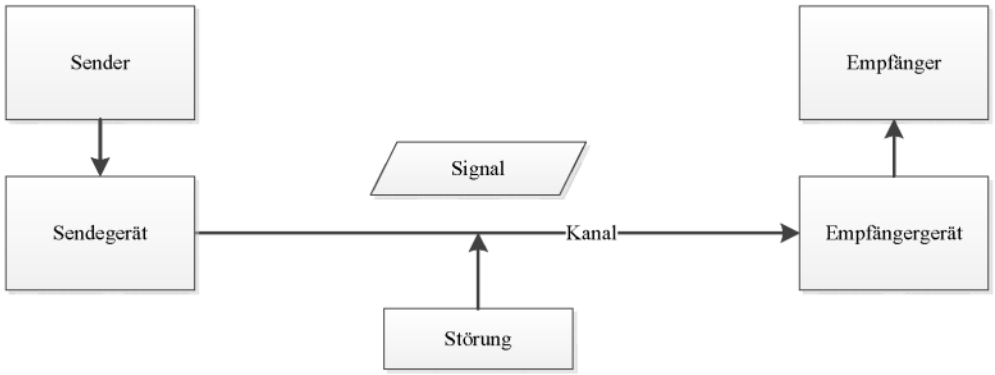


Abbildung 6 Das Sender-Empfänger-Modell der Kommunikation

Das Sender-Empfänger-Modell wird dafür kritisiert, dass es nicht erklären kann, wie Missverständnissen trotz technisch einwandfreier Signalübertragung entstehen. Kommunikation ist eine alltägliche Handlung und üblicherweise werden Störungen in der Kommunikation als Anlass genommen, Kommunikation wissenschaftlich-analytisch zu beschreiben. Gute, beziehungsweise gelungene, Kommunikation definiert sich in diesem Verständnis danach, dass die Intention des Senders der Reaktion des Empfängers auf das empfangene Signal entspricht.

2.2.2.3 Kodierung und Dekodierung

Die Theorien, welche im Bereich der „Cultural Studies“ entwickelt wurden, rücken den Begriff der Kodierung und Dekodierung in den Fokus der Kommunikationsanalyse. Kodes dienen dazu, die Intention des Senders in eine Form zu übersetzten, die einerseits kompatibel zu Sendegerät und Kanal ist und andererseits kompatibel zum Dekodierungsprozess des Empfängers ist. Kodierung und Dekodierung sind getrennte Aktivitäten, die nur unter bestimmten Randbedingungen zu gleichen Ergebnissen führen. In Abbildung 7 wurde das Sender-Empfänger-Modell um zwei weitere Boxen mit den Prozessen der Kodierung und Dekodierung ergänzt.

Konventionen beziehungsweise Standards sind Faktoren, die für kompatible Prozesse sorgen. Diese sind als gestrichelte Linie eingezeichnet. Ein Beispiel für einen Standard ist die Phraseologie im Funkverkehr zwischen Pilot und Lotse. Die Phraseologie legt Begriffe für Flugphasen und Events fest. Außerdem regeln Standardprozeduren, in welcher Reihenfolge welche Phrasen zu nennen sind. Diese Standardisierung ermöglicht es, dass der Empfänger beim Dekodieren die Intention des Senders versteht und entsprechend reagiert. Einflussfaktoren auf die Kodierungs- und Dekodierungsprozesse werden detaillierter in Kapitel 2.3 dargestellt.

2.2.2.4 Kommunikationsanlass und implizite Koordination

Die oben gezeigte Darstellung der Kommunikation wird im Folgenden durch den Begriff des Triggers ergänzt. Ein Trigger motiviert ein Mitglied eines sozialen Systems zu kommunizieren. Dieser Sichtweise folgend hat Kommunikation auf Seite des Empfängers eine Wirkung. Bezogen auf das ABX-System der Teamarbeit, hat diese Kommunikation dann eine ausgleichende Wirkung. Trigger für Kommunikation in einer Teamaufgabe können aus der Veränderung der Aufgabe entstehen, aber auch über Handlungen und Aktionen des Teampartners, welche den gemeinsamen Bezugsraum ändern. Diese Trigger erzeugen eine Erwartungshaltung über notwendige Kommunikation und notwendige Verhaltensweisen. Zusätzlich existieren Konventionen im sozialen Handeln, welche Erwartungen über Kommunikation und Handeln ermöglichen und die jeweilige Bedeutung der Kommunikation beeinflussen (Fiske, 2011).

Es gibt für Situationen spezifische Erwartungen über typische soziale Handlungen, d.h. Kommunikation. Ein Beispiel ist, dass auf eine Frage mit hoher Wahrscheinlichkeit eine Antwort folgt, da dies den Konventionen entspricht. Wenn auf eine Frage eine Gegenfrage oder keine Antwort folgt, dann kann diese Information ebenfalls interpretiert werden. Der Kommunikationsforscher Wazlawik hat diesen Aspekt von Kommunikation so zusammengefasst, als dass man „nicht nicht-kommunizieren“ kann (Watzlawick, Bavelas, & Jackson, 2011, S. 275).

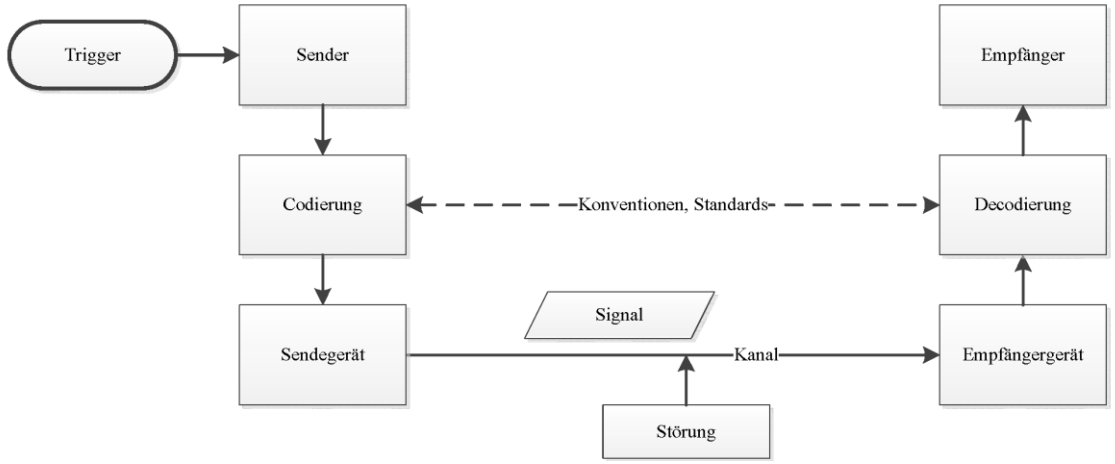


Abbildung 7 Das erweiterte Sender-Empfänger Modell

Implizite Koordination wird definiert als synchronisiertes Verhalten der Teammitglieder auf Basis von Erwartungen und Antizipation des Verhaltens der Teammitglieder (Espinosa, Lerch, & Kraut, 2004). Aufgrund dieser Erwartungshaltung, dem Wissen über Konventionen und der Möglichkeit zur Beobachtung und Interpretation sämtlichen Handelns, können Teams ihre individuellen Aktivitäten erwartungsgemäß ausführen, ohne sichtbare Kommunikationsakte zur Abstimmung dieser individuellen Tätigkeiten. Eine gemeinsame Wissensbasis des Teams gilt als Grundlage für implizite Koordination (Espinosa et al., 2004), wobei diese in der Literatur als „shared cognition“ (Espinosa et al., 2004), Team-Situationsbewusstsein (Salas et al., 1995), aber auch TMM (Mohammed et al., 2010) konzipiert wird.

2.3 Einflussfaktoren auf Teamkommunikation und Teamleistung

Die Kommunikation von Teams dient dem Austausch notwendiger Informationen und der Abstimmung der individuellen Tätigkeiten. Neben dem zeitgerechten Senden der Informationen ist dabei die Rezeption der Informationen eine wichtige Voraussetzung für erfolgreiche Kommunikation. In einer Kommunikationsumgebung, in der es keine Standards für die Kodierung und Dekodierung gibt, ermöglichen Konventionen, Kultur und eine gemeinsame Sprache die erfolgreiche Dekodierung. In der Literatur zu Teams wird die gemeinsame Wissensbasis als Grundlage für erfolgreiche Teamkommunikation hervorgehoben, welche auch als „common ground“ bezeichnet wird (Clark & Brennan, 1991).

In der Linguistik wird dieser Zusammenhang über das Semiotische Dreieck beschrieben (Fiske, 2011). Die Semiotik beschäftigt sich spezifisch mit dem Aspekt von Sprache, wie und über welche Mechanismen Bedeutung erzeugt wird. Indem der Empfänger eine Nachricht dekodiert, wird das Signal in etwas mit Bedeutung übersetzt. Ein anderer Begriff für diesen Vorgang ist Interpretation. In der Semiotik wird das semiotische Dreieck als Modell genutzt, wie Zeichen und Kodes verwendet werden, um Bedeutung zu schaffen (Fiske, 2011). Als Zeichen werden dabei alle möglichen Ausdrucksformen über verschiedene Kommunikationsmedien verstanden,

das heißt Wörter, Bilder, Geräusche, Objekte und Aktivitäten. Die Bedeutung eines Zeichens entsteht dadurch, dass es interpretiert wird. Die Dreiecks-Beziehung eines Zeichens ist in Abbildung 8 dargestellt. Das Ding wird auch als Referent bezeichnet und steht für das Objekt der Realität, über das gesprochen wird. Das Symbol ist die Form, welche das Zeichen annimmt. Der Begriff, auch „sense“ genannt, steht für die Bedeutung des Zeichens. Die gestrichelte Linie zwischen Symbol und Ding zeigt, dass die Bedeutung über die Interpretation erfolgt.

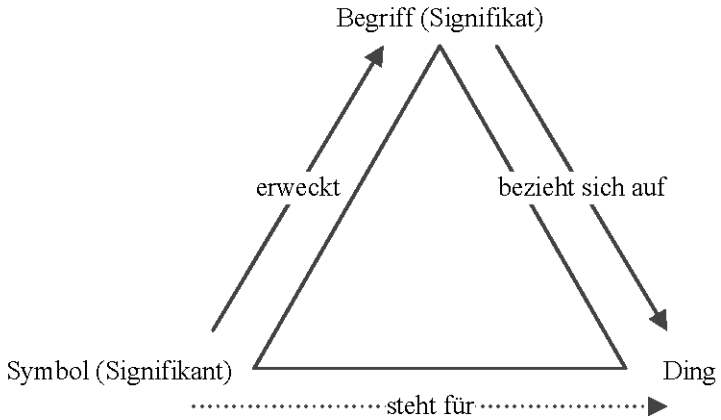


Abbildung 8 Das Semiotische Dreieck als Konzept, wie Zeichen eine Verknüpfung zwischen Realität und Kommunikationsausdruck darstellen, nach Fiske (2011) *„Introduction to Communication Studies“* (3. Aufl.), New York, Routledge, S. 43, eigene Darstellung.

Für den Prozess der Interpretation, beziehungsweide Kodierung, ist dabei zusätzlich relevant, dass Zeichen und die Zusammenhänge Veränderungen unterworfen sein können. Bestimmte Symbole sind per Konventionen einem Ding fest zugeordnet. So steht die Farbe Rot als Symbol für Gefahr. Andere Konventionen sind flexibel und werden durch gemeinsame Erfahrungen etabliert.

Das Kommunikationsmedium wiederum beeinflusst das Symbol, welches gewählt werden kann, um auf ein Ding zu verweisen. Nutzen Teams Gestik zur Kommunikation, dann kann durch eine Zeige-Geste auf ein Ding verwiesen werden. Nutzen Teams ausschließlich Sprache, dann müssen sie über einen Begriff auf das Objekt der Realität verweisen. Besteht freie Wahl des Mediums, dann können Aspekte wie Eindeutigkeit der Konvention zum Dekodieren oder Aufwand zum Erzeugen der Symbole bestimmen, welches Medium zur Kommunikation gewählt wird.

Im Modell der Teamarbeit (Vergleich 2.1.3.4) wird diese gemeinsame Grundlage für den Rezeptionsprozess durch die kognitiven Aspekte der mentalen Modelle und Teamstrategie dargestellt.

Zwei Faktoren, welche sich auf die gemeinsame Rezeptionsgrundlage auswirken, werden in den folgenden Kapiteln näher beschrieben. In Abbildung 9 sind die beiden Einflussfaktoren Kommunikationsmedium und Erfahrung in das Teamarbeitsmodell integriert dargestellt. Die in der Literatur erwarteten Einflüsse sind mit Pfeilen dargestellt.

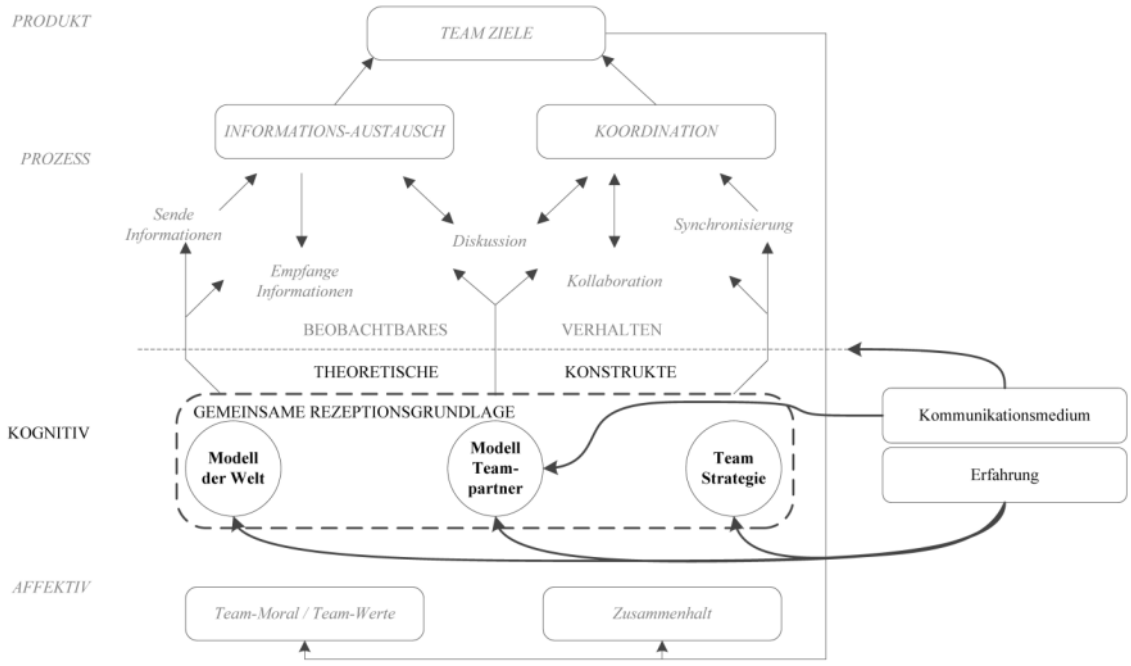


Abbildung 9 Kommunikationsmedium und Erfahrung als Einflussfaktoren der kognitiven Prozesse der Teamarbeit. In der Literatur erwartete Einflüsse sind mit Pfeilen dargestellt.

2.3.1 Erfahrung als Team

Die Frage, in welchem Maße sich die gemeinsame Erfahrung als Team auf Interaktionsverhalten und Teamleistung auswirkt, hat ebenfalls eine praktische Relevanz im Anwendungsbereich Luftverkehrskontrolle. Die Teams einer Fluggesellschaft sind meist temporär, da aufgrund der Eigenschaften der Organisation (Flottengröße, Belegschaft) keine dauerhaften Teams zusammengestellt werden können (Socio-Cultural Effects on the Flight Deck, n.d.). Teams von Fluglotsen bestehen dagegen über einen längeren Zeitraum. Der Effekt dieses höheren Bekanntheitsgrads wird auf dem, von der europäischen Flugsicherung Eurocontrol initiierten, Internetportal „Skybrary“ so beschrieben, dass dadurch der Bedarf für eine Standardisierung der Zusammenarbeit geringer sei, da sich Standards der Zusammenarbeit bei Teams mit größerem Bekanntheitsgrad leichter entwickelten (Teamwork in Air Traffic Control, n.d.).

In der Literatur werden Crews und Teams dahingehend differenziert, dass diese sich in der Stärke der gemeinsamen Erfahrung unterscheiden (Mathieu et al., 2000). Crews haben eher eine geringe vorherige Arbeitserfahrung und müssen bei der Erfüllung der Aufgabe nicht mit längerfristigen Konsequenzen der gemeinsamen Interaktion rechnen (Mathieu et al., 2000). Zur Verdeutlichung wird auch der Begriff des „ad-hoc“ Teams verwendet, um diese fehlende gemeinsame Erfahrung zu verdeutlichen.

Eine gemeinsame Rezeptionsgrundlage wirkt sich positiv auf den Erfolg von Kommunikation und somit auf Teamleistung aus. Erfahrung ist ein Faktor, der diese Gemeinsamkeit zwischen Teammitgliedern beeinflusst. Ein eindrückliches empirisches Ergebnis zur Bedeutung von Erfahrung für Teamarbeitsprozesse und Teamleistung zeigt die Studie von Kanki und Foushee (1989) mit Cockpit-Teams. Die Studie untersuchte den Einfluss von Müdigkeit auf die Teamleistung. Dabei wurde Müdigkeit so operationalisiert, dass für müde Teams Flugzeugbesatzungen rekrutiert wurden, die gerade einen Langstreckenflug absolviert hatten. Diese Teams wurden mit neu zusammengestellten Besatzungen, bestehend aus ausgeruhten Piloten, verglichen. Es zeigte sich, dass trotz Müdigkeit die Teams mit vorheriger Erfahrung

eine bessere Leistung hatten als die ausgeruhten, aber miteinander unerfahrenen Teams (Kanki & Foushee, 1989). Die gemeinsame Erfahrung eines Teams ist demnach für praktische Fragen, wie die Personalplanung, relevant.

Teams, die über einen längeren Zeitraum zusammen arbeiten, entwickeln „standard work patterns that are familiar and comfortable, patterns in which routine and precedent play a relatively large part“ (Katz, 1980, S. 11). Effekte der gemeinsamen Erfahrung von Teams wurden in Laborstudien bereits nach einer gemeinsamen Interaktionszeit von 25 Minuten und einem Gruppenfeedback gefunden (Kim, 1997). In der Versuchsaufgabe TPAB fanden Urban und Kollegen signifikante Verbesserung der Teamleistung nur in den ersten drei Versuchsläufen, wobei ein Versuchslauf jeweils 40 Minuten dauerte (Urban, Weaver, Bowers, & Rhodenizer, 1996). Außerdem zeigte eine Analyse der Interaktion der Teams bezüglich der Häufigkeit bestimmter Kategorien, dass Teams „establish patterns of resource exchange relatively early and [that] these patterns underwent little apparent change over time“ (Urban et al., 1996, S. 309)". Diese Befunde lassen vermuten, dass Erfahrungen als gemeinsames Team sowie die Entwicklung gemeinsamer Interaktionsmuster, das heißt eine eigene Standardisierung der Interaktion bei Laboraufgaben, in den ersten Phasen der Zusammenarbeit stattfindet und im Labor beobachtet werden kann.

Die leistungssteigernde Auswirkung von Erfahrung wird in der Literatur über die Homogenität der mentalen Modelle der Teammitglieder begründet. Dabei kann die Homogenität des Teams danach unterschieden werden, ob sie auf gemeinsamer Historie miteinander beruht (Erfahrung im Teamwork), oder darauf, dass Teammitglieder das gleiche Vorwissen über die Aufgabe (Erfahrung Taskwork), oder vergleichbare Einstellungen zur Aufgabe und zur Arbeit im Team haben (Salas et al., 2005; Tesluk et al., 1997).

Für eine effiziente Kommunikation brauchen Teampartner Wissen darüber, welche Informationen der Teampartner benötigt, was auch als Problem des gemeinsamen Wissens, oder „mutual knowledge problem“ bezeichnet wird (Krauss & Fussell, 1990). Studien zum Einfluss von Aufgabenerfahrung auf das Kommunikationsverhalten von Luftkampf-Teams zeigten, dass Aufgabenerfahrung zu kürzerer Interaktion aufgrund der korrekten Verwendung von Phraseologie führte (Obermayer, Vreuls, Muckler, Conway, & Fitzgerald, 1974). Außerdem kommunizierten Teams mit Aufgabenerfahrung weniger bei der Durchführung von Routine-Aufgaben (Obermayer et al., 1974). Teams mit Aufgabenerfahrung konnten damit den Informationsbedarf und die Informationsdarbietung an die Anforderungen der Aufgabe und der Situation anpassen.

Salas und Kollegen (2005) sehen den positiven Einfluss gemeinsamer Erfahrung im Bereich Teamwork darin, dass sich erfahrene Teams mehr auf die Erfüllung der eigentlichen Aufgabe konzentrieren können, da sie stärker ausgeprägte, interpersonelle Beziehung haben. Teammitglieder, die einander kannten, haben bessere Teamprozesse (Morgan, Glickman, Woodward, Blaiwes, & Salas, 1986). Teams mit gemeinsamer Erfahren zeigten einen intensivierten Informationsaustausch und überprüften häufiger Informationen (Kanki & Foushee, 1989). Außerdem war die Teilhabe am Kommunikationsprozess ausgeglichener und weniger beeinflusst von der Rolle und Hierarchie (Kanki & Foushee, 1989). Durch gemeinsame Erfahrung können Erwartungen über den Teampartner aufgebaut werden, welche eine effizientere Kommunikation ermöglichen. Miteinander bekannte Teammitglieder akzeptierten mehr Rückmeldung und Unterstützung, als einander unbekannte Teammitglieder (Smith-Jentsch et al., 2009). Durch gemeinsame Erfahrung adaptieren sich Teammitglieder außerdem aneinander (Bowers, Weaver, & Barnett, 1998; Salas et al., 2005), so dass sie in einer Art und

Weise interagieren können, welche individuellen Präferenzen und Arbeitsmodelle berücksichtigt (Thomas & Petrilli, 2006). Mit zunehmender Erfahrung als Team entwickeln Teams eigene Prozeduren für die Zusammenarbeit (Salas et al., 2005).

Thomas und Petrilli (2006) konnten jedoch bei der Analyse von Piloten-Crews keinen Zusammenhang zwischen Teamerfahrung und Leistung finden. Sie vermuteten, dass der Einfluss des standardisierten Trainings „Crew-Ressource-Management“ einen stärkeren Einfluss auf die Verhaltensweisen der Piloten hatte als die Bekanntheit der Teams. Erfahrung als Team sollte sich also vor allem in einer Umgebung ohne Standardisierung der Arbeitsweisen positiv auf die Entwicklung eigener Standards und damit Teamleistung auswirken.

Gemeinsame Erfahrung und Familiarität kann sich außerdem negativ auf die Teamleistung auswirken. Bei Aufgaben, in denen die Auswertung sowohl gemeinsamer als auch rein individuell verfügbarer Informationen relevant für gute Teamleistung ist, führte gemeinsame Erfahrung zu einer stärkeren Fokussierung auf gemeinsame Informationen und damit zu einer schlechteren Teamleistung (Kim, 1997). Thomas und Petrilli (2006) konnten in ihrer Studie unterschiedliche Fehlerschwerpunkte bei bekannten und unbekannten Cockpit-Teams identifizieren. Teams, die einander unbekannt waren, hatten proportional mehr Fehler im Bereich der Papierdokumentation und der externen Kommunikation, aber weniger Fehler im Bereich Monitoring und Überwachung des Teampartners. Familiarität kann sich auf die Nachlässigkeit beim gegenseitigen Überwachen auswirken, so dass sich damit die Leistung des Teams verschlechtert (Thomas & Petrilli, 2006).

2.3.2 Kommunikationsmedien

Kommunikation ist immer an ein Medium gebunden, über das die Vermittlung stattfindet. Das Medium beeinflusst durch seine physikalischen Eigenschaften den Kommunikationsprozess. In der Literatur werden die Unterschiede der Medien in den Dimensionen soziale Präsenz und Synchronität (Harris & Sherblom, 2011; Straus & McGrath, 1994) sowie Zeitdruck, beziehungsweise erhöhte kognitive Beanspruchung in der Erzeugung der Kommunikationseinheiten (Graetz, Boyle, Kimble, Thompson, & Garloch, 1998), als Erklärung für beobachtete Leistungsunterschiede gesehen. Die Literatur zeigt dabei, dass der Einfluss des Kommunikationsmediums auf die Teamleistung stark von der Teamaufgabe abhängig ist. Paris und Kollegen (2000) weisen darauf hin, dass die einzelnen Teamprozesse unterschiedlich vom Kommunikationsmedium beeinflusst sind (S. 1061). In Abhängigkeit von Teamaufgabe und Teamzusammensetzung sind verschiedene Kommunikationsmedien besser geeignet, die Anforderungen der Aufgabe an zeitgerechten Informationsaustausch und gemeinsames Verständnis zu gewährleisten.

Aktuell kommunizieren Lotsen und Piloten per Funk miteinander, Lotsen als Team direkt über Präsenz-Kommunikation, auch Face-to-Face (F2F) genannt. Diese Kommunikationsmedien weisen eine relativ hohe soziale Präsenz im Vergleich zu textbasierten Kommunikationsmedien auf. Ergebnisse aus Flugunfalluntersuchungen zeigten, dass Fehler in der Kommunikation zwischen Pilot und Lotsen zu Vorfällen und Unfällen beitrugen. Ursache waren dabei eine hohe Kanalbelegungsrate des Funkkanals sowie Missverständnisse und Vergessen von komplexen Anweisungen (bspw. Bürki-Cohen, 1995). Controller-Pilot-Data-Link-Communication (CPDLC) ist eine textbasierte Kommunikation zwischen Pilot und Lotse und wird verwendet, um die Kommunikation über die Funkfrequenz zu reduzieren. Der Nutzen von CPDLC wird darin gesehen, dass durch die Verwendung einerseits die Kapazität der Luftraumsektoren gesteigert werden kann und andererseits die Sicherheit verbessert wird, da die Wahrscheinlichkeit für Missverständnisse reduziert werden kann. Aktuell soll CPDLC

allerdings nicht für zeitkritische Kommunikation verwendet werden CPDLC stellt außerdem eine Basis für weitere Automatisierungs-Konzepte dar, da die textbasierten, standardisierten Nachrichten automatisch erzeugt und verarbeitet werden können. Aus diesem Grund hat die Frage nach dem Einfluss des Kommunikationsmediums auf Teaminteraktion und Teamleistung eine hohe Relevanz bei der Bewertung menschlicher Faktoren im Luftverkehrsmanagement (Langan-Fox et al., 2009).

Kommunikationsmedien werden nach den Produktionskosten beim Erzeugen eines Events unterschieden. Es gibt eine große Übereinstimmung in den Befunden der Literatur, dass sich die Verwendung des Kommunikationsmediums Chat im Vergleich zum Medium Sprache aufgrund eines höheren Produktionsaufwands von Interaktion auf zeitliche Aspekte der Teamarbeit und Teamprozesse auswirkt (Adams, Roch, & Ayman, 2005; Graetz et al., 1998; Straus & McGrath, 1994) und dadurch bei einem begrenzten Zeitrahmen auch auf verringerte Kommunikationshäufigkeiten (Vandergriff, 2006). So führte Chat aufgrund hoher Produktionskosten zu kürzeren Erklärungen und weniger detaillierten Begründungen für Zustimmung oder Ablehnung (Purdy, Nye, & Balakrishnan, 2000). Teams können sich an Zeitdruck anpassen indem sie von expliziter zu impliziter Koordination wechseln und dadurch ihren Kommunikationsbedarf reduzieren (Serfaty et al., 1993). Bei der Entscheidungsfindung verwenden Teams eher Heuristiken (Entin & Serfaty, 1999). Bei Mehrdeutigkeit und einer unsicheren Informationslage, wurden mehr Informationen angefragt (Serfaty et al., 1993).

Diese Anpassung des Arbeitsstils an veränderte situative Bedingungen ist auch aus dem individuellen Verhalten von Fluglosten bekannt. Diese Anpassungen werden dort als „Management der Beanspruchung“ bezeichnet, beziehungsweise als Anpassung der Strategie (Sperandio, 1971). Sperandios Arbeit (1971) zeigt die regulierende Wirkung, welche der Wechsel von Strategien auf Beanspruchung haben kann. Steigende Beanspruchung gilt als eine Ursache für eine beobachtbare schlechtere Leistung. Unterschiedliche Strategien, wie die Kontrollaufgabe erledigt wird, können situative Faktoren wie steigenden Zeitdruck kompensieren, so dass kein direkter linearer Einfluss auf die Leistung sichtbar wird. Stattdessen verändert sich das beobachtbare Verhalten.

Ein Vorteil bei der Kommunikation über Chat ist, dass der Gesprächsverlauf protokolliert ist und nachverfolgt werden kann (Purdy et al., 2000). Außerdem wirken sich bei Verwendung des Mediums Sprache individuelle Merkmale stärker auf den Kommunikationsprozess aus, so dass Redeanteile ungleicher verteilt sind (Robert & Dennis, 2005; Schneider, Kerwin, Frechtling, & Vivari, 2002). Das Mediums Chat kann durch die höhere Anonymität zu einer größeren Offenheit beim Äußern von Informationen führen (Baltes, Dickson, Sherman, Bauer, & LaGanke, 2002) und zu stärker ausgeglichenen Redeanteilen (Schneider et al., 2002; Vandergriff, 2006). Außerdem zeigten Studien, dass die hohe Produktionskosten nicht zu Lasten der Strategien zum Aufbau eines gemeinsamen Verständnisses des Teams führten (Vandergriff, 2006).

Kommunikationsmedien werden außerdem nach der Synchronität des Kommunikationsprozess unterschieden (Baltes et al., 2002; Robert & Dennis, 2005). Synchronität bezieht sich auf den zeitlichen Ablauf von Kommunikation, das heißt, inwieweit der Zeitpunkt des Nachrichtentransfers abhängig von aktuellen oder vergangenen Nachrichten ist. Chat ist asynchron, da mehrere Gesprächspartner zur gleichen Zeit eine Nachricht verfassen und senden können; im F2F Gespräch würde das „gleichzeitig-sprechen“ bedeuten. Das Ziel von Teamprozessen ist eine Koordination individueller Aktivitäten im Sinne des gemeinsamen Teamziels. Koordination steht dabei für eine zeitliche Abstimmung von Aktivitäten und

Nutzung von Ressourcen. Die Möglichkeiten des Kommunikationsmediums, eine zeitliche Abstimmung zu ermögliche, ist deshalb relevant für Teamaufgaben mit hohen Anforderungen an zeitliche Koordination.

Mit Fokus auf den Rezeptionsprozess, können Kommunikationsmedien weiterhin anhand ihrer Reichhaltigkeit verschiedener Signalen unterschieden werden. Dieses Merkmal wird auch als Bandbreite der Medien sowie „media richness“ oder „information richness“ bezeichnet (Graetz et al., 1998; Purdy et al., 2000), wobei diese Begriffe qualitativ verwendet werden. Media richness beschreibt die Möglichkeiten eines Mediums, neben dem Sprachinhalt der Nachricht weitere interpretierbare Signale simultan zu übermitteln, direkte Rückmeldungen zu ermöglichen sowie persönliche Präsenz zu vermitteln (Poole, Shannon, & DeSanctis, 1992). Für F2F-Kommuniaktion ist die Reichhaltigkeit am größten, da neben verbalen auch nonverbale und paraverbale Signale die Interpretation der Bedeutung eines Sprachinhalts unterstützen. Über Gestik, Stimmlage, Pause, Betonungen werden Emotionen und damit Hinweise zur intendierten Bedeutung des Senders übermittelt (Purdy et al., 2000; Schneider et al., 2002). Dieser Teil der Kommunikation entfällt bei Medien ohne akustischen oder optischen Kanal.

Eine höhere Reichhaltigkeit des Kommunikationsmediums erzeugt eine höhere soziale Präsenz der Teammitglieder. Die soziale Präsenz wiederum wirkt auf Teamkommunikation und Teamprozesse. Studien zur automatisierten Erfassung der kognitiven Beanspruchung auf Grundlage von Merkmalen der Sprache zeigen, dass die Häufigkeit von Pausen und die Tonhöhe Rückschlüsse auf die mentale Beanspruchung erlauben (Yin & Chen, 2007). Diese Informationen erleichtern den Teamarbeitsprozess des Überwachens des Teammitglieds (Vgl. 2.1.3.3) und damit auch die Rückmeldung und Unterstützung des Teampartners. Geringere soziale Präsenz durch textvermittelte Kommunikation kann deshalb negativ auf Teamprozesse wirken, da paraverbale Informationen fehlen, so dass die Interpretation der Bedeutung erschwert wird (Purdy et al., 2000).

Andererseits kann die verringerte soziale Präsenz positiv auf Teamleistung wirken. So kann soziale Präsenz auch dazu führen, dass in informationsreichen, komplexen Umfeld relevante Hinweise ignoriert werden (Robert & Dennis, 2005). Positiv betrachtet kann diese fehlende soziale Präsenz beim Kommunikationsmedium Chat dazu führen, dass der Status der Teammitglieder als ähnlicher wahrgenommen wird, was zu einer stärkeren und gleichmäßigeren Teilhabe der Teammitglieder führt (Straus, 1996) und wiederum positiv auf Teamarbeit wirken kann (Paris et al., 2000, S. 1061; Urban et al., 1995). Bezüglich der gefühlten Zusammengehörigkeit zeigt F2F-Kommunikation eine deutlichen Vorteil im Vergleich zu Kommunikation über Chat. Teammitglieder haben ein geringeres Vertrauen in die Aussagen anderer (Vandergriff, 2006) oder sind unzufriedener mit dem Teamergebnis, wenn sie über Chat kommunizierten (Graetz et al., 1998). Allerdings weist Schneider (2002) in seiner Arbeit darauf hin, dass Teams die geringere soziale Präsenz durch Erfahrung mit dem Medium und Erfahrung als Team teilweise kompensieren können.

2.4 VERFAHREN ZUR ANALYSE VON TEAMKOMMUNIKATION

Im folgenden Kapitel werden Merkmale des Kommunikationsverhaltens unterschieden und Möglichkeiten zur Analyse dieser Merkmale beschrieben. Im Anschluss werden existierende Verfahren zur Analyse von Kommunikation und Teamprozessen beschrieben

2.4.1 Analysierbare Merkmale des Kommunikationsverhaltens

In Tabelle 2 sind die verschiedenen Aspekte des Kommunikationsverhaltens zusammengefasst, welche für die Analyse des Kommunikationsverhaltens verwendet werden können.

Tabelle 2 Merkmale des Kommunikationsprozess und Möglichkeiten zur Analyse

Merkmale	Beispiele	Analyse
Medium	Sprache, Schrift, Gestik,	technische Randbedingungen, wie Bandbreite, Störanfälligkeit „Produktionskosten“ Vergleich Leistungsfähigkeit Teamarbeit textbasiert vs. sprachbasiert
Symbol / Signifikant	Formale Gestaltung (Wortwahl) Grammatik (Frage, Anweisung, Vorschlag)	Übereinstimmung mit Phraseologie Häufigkeit von Fragen Sprachstil (Nominalstil, viele Anweisungen…)
Kontext	Umwelt der Kommunikation Situation Anlass der Kommunikation Struktur der Kommunikation Konventionen	Analyse des ABX Systems Beziehung zwischen Teammitgliedern Art der Teamaufgabe Vorgänger von Kommunikationsakten
Bedeutung/ Sprachinhalt	Status von Systemen Luftfahrzeuge und Zustände von LFZ	Inhaltsanalyse von Texten
Wirkung	Auslösen einer Reaktion, Verhaltensänderung Änderung von Einstellungen	Analyse von Handlungen / Reaktionen Verhaltensanker

Die Medien, die Teams zur Kommunikation nutzen, bedingen, ob direkte Antworten möglich sind, wie hoch Produktionskosten sind und welche Symbole prinzipiell zur Verfügung stehen. Vergleichende Analysen verschiedener Medien können den Einfluss des Mediums auf die Leistungsfähigkeit bestimmen. Zeitaspekte von Kommunikation können unter diesem Aspekt analysiert werden, zum einen die benötigte Zeit für die Produktion der Zeichen, zum anderen die benötigte Zeit für die Übertragung des Signals.

Eine weiteres Merkmal des Kommunikationsprozess sind die Symbole, welche Teammitglieder verwenden, um ihre Intention zu kodieren. Die gewählten Symbole sind einerseits durch das zur Verfügung stehende Kommunikationsmedium begrenzt. Andererseits wirkt hier ein, ob es eine bestimmte Phraseologie gibt, die verwendet wird. Auf dieser Ebene kann auch die grammatikalische Form von Sprache analysiert werden. So können Fragen oder Aufforderungen durch den Satzbau und die Verwendung von Verbformen identifiziert werden.

Der Kontext einer Kommunikation kann ebenfalls analysiert wird. Wie oben beschrieben, wirkt der Kontext auf die Dekodierung von Signalen, das heißt er ist relevant, wenn in einem weiteren Schritt auf die Bedeutung der Signale geschlossen wird. Der Kontext umfasst die Umwelt beziehungsweise die Situation der Kommunikation. Er kann durch eine Analyse des ABX-Systems beschrieben werden. Die Art der Teamaufgabe ist hierfür ebenfalls von Bedeutung. Der Kontext beinhaltet ebenfalls dem Kommunikationsevent vorangegangene Interaktion. So kann ein Kommunikationsevent als Antwort bewertet werden, wenn vorher eine Frage gestellt wurde. Konventionen und Erwartungen über typische Kommunikationsfolgen stellen einen Teil des Kontexts dar.

Die Bedeutung der gewählten Symbole wird am Beispiel von Sprache meist auch als Inhalt bezeichnet. Die Bedeutung wird, wie oben beschrieben, durch Dekodierung und Interpretation

auf Empfängerebene gebildet. Die Bedeutung ist zuallererst subjektiv und nicht zugänglich und direkt beobachtbar. Durch Wissen über den Kontext und die gewählten Symbole sowie unter Anwendung von Konventionen kann auf die Bedeutung geschlossen werden. Bei der Beobachtung von Kommunikation liegt hier aber auch auf Seiten der Beobachter eine Interpretation vor. Eine typische Methode zur Analyse ist die Inhaltsanalyse (Lamnek, 2005). Um die Subjektivität in der Beobachtung zu reduzieren, werden Inhaltsanalysen meist von mehreren Beobachtern oder Kodierern vorgenommen, auf Basis eines festen Beobachtungs- oder Kodier-Schemas.

Bei der Analyse der Kommunikationswirkung steht im Vordergrund, ob und welche Verhaltensänderung oder Veränderung von Einstellungen auf Seiten der Empfänger durch vorangegangene Kommunikation auftritt. Typische Analysen sind hier Studien zum Einfluss von Wahlwerbung, beziehungsweise die Wirksamkeit von Werbung. Die Wirkung von Kommunikation kann überprüft werden, falls die erwarteten beziehungsweise gewünschten Reaktionen definiert sind. Am Beispiel des Musters „Frage-Antwort“ wäre die Handlung „Teampartner gibt eine Antwort“ die auf eine Frage erfolgt, als Wirkung der Frage zu verstehen.

Für die Betrachtung von Kommunikation als Werkzeug für Teamarbeitsprozesse steht die Wirkung von Kommunikation im Vordergrund. Das Anfragen von Informationen dient dem Zweck, dass die Teammitglieder die entsprechenden Informationen teilen. Das Rückmelden von Leistung zu einem Teampartner, wie „Die Lösung wird nicht funktionieren“ soll beim Empfänger die Wirkung haben, dass dieser die Lösung noch einmal ändert. Positive und negative Verhaltensweisen mit Bezug zu Kommunikation können definiert werden. Während des Kommunikationsprozess prüfen Beobachter das Vorhandensein dieser Verhaltensweisen, beziehungsweise prüfen, zu welchem Grad Verhaltensweisen sichtbar sind. Die Wirkung ist dabei nicht allein durch die Kommunikation bedingt. Die persönliche Einstellung zum Umgang mit Kritik wirkt sich auf die sichtbare Reaktionen aus, das heißt, ob eine Verhaltensänderung erfolgt oder ausbleibt. Folgt auf eine Kritik keine Reaktion kann dieses Verhalten als „ignorieren“ bezeichnet werden und auch bewertet werden.

2.4.2 Kodierschemen zur zeitgenaue Rekonstruktion der Teaminteraktion

Die Methode *Interaction-Process-Analysis (IPA)* wurde in den 50er Jahren entwickelt und zur Analyse des Kommunikationsprozesses verschiedener Gruppenkonstellationen und Aufgabentypen verwendet (Bales, 1955). Die funktionale Komponente der Interaktionseinheiten wird einer von 12 Kategorien zugeordnet, die den vier Hauptkategorien „Antworten“, „Fragen“, „Positive Reaktionen“ und „Negative Reaktionen“ zugeordnet sind. Prozentuale Anteile der Kategorien werden als Profil von Gruppen interpretiert.

Das Verfahren sieht ebenfalls vor, zeitliche Aspekte der Interaktion über einer Analyse der Reihenfolge von Sprechakten zu analysieren (Bales, 1955). Die Kategorien zur Kodierung der Interaktion wurden anhand eines Modells interpretiert, welches Entscheidungen in Gruppen als Zyklus beschreibt. Dabei können Interaktionen als Störung beschrieben werden, welche neue Ideen oder Ansichten in die Gruppe bringen. Als Reaktion erfolgt in der Gruppe ein Ausgleich, der verschieden ausfallen kann, entweder als Zustimmung, Ablehnung, oder durch das Generieren neuer Fragen. Die Transitionsmatrix zeigt die Wahrscheinlichkeit, welche Reaktion in Gruppen auf eine Störung erfolgt. Bales (1955) unterschied außerdem pro-aktives und reaktives Verhalten anhand des Sprecherwechsels zwischen zwei Sprachakten. Die Transitionsmatritzen können verwendet werden, um typische Muster im Interaktionsverhalten zu identifizieren. Dong (2010) zeigt einen Ansatz auf, wie der IPA-Ansatz verwendet werden

kann, um bestimmte Eigenschaften des Gruppenverhaltens, wie Sprecherwechsel, auf Basis von Interaktionsdaten zu modellieren.

Das *Instrument zur Kodierung von Diskussionen (IKD)* wurde mit dem Ziel entwickelt, zeitsparend den Verlauf von Diskussionen in Gruppen zu erfassen (Schermuly, Schröder, Nachtwei, & Scholl, 2010). Ein großer Nachteil der Analyse von Kommunikationsdaten ist der hohe Zeitaufwand, der bei der Aufbereitung der Daten entsteht. Das IKD erfasst die interpersonale und funktionale Bedeutung eines Kommunikationsakts, Zeit und Dauer eines Kommunikationsakts werden jedoch nicht direkt erfasst. Durch festgelegte Regeln zum Sampeln der Beobachtung hat ein Interaktionsakt jedoch die maximale Dauer von 30 Sekunden. Somit kann der Verlauf einer Gruppendiskussion erfasst werden. Für jeden Kommunikationsakt werden zwei Kategorien bewertet, die interpersonale Bedeutung mit den Dimensionen Affiliation (Feindlichkeit vs. Freundlichkeit) und Dominanz (Unterwerfung vs. Dominanz) und die funktionale Bedeutung. Diese wird in den Kategorien sozio-emotionale Aussage, Inhaltsaussage, Steuerungsaussage, Vorschlag, Frage sowie Zustimmung oder Ablehnung erfasst. Zusätzlich kann eine Zusammenfassung des Inhalts des Kommunikationsakts notiert werden. Außerdem werden Sender und Empfänger notiert.

Die Validität des Instruments für die Erfassung von Merkmalen bei Gruppendiskussionen, vor allem unter dem Einfluss von Hierarchie, wurde von den Autoren gezeigt (Schermuly et al., 2010). Die untersuchten Gruppen können, entsprechend der oben gegeben Klassifizierung von Teams, als Planungsteams bezeichnet werden. Das Instrument wurde verwendet, um interpersonelle Verhaltensweisen zu analysieren, vor allem im Hinblick auf Führungsverhalten und unterschiedliche Rollen im Team.

Das Verfahren *Time-by-Event-by-Member Pattern Observation* (TEMPO) wurde von Futoran und Kollegen entwickelt (1989) und basiert auf der Theorie von McGrath (1991) zur Rolle von Zeit, Interaktionen und Leistung von Gruppen. Das Verfahren wurde erstellt, um zeitliche Abläufe von Interaktionen in Gruppen zu erfassen. Ein Kodierschema für die funktionalen Aspekte der Gruppeninteraktion wurde erstellt, welches den Anspruch hatte, auf beliebige Gruppenaufgaben übertragbar zu sein. Die Daten wurden auf Grundlage von Videoaufzeichnungen erstellt. Dabei wurden Interaktionen als einzelne Events erfasst, mit den Merkmalen Zeit, Sprecher, funktionale Kategorie und Zyklus („Cycle“ auch „Chunk“ genannt). Der Chunk repräsentiert Unteraufgaben, welche die Gruppen bearbeiten, denen wiederum Interaktionsevents zugeordnet werden können. Interaktionen innerhalb eines Chunks bezogen sich auf eine gemeinsame Gruppenaufgabe.

Das Kodierverfahren war relativ zeitaufwändig, mit einem zeitlichen Faktor von 1:20. Außerdem bestanden technische und methodische Herausforderungen bei der Aggregation und Analyse der Zeitinformationen der Interaktionsevent (Futoran et al., 1989). Zur Analyse der Prozesse schlagen die Autoren vor, die Daten als dreidimensionale Matrix abzulegen, mit Sprecher, Funktion und Zeitintervall als Achsen. Je nach Fragestellung können so absolute und relative Häufigkeiten sowie die absolute und relative Dauer von Funktionen, gruppiert nach Zeit oder Sprecher, berechnet werden (Futoran et al., 1989). Dies erlaubt es, das Interaktionsverhalten mit Produkten der Gruppe, hier Zwischenständen der Aufgabe, in Verbindung zu setzen. Das Verfahren wurde von Straus (1999) zur Kodierung von Interaktionsverhalten in verschiedenen Aufgabentypen und für unterschiedliche Kommunikationsmedien verwendet auch wenn in dieser Auswertung die zeitlichen Aspekte der Interaktion nicht analysiert wurden (Straus, 1999, S. 175).

2.4.3 Abgleich Interaktionsverhalten mit erwarteten Verhaltensweisen

Die Methode *Targeted Acceptable Responses to Generated Events or Tasks (TARGET)* wurde im Rahmen der Forschung an heterogenen, verteilten Teams im militärischen Kontext als Grundlage für das Teamtraining entwickelt. Bis dahin wurde die Leistung des Teams darüber definiert, dass das Team bestimmte Team-Verhaltensweisen zeigt. Die Bewertung erfolgte überwiegend über Experten-Beobachter. TARGET zielte darauf ab, über den Zeitverlauf zu repräsentieren, ob das Team adäquat auf definierte Events reagierte. Die Beobachter bewerteten dabei dichotom, ob das gezeigte Verhalten akzeptabel oder inakzeptabel war. Dies sollte die Subjektivität der Bewertung reduzieren. Das gewünschte beziehungsweise erwartete Verhalten wird dabei im Vorfeld über Aufgabenanalyse, Standard-Verfahrensweisen, schriftliche Dokumentation und mit Domänen-Experten festgelegt. In Kombination mit dem Ziel des Trainings werden gewünschte Verhaltensweisen definiert. Außerdem wird ein Szenario generiert, welches Events enthält, die diese Verhaltensweisen in Form definierter Reaktionen der Teammitglieder auslösen sollen. Die Autoren berichten, dass sie über diese Form der Beobachtung sehr hohe Inter-Rater-Übereinstimmungen erzielen konnten. Die Methode wurde verwendet, um die Veränderung der Teamleistung bei Anwendung eines Trainings zu erfassen. Dieses Ziel konnte erreicht werden.

Die Idee, erwünschte Verhaltensweisen durch spezielle Events in Szenarien zu erzwingen und dann das Vorhandensein dieser Verhaltensweisen zu überprüfen, wurde von Muniz und Kollegen für die Entwicklung des Tools SALIANT (*Situational Awareness Linked Indicators Adapted to Novel Tasks)* aufgegriffen (Muniz, Stout, Bowers, & Salas, 1998). Hier wurde das Verfahren darauf angewendet, um Verhaltensweisen bezüglich guten Situationsbewusstseins in Teams zu erfassen. In den 90er Jahren gab es ein Forschungsprogramm der US Navy, welches sich mit der Entscheidungsfindung von Teams beschäftigte. Ein Schwerpunkt war Entscheidungsfindung unter Stress sowie Situationsbewusstsein im Team. Die Methode SALIANT wurde im Rahmen dieser Forschungsarbeit entwickelt und für Simulationsstudien eingesetzt (Muniz et al., 1998). Das Verfahren sieht vor, dass in einem fünfstufigen Prozess akzeptable Reaktionen beziehungsweise Verhaltensweisen innerhalb eines Szenarios erarbeitet werden, wobei diese Verhaltensweisen mit gutem Teamsituationsbewusstsein in Verbindung stehen. Beobachter erfassen während des Ablauf des Szenarios, ob die Teammitglieder die geforderten Verhaltensweisen zeigten.

Aus der Literatur wurden 24 Indikatoren für beobachtbare Verhaltensweisen abgeleitet, welche auf gutes Situationsbewusstsein im Team schließen lassen. Diese wurden in konkrete Reaktionen von Teammitgliedern auf Störsituationen übersetzt (Phase 3). Dazu wurden im Vorfeld in Phase 2 Szenarien und Events entwickelt. Ein Skript für den Ablauf der Szenarien wurde entwickelt (Phase 4) sowie ein Beobachtungsbogen (Phase 5). In einer Überprüfung des Verfahrens fanden Bowers und Kollegen (1998), dass die Bobachter mit dem Verfahren eine hohe Übereinstimmung in der Bewertung des Verhaltens hatten sowie Verhaltensweisen der Problemlösung und Metriken zur Teamleistung korrelierten (Bowers et al., 1998).

Beide Verfahren prüfen, ob Teams in einer Aufgabe erwartetes Verhalten zeigen. Die Verhaltensweisen werden a priori festgelegt. Das beobachtete Verhalten der Teammitglieder wird mit einem erwarteten Ablauf verglichen.

2.4.4 Kommunikationsanalyse zur Erfassung kognitiver Zustände

In der Tradition der Arbeiten zum *Crew Ressource Management (CRM)* wird das realistische Kommunikationsverhalten der Teammitglieder auf Basis von Transkripten analysiert. Dabei werden die Teammitglieder als kognitive Ressourcen verstanden, deren gemeinsame

Anstrengung der Lösung von Problemen unter Zeitdruck dient. Je nach Fragestellungen werden Wortwahl und Sprecherrichtung analysiert. In Fallstudien wurde auf das Verständnis des Teams über die Situation geschlossen, indem Kommunikationsverlauf, Kommunikationsinhalt und die Interaktion der Teammitglieder mit den technischen Systemen analysiert wurden. Dies dient dazu, um Entscheidungen des Teams zu verstehen und in einem weiteren Schritt, Ursachen für Unfälle zu analysieren. Der Einfluss von Beanspruchung auf Kommunikationsdauer und Kommunikationshäufigkeit wurde durch den Vergleich dieser Kommunikationsparameter unter niedriger und hoher Beanspruchung analysiert (Silberstein & Dietrich, 2003). Krifka und Kollegen (2003) verglichen Kommunikationsdauer und Häufigkeiten von guten und schlechten Teams unter verschiedenen Graden der Beanspruchung auf Basis von zeitgenauen Transkripten der Cockpit-Kommunikation. Sie verwendeten außerdem ein Kodierschema, um Interaktionsinhalte und Funktion zu erfassen (Krifka et al., 2003).

Einen vergleichbaren Ansatz verwendeten Arbeiten zum Einfluss des Kommunikationsverhaltens auf die Entscheidungsfindung von Cockpit-Teams, wobei über Merkmale des Kommunikationsverhaltens Rückschlüsse auf kognitive Zustände des Teams getroffen wurden (Fischer & Orasanu, 1999; Orasanu, 1992, 2010; Orasanu & Fischer, 1992). Die Autoren untersuchten dabei das Kommunikationsverhalten von Piloten bei der Identifikation und Behebung von Fehlern und Vorfällen. Sie analysierten die Kommunikation zwischen den Teammitgliedern, indem sie die Kommunikationsinhalte bezüglich Adressat, Fokus, Direktheit und Eindeutigkeit sowie Komplexität acht verschiedenen Kategorien zuordneten (Fischer & Orasanu, 1999). Labels für die Kategorien waren „Preferences“, „Queries“, „Suggestions“ oder „Commands“. Das Kommunikationsverhalten der Teams wurde über Vergleich der Häufigkeiten der einzelnen Kategorien (Analog zu Bales Profilen) sowie Vergleich der prozentualen Anteile beschrieben.

Am Beispiel mentaler Modelle und Team-Situationsbewusstsein, als ursächliche kognitive Konstrukte für beobachtbares Verhalten, wurden die in der Literatur angewendeten Verfahren zur Analyse der Kommunikation verglichen und in Tabelle 3 zusammenfassend dargestellt. Eine Besonderheit dieser Arbeiten ist, dass hier Kommunikation sowohl als Ausdruck, aber auch als ursächlich für gutes Situationsbewusstsein konzipiert ist. Alle Arbeiten gehen aber davon aus, dass über Merkmale des Kommunikationsverhaltens auf die latenten kognitiven Konstrukte geschlossen werden kann.

Die Arbeiten unterscheiden sich zum einen danach, ob das analysierte Kommunikationsverhalten als „Reaktion“ oder Ausdruck eines kognitiven Zustands gewertet wird (Verhalten als Reaktion, bspw. Cooke et al., 2001; Dwyer et al., 1997; C. Prince et al., 2007; Wiener et al., 1991), oder ob die Verhaltensweise als Grundlage und Voraussetzung für kognitive Zustände interpretiert werden (Prozess als Voraussetzung, bspw. Parush et al., 2010; Stanton et al., 2006; G. H. Walker et al., 2006). Allerdings betrifft diese Unterscheidung nicht die angewandten Methoden zur Analyse des Kommunikationsverhaltens, sondern die Interpretation der empirischen Ergebnisse. Der Fokus der Analyse variiert dabei ebenfalls, je nachdem ob das eigentliche Kommunikationsverhalten im Vordergrund steht, oder die funktionale Bedeutung des Kommunikationsverhaltens.

Neben den direkt beobachteten Häufigkeiten bestimmter Verhaltensweisen werden Bewertungen von Beobachtern verwendet, zu welchem Grad Teams dieses Verhalten zeigen. Mathieu und Kollegen nutzten Bewertungen des Interaktionsverhaltens, um den Einfluss von gemeinsamen mentalen Modellen nachzuweisen (Mathieu et al., 2000). Dabei werden die Verhaltensweisen verwendet, die in Kapitel 2.1.3 beschrieben wurden. Kommunikation wurde

hier als eine Verhaltensweise neben Strategie und Kooperation sowie Koordination konzeptualisiert. Die Beobachter bewerteten die Verhaltensweisen auf einer 5-stufigen Likert-Skala, wobei die niedrigste Bewertung bedeutete, dass das Verhalten nicht auftrat und die höchste Bewertung, dass das Verhalten stark beobachtbar war. In der Arbeit wurde nicht dargestellt, durch welche Merkmale diese Verhaltensweisen unterschieden wurden.

Tabelle 3 Methoden zur Messung von Team-Situationsbewusstsein über Kommunikationsanalyse

Operationalisierung von Kommunikation	Fokus der Kommunikationsanalyse	Typische Metriken und Skalen	Beispiele
Kommunikation als Reaktion: der kognitive Zustand von Individuen zeigt sich im Kommunikations-verhalten	Kommunikationsinhalt und funktionale Bedeutung (Teamprozess)	Häufigkeit von Events in (inhaltlichen) Kategorien	(A. Prince, Brannick, Prince, & Salas, 1997); (Orasanu & Fischer, 1992), (Fischer & Orasanu, 1999)
		Summe der kommunizierten Informationen pro Level von Situationsbewusstsein	(Bolstad & Cuevas, 2010)
		Struktur und Phase des Problemlösungsprozess	(Stempfle & Badke-Schaub, 2002)
	Sprecher, pragmatische Funktion, Inhalt des Events	Vergleich der Häufigkeiten zwischen zwei experimentellen Bedingungen	(Farley, Hansman, Endsley, Amonlirdviman, & Vigeant-Langlois, 1998)
	Kommunikationsverhalten: Sprecher, Funktion, Inhalt, Zeitpunkt, Struktur	Transkript des Verhaltens in Kombination mit situativen Randbedingungen, Wissen, etc.	(Gorman et al., 2006)
Kommunikation als Reaktion: gutes Situationsbewusstsein führt zu normativen Verhalten	Kommunikationsverhalten: Sprecher, Funktion, Inhalt, Zeitpunkt, Struktur	Bewertung durch Beobachter: dichotome Skalen (Verhalten vorhanden / nicht vorhanden); Likert-Skalen	(Wiener et al., 1991); (Dwyer et al., 1997); (C. Prince et al., 2007); (Cooke et al., 2001)
	funktionale Bedeutung & Struktur der Kommunikation	Verhältnis von Kategorien: (Antizipation als Verhältnis von kommunizierten Informationen vs. angefragten Informationen)	(Entin & Serfaty, 1999); (Stout et al., 1999)
Kommunikation als Voraussetzung: Struktur der Interaktion im Team führt zu gutem Situations-bewusstsein	Kommunikationsverhalten: Sprecher, Funktion, Inhalt, Zeitpunkt, Struktur	Wissensnetzwerke	(Stanton et al., 2006); (G. H. Walker et al., 2006)
	pragmatische Funktion und Struktur der Kommunikation („Closed-loop Kommunikation“)	Anteil der closed-loop-Kommunikation pro Kategorie	(Parush et al., 2010)

In ihren Arbeiten zum „transaktiven“ Gedächtnis, als erklärender kognitiver Mechanismus für gute Teamleistung, bewerteten Moreland und Kollegen das beobachtbare Verhalten von Teams auf den Skalen „memory differentiation“, „task coordination“, „task credibility“, task motivation“, „group cohesion“ und „social idendity“. Am Ende einer Gruppenepisode wurden das gesamte, beobachtete Verhalten bewertet sowie für weitere Auswertungen die gemittelte Bewertung von drei Faktoren verwendet, da diese stark korrelierten (Moreland & Myaskovsky, 2000).

In späteren Arbeiten verwendeten Fischer und Orasanu (2007) funktionale Kategorien mit Verhaltensweisen, die sich auf Informationsaustausch, Problemlösung, Meta-Kognition und Team Koordination bezogen. Zusätzlich wurden linguistische Eigenschaften erfasst, wie Wortlänge, Sprecher und emotional negativ und positiv geladene Worthäufigkeiten sowie als dritte Dimension, in welche Art und Weise sich das Interaktionsereignis auf das vorherige Ereignis bezog (Fischer et al., 2007). Hier wurden die Kategorien Antwort, Folgefrage oder fehlende Antwort vergeben. Teams wurden anhand ihrer Leistung in erfolgreiche und weniger erfolgreiche Teams eingeteilt. Metriken des Interaktionsverhaltens wurden mit der Leistung korreliert, um hier kausale Zusammenhänge nachzuweisen. Inhaltskodierte Interaktionsdaten wurden verwendet, um über das Verhältnis der Häufigkeit von Fragen und Informationen Rückschlüsse über pro-aktives Kommunizieren in Form einer Antizipations-Rate zu treffen (Entin & Serfaty, 1999). Um den Beitrag der Teammitglieder zum Kommunikationsprozess zu erfassen, verwenden Fischer und Kollegen (2007) Streuungsmaße der Kommunikationsparameter, aber auch Redeanteile der Teammitglieder und maximale Differenzen.

2.4.5 Zusammenfassende Betrachtung

Der Stand der Literatur zeigt ein breites Repertoire an Methoden zur Erfassung, Analyse und Bewertung von Teamkommunikation. Ein Standard-Verfahren konnte bislang in den Arbeiten nicht identifiziert werden. Im Folgenden werden Unterschiede und Gemeinsamkeiten der Verfahren herausgearbeitet. Die gefundene Situation zur Analysemethoden entspricht der heterogenen Literatur zur Konzeption von Teamarbeit und Teamprozessen. Während der Begriff „Team“ die Klammer für die Forschung zu Teamarbeit ist, sind die Fragestellungen und Schwerpunkte sehr unterschiedlich und damit einhergehend auch die verwendeten Konzepte und Analysemethoden.

Grundlegend können die Verfahren danach unterschieden werden, ob der funktionale Aspekt im Vordergrund steht, wobei Häufigkeiten der Kategorien von Interesse sind. Die Bildung von Profilen wird verwendet, um das Interaktionsverhalten zu charakterisieren. Steht der Interaktionsprozess per se im Vordergrund, dann wird der zeitliche Ablauf der Interaktion mit erfasst sowie Sprecher und Empfänger. Fragestellungen sind hier spezifische Interaktionsmuster, welche wiederum genutzt werden, um Interaktion zu charakterisieren.

Die verwendeten Methoden variieren mit den Fragestellungen sowie mit der Rolle von Kommunikation in den, den Arbeiten zu Grunde liegenden, Modellen von Teamarbeit. Alle Methoden erfordern die Bewertung durch einen Beobachter und sind damit nicht komplett objektiv. Aus diesem Grund ist es üblich, Objektivität durch mehrfache Kodierung und Bewertung zu erzeugen. Der Grad der Interpretation ist dabei bei den Methoden zur zeitgenauen Erfassung (Vgl. Kapitel 2.4.1) eher gering zu bewerten für die Merkmale Zeit, Dauer und Sprecher. Auch das Auszählen bestimmter Schlüsselwörter stellt eine relativ objektive Metrik dar. Rückschlüsse auf die Wirkung von Interaktionen, beziehungsweise auf die funktionalen Komponenten der Teamprozesse, beinhalten den Prozess der Deutung und des „sense making“ auf Seiten der Beobachter und sind damit eher subjektiv.

Kommunikationsdaten werden in der Forschung zu Teamarbeit entweder verwendet, um die Prozesse der Teamarbeit zu verstehen, oder durch das Interaktionsverhalten auf kognitive Prozesse des Teams zu schließen. Da Kommunikation ein Meta-Prozess der Teamarbeit ist, kann die Wirkung von Kommunikationsevents als funktionaler Inhalt analysiert werden. Wenn das Kommunikationsverhalten per se von Interesse ist, müssen zusätzlich die Dimensionen der Zeit und damit der Struktur des Prozess erfasst werden.

Außerdem lassen sich die Verfahren danach einordnen, ob sie zur Bewertung von Planungsteams oder Aktionsteams verwendet beziehungsweise entwickelt wurden. In Tabelle 4 sind die oben vorgestellten Methoden zusammenfassend dargestellt und nach dem Fokus der Aktionsteams und Planungsteams gegliedert. Das Verfahren TEMPO hat den Anspruch, für alle Teamaufgaben anwendbar zu sein, auch das IPA sollte ursprünglich nicht auf eine Teamaufgabe begrenzt sein. Angewendet wurden die Verfahren überwiegend auf Problemlöse-Aufgaben, d.h. Planungsteams. Im Bereich der Aktionsteams wurde Kommunikation oft analysiert, ohne ein spezifisches methodisches Verfahren zu nennen. Typisch ist, dass die funktionale Bedeutung der Kommunikation im Fokus steht, das heißt ein Ausdruck von Situationsbewusstsein oder der Team-Entscheidungsfindung. Team-Profile werden verglichen oder das Vorhandensein bestimmter Verhaltensweisen kodiert. Bei Aktionsteams werden normative Kommunikations-Verhaltensweisen postuliert und geprüft. Typisch sind hier auch Bewertungen durch Expertenbeobachter.

Tabelle 4 Zusammenfassung der Analyseverfahren nach Aspekten der Teamarbeit

Fokus	Verfahren	Literatur	Kodier-Variablen
Planungsteams	IPA (Interaction Process Analysis)	(Bales, 1955)	Sprecher, Reihenfolge der Akte, nominale Variable: 4 Hauptkategorien, 12 Verhaltensweisen
Planungsteams & Aktionsteams	TEMPO (A Time Based System for Analysis of Group Interaction Process)	(Futoran et al., 1989) Anwendung: (Straus, 1999)	1. Stufe: Sprecher, Zeit, Dauer, Schlüsselwörter, 2. Stufe: Event-Typ: Inhalt,Prozess, Nicht-produzierende Funktion 3. Stufe: Vorschlag oder Evaluierung (1 – 4 Unterkategorien)
Planungsteams	IKD (Instrument zur Kodierung von Diskussionen)	(Schermuly et al., 2010)	Sprecher, Adressat, nominale Variablen Vorschläge, Fragen, Reaktionen, Ablehnung & Zustimmung
Planungsteams	Explizite Prozesskoordination von Entscheidungsfindungsgruppen	(Kolbe, 2006)	Kodiereinheiten: Kategorie explizite Prozesskoordination [Anrede, Handlungsanleitung, Strukturierung, Frage], Kategorien inhaltlicher Beiträge, Zusatzkategorien
Aktionsteams	Team-Beobachtung	(Mathieu et al., 2000)	Skala Koordination, Kommunikation, Kooperation
	Generische Teamwork Taxonomy	(Burke, 2005)	Skalen Kommunikation, Situationsbewusstsein, Entscheidungsfindung, Missionsanalyse, Führungsverhalten, Adaptivität, Durchsetzungsvermögen, Allgemeine Koordination, Wertebereich 1 bis 3
Aktionsteams	„Team Transactive Memory"-Index	(Moreland & Myaskovsky, 2000)	Beobachtung und Bewertung von Verhaltensweisen: „memory differentiation" „task coordination" „task credibility"
Aktionsteams Beobachtung	TARGET	(Fowlkes et al., 1994)	Beobachtung und Bewertung des Vorhandseins bestimmter Events auf Checkliste
Aktionsteams Beobachtung	SALIANT	(Bowers et al., 1998)	Beobachtbare Verhaltensweisen (relevant für Situationsbewusstsein), bspw. Report von Problemen, Demonstriert Wissen über die Aufgabe…

2.5 Zusammenfassung der Fragestellung der Arbeit

Kommunikation ist für Teams ein relevanter Meta-Prozess über den andere Teamarbeitsprozesse ermöglicht werden, beispielsweise indem sich Teampartner Rückmeldung zu ihrer Leistung geben. Kommunikation im Team ist das beobachtbare Verhalten. Merkmale dieses Verhaltens können objektiv beschrieben werden. Theoretische Modelle der Teamprozesse zeigen auf, dass deshalb über die Analyse der Teamkommunikation einerseits Unterschiede in der Teamleistung erklärt werden können. Andererseits ermöglicht die Analyse dieser Kommunikationsprozesse auch, auf die Ausprägung oder Veränderung kognitiver Zustände der Teampartner zu schließen. Dabei zielt die Kommunikationsanalyse darauf ab, die Ausprägung bestimmter Verhaltensweisen zu quantifizieren. Die grundlegende Annahme in der vorliegenden Arbeit ist, dass Teams gute Leistung in komplexen, dynamischen Aufgaben erzielen, wenn die Teampartner relevante Informationen zum richtigen Zeitpunkt austauschen. Die Arbeit hat deshalb das Ziel, leistungsrelevante Merkmale der Teamkommunikation in einer Lotsenaufgabe zu identifizieren. Dabei soll empirisch nachgewiesen werden, dass sich Teams mit guter und schlechter Leistung anhand ihres Verhaltens unterscheiden. Es wurden drei Fragestellungen abgeleitet:

Erstens, welches Kommunikationsverhalten sollte in einer Lotsenaufgabe prinzipiell gute Teamleistung fördern? Kommunikation soll die relevanten Funktionen der Teamarbeit ermöglichen, welche in einer Aufgabe erforderlich sind. Es ist anzunehmen, dass deshalb für die Lotsenaufgabe spezifische Verhaltensweisen analytisch hergeleitete werden können. Das generische Modell der Teamprozesse dient als Grundlage für ein Rahmenmodell effektiver Kommunikation. Es wird mit Informationen und Anforderungen zur Aufgabe des Teams am Beispiel des Konzepts des Sektorlosen Luftverkehrs angereichert. Auf Grundlage dieses Modells werden anschließend Metriken des Kommunikationsverhaltens abgeleitet.

Zweitens, in welchen Merkmalen des Kommunikationsverhaltens unterscheiden sich Teams mit guter und schlechter Leistung in der Lotsenarbeit tatsächlich? Das Rahmenmodell der Lotsenkommunikation wird auf Basis empirischer Daten validiert um die Metriken zu ermitteln, welche gute von schlechten Teams unterscheiden. Dazu wird eine Versuchsumgebung konzipiert, welche die Lotsenkommunikation abbildet. Auf diese Versuchsaufgabe wird das Rahmenmodell der Lotsenkommunikation angewendet. Das erwartete Kommunikationsverhalten wird mit dem beobachtbaren Verhalten realer Teams verglichen. Anschließend können die theoretisch-analytisch hergeleiteten, leistungsrelevanten Verhaltensweisen anhand der empirischen Ergebnisse abgeglichen werden.

Drittens, welchen Einfluss haben situative Faktoren, wie das Kommunikationsmedium und die gemeinsame Erfahrung als Team, auf das beobachtbare Kommunikationsverhalten und die Leistung der Teams? Zum einem ist der Erfolg von Kommunikation von einer gemeinsamen Verständnisbasis abhängig. Sowohl Erfahrung im Team, als auch das genutzte Kommunikationsmedium sind Faktoren, die auf dieses Verständnis einwirken und ebenfalls eine praktische Relevanz in der Fluglotsenaufgabe haben. Zum anderen sind diese Faktoren für die Durchführung von High-Fidelity-Studien zur Bewertung neuartiger Flugführungskonzepte wichtig. Unter Umständen müssen in größeren Studien einzelne Teampartner ausgetauscht werden und dadurch wird die Erfahrung des Teams beeinflusst. Der Einfluss des Kommunikationsmediums ist von Interesse, da Kommunikationsanalyse in der Datenaufbereitung und Datenauswertung arbeitsintensiv ist. Textbasierte Kommunikation verringert diesen Arbeitsaufwand, da bereits eine Dokumentation der Kommunikationsevents vorliegt.

3 ENTWICKLUNG EINES RAHMENMODELLS ZUR ANALYSE DER KOMMUNIKATION VON FLUGLOTSENTEAMS

Das beobachtbare Kommunikationsverhalten von Teams ist maßgeblich durch die Aufgabe bestimmt, welche die Teams bearbeiten. Deshalb wird in diesem Kapitel die Fluglotsenaufgabe hinsichtlich der Anforderungen an Teamarbeit und Kommunikation im Team analysiert. Anschließend werden Verhaltensweisen definiert, welche prinzipiell erforderlich sind, um die Aufgabe erfolgreich im Team zu bewältigen. Die Komplexität der Aufgabe wird dafür als Grundlage verwendet. Der erwartete Einfluss von Kommunikationsmedium und Erfahrung auf die Verhaltensweisen wird anschließend abgeleitet. Abschließend wird das Rahmenmodell effektiver Lotsenkommunikation aufgestellt.

3.1 ANALYSE DER ANFORDERUNGEN AN TEAMARBEIT VON FLUGLOTSEN

3.1.1 Ziele und Aufgaben eines Fluglotsens

3.1.1.1 Funktion der Flugsicherung an der Arbeitsposition Streckenflug- Lotse

Der Begriff „Lotse“ bezieht sich nicht auf das Geschlecht der Personen sondern die Funktion. Aus Gründen der Lesbarkeit wird ausschließlich die männliche Form verwendet. Fluglotsen sind für den sicheren und effizienten Verkehrsfluss in ihrem Zuständigkeitsbereich verantwortlich. Dabei ist das oberste Ziel, die Sicherheit des Verkehrs zu gewährleisten. Dies wird durch die „Separation“ gewährleistet, einen Sicherheitsabstand, den alle Luftfahrzeuge immer zueinander und zu anderen Objekten haben müssen. Für Flüge unter Instrumentenflugregeln ist der Lotse für die Einhaltung dieser Separation verantwortlich. Das zweite Ziel des Lotsen ist es, dabei einen möglichst effizienten Verkehrsfluss zu gewährleisten.

Während des Verlaufs eines Fluges sind verschiedene Arbeitspositionen für die Flugverkehrskontrolle zuständig. Bei Start und Landung ist der Tower-Lotse verantwortlich, während des Landeanflugs die Anflugkontrolle und im Streckenflug der Streckenlotse, EnRoute-Lotse genannt. Die grundsätzlichen Aufgaben sind gleich, allerdings unterscheiden sie sich bezüglich eines stärker planerischen (Streckenflug) oder reaktiven Verhaltens (Tower) (Dittmann, Kallus, & Van Damme, 2000). Lotsen arbeiten überwiegend in einem Team aus zwei Lotsen. Neben der Teilung der Aufgabenlast soll so das „Vier-Augen-Prinzip“ zur Sicherung der Güte von Entscheidungen operationalisiert werden. Je nach Sichtweise bilden Lotsen ebenfalls temporäre Teams mit den Piloten im Cockpit, da alle Anweisungen des Lotsen erst durch die Implementierung im Cockpit des Luftfahrzeugs durch den Piloten wirksam werden.

Um ihr Ziel zu erreichen, integrieren Lotsen mental verschiedene Informationsquellen zu einem sogenannten Verkehrsbild (Mogford, 1997). Das Verkehrsbild enthält ein Konzept der aktuellen Flugzeugbewegungen und der zukünftigen, zu erwartenden Flugbewegungen. Da die Aufgabe und die Randbedingungen dynamisch sind, muss das Verkehrsbild aktualisiert werden (Mogford, 1997). Das Verkehrsbild enthält eine Vorhersage der zu erwartenden Situation, so dass Lotsen vorausschauend Entscheidungen treffen können. Lotsen beschreiben diese Arbeitsweise so, dass sie dem Verkehr „voraus arbeiten“ (Moehlenbrink, Papenfuss, Friedrich, & Jipp, 2011). Auf Grundlage dieses Verkehrsbildes entscheidet der Lotse über notwendige Anpassungen der geplanten Flugabläufe.

Der Begriff, dass Flugzeuge einen Konflikt haben, bedeutet, dass die Vorhersage der Verkehrssituation zeigt, dass der Sicherheitsabstand unterschritten wird. Der Fall, dass die Annäherung tatsächlich eintritt, wird mit Separationsverletzung bezeichnet. Kennzeichnend für

die Entscheidungen von Fluglotsen ist der geforderte, hohe Sicherheitsstandard und daraus folgend die erforderliche Güte der Entscheidungen. Eine Daumenregel, die Fluglotsen in ihrem Training lernen, lautet „Don't base your decisions on assumptions".

Um Anpassung vorzunehmen, kommuniziert der Lotse mit den Piloten der entsprechenden Luftfahrzeuge, damit diese die Anweisungen umsetzen. Aus diesem Grund ergab eine Arbeitsanalyse von Fluglotsen, dass die Kommunikation über Funk in nahezu allen Aufgaben erforderlich ist (Schmidt et al., 2009) und auch von Fluglosten als die wichtigste Informationsquelle eingeschätzt wird (Papenfuss & Moehlenbrink, 2016). Der Lotse verifiziert die Durchführung der Anweisungen, und dokumentiert die Anweisungen. Außerdem reagiert der Lotse auf Anfragen der Piloten, beispielsweise wenn ein Pilot eine Änderung der Flughöhe aufgrund von Turbulenzen anfragt.

Außerdem koordinieren sich Lotsen mit anderen Lotsenpositionen. Dies erfolgt bei der Übergabe der Flugzeuge in einen anderen Zuständigkeitsbereich. Dabei werden die Intentionen und Wünsche der anderen Arbeitspositionen bei den eigenen Entscheidungen berücksichtigt. Beispiele sind hier die temporäre Schließung einer Landebahn an einem Flughafen durch den Tower-Lotsen, oder Wünsche eines Lotsen eines angrenzenden Sektors, auf welcher Flughöhe das Luftfahrzeug den Sektor verlassen sollte, um keine neuen Konflikte zu erzeugen. Diese Koordination erfolgt entweder mündlich oder bei einer größeren räumlichen Trennung telefonisch.

3.1.1.2 Der Anwendungsfall „Sektorloses Luftraummanagement" als neuartiges Konzept

Das Konzept des "Sektorloses Luftraum-Management" (Birkmeier, Tittel, & Korn, 2016) wurde entwickelt, um Personal effizienter einzusetzen. Aktuell ist ein Lotse, beziehungsweise ein Lotsenteam, während einer Schicht für einen bestimmten Bereich des Luftraums verantwortlich (Sektor). Befinden sich Flugzeuge in diesem Luftraum, dann führt der Lotse die oben beschriebenen Funktionen aus, um die Sicherheit und Effizient des Flugverkehrs zu garantieren. Vor allem das Überwachen, die Prädiktion des Verkehrs und das Erkennen von Konflikten beziehen sich auf den Sektor des Lotsen.

Übersteigt die erwartete Anzahl von Flugzeugen innerhalb eines Sektors einen Schwellwert, dann wird der Sektor aufgeteilt. Sinkt die Anzahl der Flugzeuge, dann werden Sektoren zusammengelegt. Über diesen Mechanismus wird aktuell die Anzahl der Lotsen an die Anzahl der Luftfahrzeuge angepasst. Die Effizienz dieses Konzepts ist jedoch dadurch begrenzt, dass Sektoren nicht beliebig geteilt und zusammengelegt werden können. Aus Sicht der Piloten führt eine zu kleinteilige Aufteilung zu unverhältnismäßig vielen Frequenzwechseln, inklusive der notwendigen Funksprüche. Außerdem erschwert diese Arbeitsweise die Implementierung von Flugführungskonzepten, bei denen der gesamte Flugverlauf eines Luftfahrzeuges optimiert werden soll.

In dem Konzept „Sektorloses Luftraummanagement" werden die Sektoren abgeschafft. Stattdessen ist ein Lotse, oder Lotsenteam, für den gesamten Flug durch einen Luftraum, zum Beispiel den deutschen Luftraum, verantwortlich und übernimmt diese Aufgabe für mehrere Flugzeuge. Simulationen und Tests haben ergeben, dass damit die gleiche Verkehrsmenge mit weniger Lotsen kontrolliert werden könnte (Birkmeier, Korn, & Flemisch, 2011).

Aus Sicht der kognitiven Aufgaben des Lotsens verändert das Konzept jedoch die oben beschriebenen Abläufe. Vor allem die Art und Weise, wie Lotsen ihr mentales Bild erstellen, ist wesentlich durch das Konzept verändert (Birkmeier et al., 2016). Flugzeuge, die einen –

prädizierten - Konflikt miteinander haben, sind nicht mehr komplett in der Verantwortung eines Lotsen, sondern mehrere Lotsen teilen sich diese Verantwortung (Birkmeier et al., 2011). Das Konzept sieht dafür eine Reihe an Maßnahmen vor. An erster Stelle steht die automatisch konfliktfrei generierte Trajektorie, dann folgen eine automatisierte Konflikterkennung und eine automatisierten Lösungsgenerierung. Als letzte Maßnahme werden Regeln und Standards für die Konfliktlösung erstellt. Für den Fall, dass keine der Maßnahmen greift oder auf die Situation angewendet werden kann, müssten sich die beiden Lotsen untereinander abstimmen.

Ein weiterer Parameter in dem Konzept ist die Zusammensetzung von Teams, welche die Verantwortung für eine bestimmte Anzahl von Luftfahrzeugen übernehmen und sich dementsprechend die erforderlichen Aufgaben teilen. Eine mögliche Teamkonstellation sieht vor, dass zwei Lotsen anstelle eines Lotsen gemeinsam für eine Menge an Flugzeugen verantwortlich sind. Das Team soll dabei helfen, die Beanspruchung besser zu regulieren und dadurch mehr Flugzeuge gleichzeitig kontrollieren zu können (Birkmeier et al., 2016). Die konkrete Ausgestaltung der Teamarbeit ist in dem Konzept aktuell noch offen. Im Zuge der Weiterentwicklung dieses Konzepts rücken die Teamarbeitsprozesse zwischen Lotsen stärker in den Fokus.

Für diese Arbeit ist vor allem die Situation von Interesse, bei der zwei Lotsen sich bei der Erarbeitung einer Konfliktlösung abstimmen müssen. Auch wenn das Konzept vorsieht, dass diese Situation eigentlich nicht auftreten soll, kann dies nicht ausgeschlossen werden. Bislang gibt es diese Form der Abstimmung innerhalb eines Lotsenteam nicht. In dem klassischen Lotsenteam wird zwischen Planungslotse bzw. Koordinator und ausführendem Lotsen („Executive“ genannt) unterschieden. Nur der Executive steht im Funkkontakt mit den Piloten und kann dadurch direkt ins Verkehrsgeschehen eingreifen. Demnach hat der Executive die finale Entscheidungshoheit für die Auswahl einer Konfliktlösung. Im Konzept des sektorlosen Luftraummanagements wären beide, am Konflikt beteiligten Lotsen, prinzipiell in ihren Rollen und Verantwortungen gleichgestellt.

3.1.2 Beschreibung der kognitiven Aufgaben eines Fluglotsen

Im Auftrag der europäischen Flugsicherungsbehörde EUROCOTNROL wurde eine kognitive Aufgabenanalyse des Lotsenarbeitsplatzes vorgenommen (Kallus, Van Damme, & Dittmann, 1999). Nach dieser Analyse unterteilt sich die beobachtbare Aufgabe der Lotsen während der Ausführung ihrer Tätigkeit in fünf Aufgabenprozesse: A) Übernahme einer Arbeitsposition und Aufbau des Verkehrsbildes, B) Überwachung, C) Bearbeiten des Routineverkehrs, D) Bearbeiten von Anfragen und Assistenz für Piloten sowie E) Konfliktlösung. Ein wichtiger kognitiver Steuerungsprozess ist das Wechseln der Aufmerksamkeit, da die Lotsentätigkeit generell eine Multitasking-Aufgabe ist. Innerhalb dieser Aufgabenprozesse identifizierten die Autoren weitere vier kognitive Sub-Prozesse: 1) Aktualisierung des mentalen Verkehrsbildes, 2) Überprüfen, 3) Suche nach Konflikten und 4) Erteilen von Anweisungen (Kallus et al., 1999). Der identifizierte Zusammenhang ist in Abbildung 10 dargestellt. Jedes Dreieck steht dabei für einen Aufgabenprozess. Die Zahlen in den Dreiecken zeigen die darin identifizierten Sub-Prozesse. Der Steuerungsprozess „Wechsel der Aufmerksamkeit“ ist unten links als gestricheltes Dreieck dargestellt.

Teamarbeit und Kommunikation mit Teammitgliedern ist ein weiterer Prozess auf der Verhaltensebene, der in der Analyse von Kallus (1999) allerdings nicht dediziert in die Aufgabenbeschreibung aufgenommen wurde. Für die Aufgaben und Sub-Prozesse, welche das Suchen und Lösen von Konflikten und den Umgang mit hoch beanspruchenden Situationen

beinhalten, wurden jedoch Anforderungen an kognitive Aspekte der Teamarbeit herausgearbeitet, die im Anschluss in Kapitel 3.1.3 dargestellt werden.

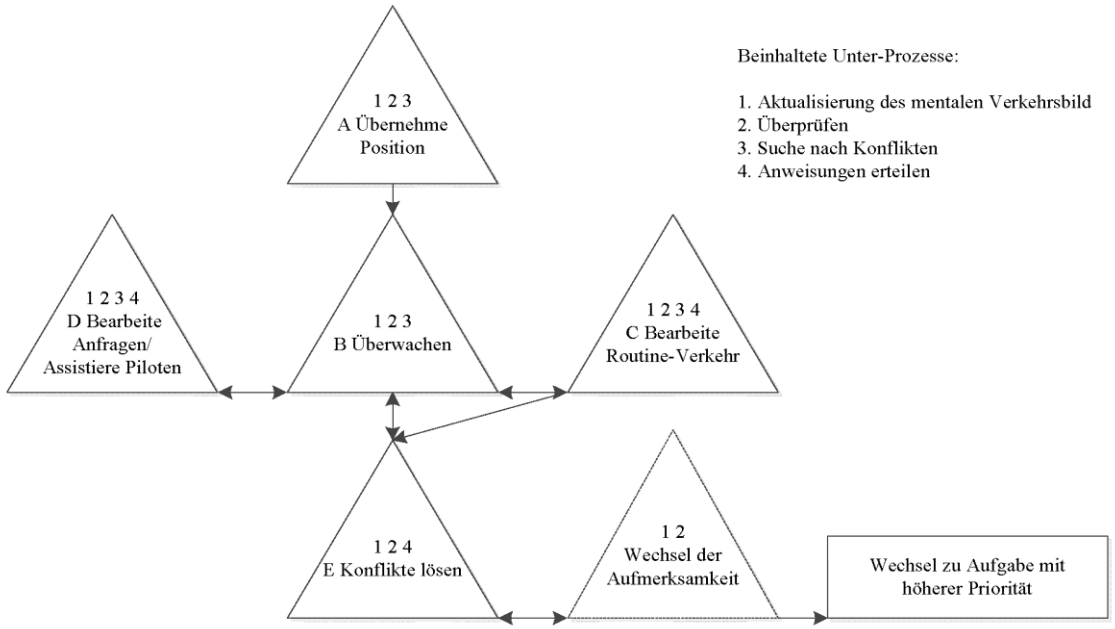


Abbildung 10 Visualisierung der kognitiven Aufgabenprozesse der Lotsenaufgabe, Abbildung adaptiert und übersetzt von Kallus, van Damme und Dittmann, 1999, S. 38.

Überwachen (B, Monitoring) ist eine grundlegende Aufgabe des Fluglotsen (Kallus et al., 1999; Moehlenbrink et al., 2011). Ziel für den Lotsen ist es, Handlungsbedarf frühzeitig zu erkennen. Das Suchen nach (potentiellen) Konflikten ist ein Subprozess der Monitoring-Aufgabe (Kallus et al., 1999). Besonders in der Arbeitsumgebung des Tower-Lotsen, aber auch im Cockpit an der Arbeitsposition des Piloten, beinhaltet das Überwachen das Integrieren verschiedener Informationsquellen. Für den Lotsen sind der Radar-Bildschirm mit Flugzeugpositionen und Daten, geplante Flugabläufe (Flugpläne), Informationen über Funk von den Piloten sowie Informationen über Telefon oder Gegensprechanlage mit angrenzenden Arbeitspositionen die Informationsquellen, die zu einem Verkehrsbild integriert werden müssen.

Die *Suche nach Konflikten* ist ein wesentlicher Sub-Prozess der Flugsicherungsaufgabe. Dabei ist es das Ziel, auf Basis der Informationen aus dem Prozess „Überwachen“ sowie des mentalen Verkehrsbildes mit der Prädiktion des Verkehrsverlaufs Konflikte zu antizipieren. Wenn ein Konflikt erkannt wird, dann nicht, weil dieser bereits besteht (d.h. es liegt noch keine Separationsverletzung vor), sondern dass dieser Konflikt eintreten wird, wenn keine Änderungen durch den Lotsen vorgenommen, beziehungsweise angewiesen werden. Die Suche nach Konflikten erfordert, dass der Lotse die relevanten Daten zur Bewertung der Situation extrahiert, d.h. Flughöhe (Level), Zeit, Route und Geschwindigkeit. Diese Extraktion der Daten besteht im Scannen der Informationsquellen, aber auch im Anfragen nach Informationen.

Der Unterprozess *Lösen der Konflikte (E)* startet, sobald ein Konflikt erwartet wird. Es obliegt der Entscheidung des Lotsen, wann er zur Lösung des Konfliktes eingreift. Für die Lösungen greifen Lotsen auf Erfahrungen zurück. Dabei werden die Sicherheit, die Effizienz der Lösung und die Beanspruchung bewertet. Außerdem müssen die Fähigkeiten der Flugzeuge berücksichtigt werden. So ist der Spielraum bezüglich der Geschwindigkeitsanpassung im Reiseflug gering. Im oberen Luftraum würden Lotsen Routenanpassungen bevorzugen, im Anflugbereich eher über Geschwindigkeitsveränderungen Konflikte lösen. Das Lösen der

Konflikte beinhaltet auch, dass Anweisungen gegeben werden und die Effektivität der Lösung überprüft wird, das heißt, ob der potentielle Konflikt gelöst ist.

Die Prozesse „*Bearbeite Anfragen*“ (D) und „*Bearbeite Routine-Verkehr*“ (C) haben andere Trigger als der Prozess „Konflikte lösen“. Sie bestehen aber ebenfalls aus den Unterprozessen der Suche nach Konflikten (Situationsbewertung) und Lösen der Konflikte, im Sinne einer Planerstellung. Dieser Plan beschreibt, zu welchem Zeitpunkt die Anfragen und Routine-Aufgaben am besten umzusetzen sind und berücksichtigt dabei die zu erwartende Beanspruchung.

3.1.3 Beobachtbares Kommunikationsverhalten von Fluglotsenteams

Die Aufgabenanalyse (Kallus, Barbarino, & Van Damme, 1998) legt den Schwerpunkt auf die kognitiven Prozesse der Fluglotsen auf individueller Ebene. Der Einfluss von Teamarbeit auf diese Prozesse wurde vereinzelt dargelegt, aber nicht spezifisch zusammengefasst. Die verbalen Beschreibungen der Aufgabenanalyse werden im Folgenden unter dem Gesichtspunkt der Teamprozesse und des beobachtbaren Kommunikationsverhaltens von Fluglotsenteams zusammengefasst. Ergänzend werden Ergebnisse aus der Literatur, sowie aus einer Simulationsstudie mit Fluglotsenteams herangezogen. Um das beobachtbare Teamverhalten von Lotsenteams besser zu verstehen, wurden Beobachtungen und Interview-Daten einer Simulationsstudie für diese Arbeit analysiert (Meinecke, 2013). Die Studie hatte das Ziel, realitätsnahe Simulationsszenarien zur Bewertung der menschlichen Leistungsfähigkeit im Tower-Bereich zu gestalten und zu prüfen. Die Arbeitsweise von Lotsen als Team (Platzlotse plus Koordinator) war deshalb ein spezieller Untersuchungsaspekt. Im Anschluss an die Versuche wurde ein Interview mit den zwei Lotsen durchgeführt, um spezielle Verhaltensweisen (Critical Incidents) zu identifizieren, welche aus operationeller Sicht gute Teamarbeit definieren (S. Walker & Truly, 1992). Die Critical Incidents beziehen sich auf Teams mit zwei Mitgliedern. Es wurde gezielt nach Verhaltensweisen und Interaktion gefragt. Da die Aufgabenanalyse die gleichen kognitiven Prozesse für Fluglotsenteams im Streckenflug-, Anflug- und Tower-Bereich identifizierte, welche jedoch unterschiedlich stark gewichtet sind (Kallus et al., 1998), sind die Ergebnisse übertragbar.

Teamarbeit wurde in der Aufgabenanalyse zum einen als Strategie zum Umgang mit beanspruchenden Verkehrssituationen beschrieben (Kallus et al., 1999). Zum anderen kann die temporäre Zusammenarbeit von Piloten und Lotse als Teamarbeit verstanden werden. Indem Lotsen den Piloten Anweisungen geben, setzen sie Luftfahrtregeln um, die national durch die Deutsche Flugsicherung als Betriebsanweisungen formuliert sind. Kommunikation mit Piloten ist deshalb ein wesentliches, beobachtbares Kommunikationsverhalten in der Fluglotsenaufgabe. Diese Kommunikation wird durch den Unterprozess 4) „*Anweisungen erteilen*“ beschrieben (Kallus et al., 1998). Der Prozess beinhaltet die Interaktion mit dem Piloten, damit dieser die notwendigen Anpassungen am Flugverhalten vornimmt. Über die Kommunikation mit Piloten erhalten Fluglotsen ebenfalls relevante Informationen zur Überwachung und Erkennung von Konflikten. Die Interaktion ist hoch standardisiert (ICAO, 2001) und folgt einer gemeinsamen Phraseologie und „Standards and Recommended Practices“ (SARPs). Durch die Standardisierung entsteht eine starke Erwartungshaltung beziehungsweise Antizipation. Dadurch ist die Verständlichkeit gewährleistet und Missverständnisse werden trotz schlechter Qualität der Funkverbindung (starkes Rauschen, unterschiedliche Sprachen) verhindert. Außerdem soll die Interaktion möglichst kurz sein, um die Kanalbelegungszeit zu minimieren und den Kanal für eventuelle Notfälle „offen“ zu halten. Die SARPs beinhalten ein Zurücklesen der Anweisung durch den Piloten, so dass der Lotse überprüfen kann, ob die

Anweisung korrekt verstanden wurde. Ein wesentlicher Teil der beobachtbaren Lotsenkommunikation ist deshalb stark geregelt, hinsichtlich wer mit wem über was redet. Dennoch hat der Lotse den Entscheidungsspielraum, wann er welche Lösungsstrategie für einen Konflikt anweist oder Informationen anfragt.

Teamarbeit wird in Fluglotsenteams ebenfalls zur Regulierung der Beanspruchung eingesetzt. Durch die Aufgabenteilung soll das Erkennen und Lösen von Konflikten erleichtert werden. Eine stillschweigende Übereinkunft zwischen den Teammitgliedern gilt als erstrebenswert (Kallus et al., 1999, S. 71). Lotsen bevorzugen Teampartner, welche einen vergleichbaren Arbeitsstil, eine vergleichbare Einstellung gegenüber der Arbeit und gleiche Präferenzen bei Lösungsstrategien haben. Positiv für Teamarbeit ist, wenn beide Teampartner ähnliche Vorstellungen haben, wie Situationen generell bearbeitet werden. So sollten beide Teampartner darin übereinstimmen, ob sie eher reaktiv handeln, oder pro-aktiv Problem erkennen und lösen. Auch bei der Entscheidung, ob Luftfahrzeuge direkt oder über Umwege geführt werden, sollten beide Teampartner gleiche Präferenzen haben. Auf Ebene der kognitiven Prozesse und Konstrukte sind vergleichbare TMM und eine vergleichbare Antizipation der Verkehrssituation für eine effiziente Teamarbeit notwendig (Kallus et al., 1999).

Teamarbeit wurde von den Lotsen außerdem als „Service-Gedanke“ beschrieben; wobei im konventionellen Fluglotsenteam der Koordinator dem Platzlotsen untergeordnet ist. Als unterstützende Verhaltensweisen wurden beschrieben: pro-aktives Erledigen von Aufgaben, dem Teampartner die Aufgabe leichter machen, das heißt, bei eigenen Entscheidung die dadurch entstehenden Aufwände bei dem Teampartner mit berücksichtigen. Außerdem berücksichtigen Lotsen bei der Wahl von Konfliktlösungen die Auswirkung auf die Beanspruchung von benachbarten Arbeitspositionen (Kallus et al., 1999).

Da eine stillschweigende Übereinkunft als wünschenswert angesehen wird und die Aufgabenverteilung im Team klar geregelt ist, ist auf Verhaltensebene keine Kommunikation zwischen Fluglotsenteams über Aufgaben oder Zuständigkeiten zu erwarten. Eine Feldstudie mit einer Analyse der Teamarbeit von Fluglotsenteams bestätigt diese Annahme (Furuta et al., 2009). Die Studie zeigte außerdem, dass Fluglotsenteams vor allem in Situationen mit mehreren Handlungsoptionen ihre Interpretation der Situationen kommunizierten (Furuta et al., 2009). Die Teampartner glichen ihr Verkehrsbild ab, das heißt die Einschätzung der Situation und die mögliche Entwicklung, bevor sie eigene Planungen vornehmen. Diese Analyse der Situation umfasst auch die Kommunikation über erwartete Konflikte (Kallus et al., 1998). Teammitglieder besprechen das Vorgehen in der Konfliktlösung (Kallus et al., 1998) sowie eine generelle Vorgehensweise bei einer neuen Aufgabe.

Während der Bearbeitung der Aufgabe in der Simulationsstudie (Meinecke, 2013) informierten sich Teammitglieder über geplante, beziehungsweise getätigte Aktionen. Dabei selektierten sie jedoch stark und kommunizierten nur die Aktivitäten und Entscheidungen, die der Teampartner nicht selber wahrnehmen konnte. Irrelevante Informationen, welche keinen Informationsgewinn darstellten, wurden nicht kommuniziert und bewusst weggelassen. Speziell in Situationen mit hoher Beanspruchung und dadurch hohem Kommunikationsaufwand mit Piloten, kommunizierten Lotsenteams überwiegend non-verbal und koordinierten sich außerdem implizit, das heißt ohne beobachtbare Kommunikation (Papenfuss, 2013).

3.2 Ableitung der Kriterien guter und schlechter Kommunikation im Lotsenteam

Auf Grundlage der Arbeitsanalysen und dem beobachtbaren Kommunikationsverhalten von Fluglotsenteams werden in diesem Kapitel Kriterien guter Teamkommunikation analytisch abgeleitet. Die Arbeit von Fluglotsen kann als überwiegend kognitive Aufgabe eingeordnet werden, wobei Lotsen im Team Entscheidungen treffen und umsetzen müssen. Nach McGraths Kategorisierung (Vgl. Abbildung 2) entsprechen die Fluglotsenaufgaben Aufgaben des Intellekts (Typ 3) und der Entscheidungsfindungen (Typ 4). Außerdem sind Lotsenteams Aktions-Team, da die Ausführung der Aufgaben entscheidend ist (Vergleich Begriffsdefinition in Kapitel 2.1.2). Typische Schwierigkeiten von Aktions-Teams sind der Zeitdruck bei Umplanungen, die Notwendigkeit eines gemeinsamen Verständnis der Situation und das Lenken der Aufmerksamkeit sowie das Management von Informationen (Klein, 2000, S. 418 f.).

3.2.1 Begründung des Vorgehens und Begriffsdefinition

Die Aufgabe eines Teams und die konkreten beobachtbaren Verhaltensweisen eines Teams stehen in Zusammenhang. Teams erfüllen die Anforderungen einer Aufgabe, indem sie ihre Arbeitsschritte (Taskwork) koordinieren. Für diese Koordination werden Teamprozesse und kognitive Konstrukte, wie Mentale Modelle und Kommunikation als Meta-Prozess verwendet. Über ihr spezifisches Kommunikationsverhalten können Teams die Komplexität einer Aufgabe bewältigen. Das Kommunikationsverhalten eines Teams muss deshalb an die Komplexität der Teamaufgabe angepasst sein um eine gute Leistung zu erreichen. Deshalb wird auf Basis der Aufgabenkomplexität potentiell leistungsförderndes Kommunikationsverhalten abgeleitet. Diese leistungssteigernden Verhaltensweisen werden in dieser Arbeit a priori festgelegt und stützen sich dabei auf Entscheidungsprinzipien. Dieses Vorgehen wird im Abschnitt 3.2.1.3 dargelegt. Im Anschluss werden die Hypothesen abgeleitet.

3.2.1.1 Aufgabenkomplexität

Als Ansatz für die weitere Abstraktion der Fluglotsen-Aufgabe wird der Begriff der Komplexität verwendet (Wood, 1986). Aufgaben können demnach analytisch auf drei Ebenen von Komplexität beschrieben und verglichen werden: Komponenten-Komplexität, Dynamische Komplexität und Koordinative Komplexität (Wood, 1986). Aufgaben bestehen aus den drei Elementen Produkte, Aktivitäten und Informationen bzw. Hinweise. Die drei Ebenen leiten sich aus dem Verhältnis notwendiger Aktivitäten und essentieller Informationen ab, welche benötigt werden, um das Produkt einer Aufgabe zu erhalten. Die Komponenten-Komplexität beschreibt die Menge erforderlicher Aktivitäten und zu verarbeitender Informationen, um das Produkt zu erreichen. Die dynamische Komplexität beschreibt, inwieweit sich durch eine veränderte Umwelt beziehungsweise Situation, der Zusammenhang zwischen Aktivitäten und Produkt einer Aufgabe verändert. Die Koordinative Komplexität erfasst, inwieweit die Ausführung der Aktivitäten dabei einer bestimmten Reihenfolge unterworfen ist und inwieweit Aktivitäten auf die Erfüllung anderer Aktivitäten angewiesen sind. Wood wendet die Kategorisierung exemplarisch auf die Fluglotsenaufgabe an und quantifiziert die drei Komplexitäten. In dieser Arbeit werden die Begriffe qualitativ verwendet, mit dem Ziel erfolgreiche Verhaltensweisen zum Umgang mit dieser Komplexität zu identifizieren. Dabei gilt die Annahme, dass die Arbeitsweisen eines Fluglotsen, bzw. allgemeiner eines Operateurs, in einer bestimmten Aufgabe an deren Komplexität angepasst sind. Erfolgreiche Arbeitsweisen minimieren die Komplexität beziehungsweise die entstehenden Anforderungen.

3.2.1.2 Entscheidungsprinzipien und normative Modelle

Entscheidungen sind Aufgaben, die mit Risiko und Unsicherheit verbunden sind. Eine Entscheidung kann in drei Schritte gegliedert werden: dem Sammeln und Wahrnehmen von Informationen und Hinweisen, der Generierung und Auswahl von Situationsbewertungen und der Planung und Auswahl von Handlungsalternativen, basierend auf wahrgenommenen Kosten und Nutzen der verschiedenen Ergebnisse (Wickens, 2003). Gute Entscheidungsfindung wird daran gemessen, inwieweit die getroffene Entscheidung das Risiko minimiert. Entscheidungsaufgaben können dabei anhand der zur Verfügung stehenden Zeit sowie der Menge an zu verarbeitenden Informationen und der Unsicherheit charakterisiert werden.

Es gibt zwei Ansätze diese Entscheidungsprozesse abzubilden – rationale oder normative Modelle und deskriptive Modelle (Stanovich & West, 1998). Deskriptive Modelle nutzen Daten aus der Beobachtung menschlichen Entscheidungsverhaltens in bestimmten Situationen und leiten daraus typische Verhaltensweisen ab. Rationale oder theoretisch begründete Modelle beschreiben idealtypische Entscheidungsprozesse, wobei speziell für die Situationsbewertungen und die Implementierung von Handlungsoptionen Prinzipien angenommen werden, die von Systementwicklern, Designern oder Wissenschaftlern als ideal, beziehungsweise optimal für die Erfüllung der Aufgabe identifiziert wurden (Wickens, 2003). Degradierte Leistung wird dabei durch die Abweichungen im Verhalten der menschlichen Entscheider von den normativen Entscheidungsmodellen begründet.

Entscheidungsmodelle, die auf Nützlichkeit als Prinzip aufbauen, werden auch als normative Modelle bezeichnet (Wickens, 2003). Nützlichkeit beschreibt dabei entweder eine Maximierung der Gesamtlösung, die Berücksichtigung der Wahrscheinlichkeit eines erwarteten Ertrags oder eine individuell erwartete Nützlichkeit (Wickens, 2003). Obwohl diese Modelle eine Norm voraussetzen, werden sie nicht als endgültig angesehen. Empirische Daten werden ebenfalls verwendet, um die Modelle anzupassen beziehungsweise die Grundannahmen zu prüfen (Hackmann, 1983). Der Unterschied der als normativ bezeichneten Modelle zum deskriptiven Ansatz liegt darin, dass vorab ideale Verhaltensweisen definiert werden.

Normative Modelle zur Bewertung menschlichen Verhaltens werden kritisiert, da menschliche Entscheidungsfinder nicht zwangsläufig die identischen Entscheidungsprinzipien heranziehen müssen, welche die Designer einer Aufgabe und der Modelle verwendeten. Studien im Bereich des „Naturalistic Decision Making“ haben gezeigt, dass menschliche Entscheidungsfinder unter Zeitdruck, mit Erfahrung und situative Umstände berücksichtigend, keine umfassende Gesamtbewertung und Optimierung des Problems vornehmen, sondern die erste passende Handlungsoption wählen und damit gute Leistung erreichen (Klein, Calderwood, & Clinton-Cirocco, 2010).

Der Vorteil normativer Modelle liegt darin, dass a priori Erwartungen über Verhaltensweisen abgeleitet werden können und das empirische Verhalten mit dem erwarteten Verhalten verglichen werden kann. Die beobachteten Unterschiede können wiederum mit der beobachteten Leistung in Verbindung gebracht werden. In dieser Arbeit werden für die Beobachtung und Bewertung des Kommunikationsverhaltens von Fluglotsenteams Verhaltensweisen a priori definiert, die zu guter Leistung, als aggregiertes Maß der Entscheidungsgüte, führen sollten. Einen vergleichbaren Ansatz wählten Bruder und Kollegen (2013) für die Analyse des Blickbewegungsverhaltens in einer Mikrowelt-Aufgabe. Sie erstellten a priori ein Modell angemessener Überwachung und überprüften das Verhalten von Probanden auf Übereinstimmung. Dies ermöglichte ihnen, Operateure mit angemessenen Monitoring von Entscheidungsfindern zu unterscheiden, die kein angemessenes

Überwachungsverhalten zeigten. Demnach ermöglichen diese vorab definierten Modelle, die Ähnlichkeit empirischer Verhaltensweisen und die Abweichung von erwartetem Verhalten zu bestimmen und zu quantifizieren.

In dieser Arbeit wird der Begriff eines Rahmenmodells verwendet. Dieses Rahmenmodell definiert vorab erwartete, potentiell leistungssteigernde Verhaltensweisen. Für deren Definition werden Entscheidungsprinzipien angenommen. Die Ableitung des Modells beruht auf der Annahme, dass eine idealtypische Bearbeitung der Lotsenaufgabe rational auf Grundlage von Wissen über die Aufgabe und Ziele der Aufgabe bestimmt werden kann. Der Fokus der Modellbildung liegt darauf, begründete Annahmen über erwartetes Verhalten zu treffen, mit dessen Hilfe beobachtetes Verhalten verglichen werden kann.

3.2.1.3 Entscheidung zur Kommunikation

Eine wesentliche Entscheidung von Fluglotsen bei Aufgaben, die im Team bearbeitet werden, ist, ob mit dem Teampartner explizit kommuniziert wird oder nicht. Die Entscheidung erfolgt dabei auf individueller Ebene. Bezogen auf die Entscheidung, ob Teampartner in einer Situation interagieren oder nicht, wird für diese Arbeit ein Entscheidungsprinzip definiert. Es wird aus den genannten positiven Verhaltensweisen aus Kapitel 3.1.3 abgeleitet. Kommunikation beansprucht Ressourcen, die in dieser Zeit nicht für andere Aufgaben zur Verfügung stehen. Kommunikation ist mit Kosten verbunden (Macmillan, Entin, & Serfaty, 2004). Die Verhaltensweisen von Fluglotsenteams und die Erwartung an gute Teamarbeit legen nah, dass diese Kosten der Koordination als sehr hoch angesehen werden.

Der Nutzen von Kommunikation sind die Informationen, das heißt der interpretierte Inhalt der übermittelten Nachricht. Informationen werden als nützlich definiert, wenn sie die Unsicherheit bei der Einschätzung der Situation minimieren. Bezogen auf die Aufgaben der Fluglotsen betrifft dies das frühzeitige Erkennen von Konflikten und die Auswahl von Lösungsoptionen.

Es wird angenommen, dass für die individuelle Entscheidung, ob kommuniziert oder auf Basis vorhandener Informationen agiert wird, der Nutzen der erwarteten Information gegen die Kosten zur Produktion der Kommunikationsevents und die Kosten einer inadäquaten Entscheidung aufgewogen wird.

3.2.2 Umgang mit Komponenten-Komplexität

Im Bereich Komponenten-Komplexität ist die Lotsenarbeit dadurch gekennzeichnet, dass mehrere Informationsquellen verfügbar sind, welche in das gemeinsame Verkehrsbild integriert werden müssen. Diese Komplexität führt dazu, dass bei einer höheren Verkehrsmenge Lotsen als Team arbeiten, die Aufgaben aufteilen und redundant den Verkehr überwachen. Gleichzeitig ist die Lotsenarbeit durch eine hohe Standardisierung geprägt, welche die Komponenten-Komplexität wiederum reduziert. Dies führt dazu, dass die Interaktion der Lotsen durch Regeln und eine bestimmte Phraseologie geprägt ist. Diese Regeln müssen eingehalten werden.

Die hohe Anzahl von Informationsquellen, die zu einem kohärenten Bild integriert werden müssen, wird als wesentliches Merkmal der Lotsenaufgabe hinsichtlich der Komponentenkomplexität gewertet. Für Entscheidungen müssen Informationen verschiedener Informationsquellen integriert werden, welche unter Umständen auf mehrere Arbeitspositionen verteilt sind. Leistungssteigerndes Verhalten von Teams in diesen Umgebungen beinhaltet: "[…] team members must (a) effectively gather all information available to them that impacts upon their particular sub-task function, (b) determine the amount of information that should be

passed on to the rest of the team, and (c) communicate the chosen information effectively" (Bowers, Urban, & Morgan, 1992, S. 19).

Auf Basis eines integrierten mentalen Verkehrsbildes treffen Lotsen ihre Entscheidungen. In der Literatur wird auch der Begriff des Situationsbewusstseins (SA) für Entscheidungsfindung in dynamischen Umgebungen verwendet. Adäquates Situationsbewusstsein ist die Basis für gute Entscheidungen. In der gängigsten Definition von Situationsbewusstsein durch Endsley (1995) werden die drei Level Informationswahrnehmung, Informationsverstehen und Projektion differenziert. Für die Basis des Situationsbewusstseins, der Wahrnehmung, wird definiert, dass „a person's perception of the relevant elements in the environment, as determined from system displays or directly by the senses, forms the basis for his or her SA (Endsley, 1995, S. 34)". Für die Bewertung und Projektion der aktuellen Situation werden also nicht alle, sondern relevante Informationen benötigt. Demnach gibt es auch irrelevante Informationen, beziehungsweise Signale.

Für diesen Bereich der Komplexität wird die folgende Hypothese aufgestellt:

> *H1: Teams mit guter Leistung in der Konflikterkennung tauschen überwiegend relevante Informationen aus.*

Die Selektion der relevanten Informationen kann bewusst oder unbewusst erfolgen. Diese Definition erfordert natürlich eine weitere Definition, nämlich die der Relevanz von Informationen. Für die Arbeit wurde der Begriff der „relevanten Information" definiert, als dass relevante Information die Mehrdeutigkeit einer Situation reduzieren. Irrelevante Information haben keinen Nachrichtenwert, da sie nicht die Mehrdeutigkeit einer Situation reduzieren.

Tabelle 5 Schema für die Bewertung der Selektion und mögliche Auswirkungen fehlerhafter Selektion (grau hinterlegte Felder)

		Information kommuniziert	
		ja	nein
Information relevant	ja	Information hat Mehrwert, verringert Mehrdeutigkeit der Situation	Luftfahrzeug wird ignoriert | Situation wird nicht eindeutig analysiert Mögliche Folge: Konflikt wird nicht rechtzeitig erkannt inadäquate Maßnahme eingeleitet
	nein	Information irrelevant | redundant Mögliche Folge: Aufgabenlast wird erhöht Ablenkung von relevanten Informationen und Aufgabenschritten	korrekte Selektion; Information hatte keinen Nachrichtenwert

Die Relevanz der Flugdaten dient als Kriterium für die Selektion von Informationen, die kommuniziert werden müssen. Selektion ist beobachtbares Verhalten, da erfasst werden kann, ob Informationen kommuniziert werden oder nicht. Erfolgt keine Selektion, ist die Menge zu kommunizierender und zu verstehender Informationen hoch. Durch dieses Verhalten wird Arbeitslast erzeugt, was dazu führen kann, dass einerseits relevante Informationen überhört oder übersehen werden und andererseits für nachfolgende Aufgaben nicht ausreichend kognitive Ressourcen zur Verfügung stehen. Vor allem in Situationen mit hoher Aufgabenlast steigt das Risiko, dass ein Informationsüberfluss zu einer Verschlechterung der Leistung führt.

In Tabelle 5 wird das Schema für die weitere Bewertung der Selektion zusammengefasst. Die positiven Effekte von Selektion bezogen auf die Bearbeitung der Aufgabe sind die Reduzierung der Aufgabenlast, das Fokussieren auf relevante Konflikte sowie das Freihalten des Kommunikationskanals für Notfälle.

Selektion kann auch negative Effekte auf Leistung haben. Speziell wenn relevante Informationen nicht kommuniziert werden, fehlt die Informationsgrundlage um Situationen korrekt zu analysieren. Konflikte könnten damit nicht als solche erkannt werden, beziehungsweise es könnten unnötige Konfliktlösungen vorgenommen werden, welche die Aufgabenlast erhöhen.

3.2.3 Umgang mit dynamischer Komplexität

Hinsichtlich der dynamischen Komplexität ist die Lotsenaufgabe dadurch gekennzeichnet, dass sich die zu überwachende Situation permanent verändert. Eine Herausforderung der Aufgabe besteht darin, dass der Verkehrsfluss nicht ohne weiteres gestoppt werden kann. Entscheidungen müssen deshalb schnell, aber dennoch korrekt getroffen werden und die Informationsquellen müssen ständig überwacht werden.

Im Bereich der Dynamischen Komplexität wurden deshalb zwei positive Verhaltensweisen der Teamarbeit identifiziert: frühzeitiges Monitoring, um auch Konflikte frühzeitig erkennen zu können sowie pro-aktives Informieren.

3.2.3.1 Frühzeitige Konflikterkennung durch frühzeitiges Monitoring

Wie die Analyse der Lotsenaufgabe zeigt, ist das frühzeitige Erkennen potentieller Konflikte wünschenswert. Je früher ein Konflikt als solcher erkannt wird, desto mehr Lösungsoptionen stehen zur Verfügung. Lotsen arbeiten unter anderem genau deshalb im Team, damit der Planungslotse frühzeitig die potentiellen Konflikte erkennt und Lösungsoptionen erarbeitet (Kallus et al., 1999).

Eine Strategie zum Umgang mit der dynamischen Komplexität ist der Austausch relevanter Informationen zum richtigen Zeitpunkt. Gorman et al. (2006) beschreiben die Anforderung an den Zeitpunkt des Informationsaustauschs: „Adaptive and timely information sharing does not mean that everybody has access to the same information at the same time, but means communicating the right information (and no more than this) to the right person at the right time" (Gorman et al., 2006, S. 1323).

Der Begriff des richtigen Zeitpunkts steht dabei in Zusammenhang mit dem Kriterium der Relevanz von Informationen. Werden Informationen zu früh kommuniziert, sind sie nicht relevant, da das Luftfahrzeug beispielsweise noch keinen potentiellen Konflikt hat. Nichtsdestotrotz kann davon ausgegangen werden, wenn relevante Informationen frühzeitig im Team verfügbar sind, dass nachfolgende Schritte, wie Konfliktlösung effektiver implementiert werden können. Erfolgt der Informationsaustausch zu spät, wird der Konflikt entweder nicht vor dem Auftreten der tatsächlichen Separationsverletzung erkannt oder die Situationsanalyse erfolgt so spät, dass für die Konfliktlösung Optionen fehlen (Oberheid et al., 2011).

Informationsaustausch, der zu früh erfolgt, kann sich negativ auf die Leistung auswirken, da Informationen noch nicht relevant sind aber im Gedächtnis gespeichert werden müssen. Unter Umständen müssen Informationen für die Situationsanalyse wiederholt werden, was zusätzliche Kommunikation erfordert und damit Aufgabenlast erhöht. Bezogen auf die dynamische Komplexität der Aufgabe wird deshalb die folgende Hypothese aufgestellt:

> *H2: Teams mit guter Leistung in der Konflikterkennung tauschen Informationen frühzeitiger aus als Teams mit schlechter Leistung.*

3.2.3.2 Pro-aktives Informieren spart Zeit

Die Lotsenaufgabe ist sehr dynamisch und erfordert, dass Entscheidungen schnell getroffen werden. Deshalb ist eine effiziente Koordination der Teampartner erforderlich. Studien untersuchten den Einfluss von Stress durch Zeitdruck auf die Verhaltensweisen von Teams (Entin & Serfaty, 1999; Serfaty et al., 1993). Nach der Hypothese der Autoren adaptieren sich Teams an veränderte situative Bedingungen durch eine Anpassung ihrer Verhaltensweisen.

Eine effektive Strategie zur Koordinierung des Teams unter Zeitdruck war dabei die Antizipation des Informationsbedarfs welche sich im pro-aktiven Kommunizieren von Informationen zeigte. Pro-aktiv ist dabei so definiert, dass Informationen ohne vorherige Anfrage kommuniziert werden. In den Studien wurde das Maß an Antizipation durch das Verhältnis der Menge von Fragen zu Informationstransfers errechnet. Ein Wert größer eins bedeutet, dass mehr Informationen als Fragen verfügbar sind und damit eine Antizipation des Informationsbedarfs erfolgte (Entin & Serfaty, 1999). Bezogen auf die Komponenten-Komplexität wird dritte Hypothese aufgestellt:

> *H3: Teams mit einem höheren Anteil an pro-aktivem Informationsaustausch haben eine bessere Leistung.*

3.2.4 Umgang mit koordinativer Komplexität

Die koordinative Komplexität der Lotsenaufgabe ist ebenfalls hoch, da das übergeordnete Ziel nicht durch eine Einzelperson erreicht werden kann sondern nur durch die Koordination mit Anderen. Dies bedeutet, dass Entscheidungen mit angrenzenden Arbeitspositionen abgestimmt werden müssen und bedeutet auf Verhaltensebene, dass Handlungen abgesprochen werden müssen. Außerdem müssen Informationen zur Situationsanalyse eingeholt beziehungsweise weitergegeben werden. Speziell die Abstimmung zwischen Pilot und Lotse ist dabei hoch standardisiert.

Die koordinative Komplexität der Aufgabe beinhaltet außerdem, dass der Erfolg der individuellen Prozesse der Teammitglieder zeitlich und inhaltlich voneinander abhängig ist. Individuelle Prozesse der Lotsenaufgabe sind die Analyse der Situation sowie Implementierung der Konfliktlösungen. Ohne Abstimmung mit dem Teampartner erfolgen individuelle Maßnahmen auf Basis unsicherer und unvollständiger Informationen und können sich unter Umständen gegenseitig aufheben. Allerdings erfordern die Dynamik der Aufgabe und die notwendige Kommunikation mit Piloten, dass die Koordination mit anderen Lotsen möglichst auf ein Minimum gehalten wird.

Wie dargestellt, interagieren Lotsen in einem konventionellen Team aus Platzlotse und Koordinator stark mit Hilfe non-verbaler Kommunikation und über implizite Koordination (Dittmann et al., 2000; Papenfuss, 2013). Non-verbale Kommunikation im Team ist ein geeignetes Verhalten, wenn die Teammitglieder zur Erfüllung der eigentlichen Aufgabe mit Anderen verbal kommunizieren müssen und damit keine Ressourcen zur Kommunikation im Team bestehen. In einer Fallstudie zum Teamverhalten von Lotsen in einer beanspruchenden Aufgabe wurde eine Form impliziter Koordination gefunden, bei der Teams die Aufgaben flexibel zuordneten ohne dies explizit zu kommunizieren (Papenfuss, 2013). Implizite Formen der Koordination reduzieren ebenfalls die Aufwände für die Abstimmung der individuellen Arbeitsprozesse (Entin & Serfaty, 1999).

Implizite Koordination wird im Verhalten der Teams sichtbar als ein Antizipieren des Informationsbedarfs und der Aktivitäten, eine Reduktion der Kommunikation auf wesentliche Informationen (auch Netzwerk-Disziplin genannt) und die Anpassung der

Informationsgranularität, so dass nicht Rohdaten sondern bereits prozessierte Informationen kommuniziert werden (Serfaty et al., 1993). Die Antizipation des Informationsbedarfs wurde im Bereich der dynamischen Komplexität bereits als leistungssteigernde Verhaltensweise identifiziert. Erfolgreiche, implizite Koordination setzt außerdem adäquate Erwartungen und Antizipationen voraus. Sind diese Erwartungshaltungen fehlerhaft beziehungsweise nicht kompatibel zu den Erwartungen der anderen Teammitglieder, dann kann implizite Koordination zu Missverständnissen oder erhöhtem Kommunikationsaufwand führen.

Für den Bereich der koordinativen Komplexität wurden zwei positive Verhaltensweisen identifiziert. Erstens, die notwendigen Informationen für den Abgleich der individuellen Aufgaben müssen ausgetauscht werden. Zweitens sollten Anweisungen und Absprachen aktiv bestätigt werden.

3.2.4.1 Austausch aufgabenrelevanter Informationen

Um die Fluglotsenaufgabe zu erfüllen, sind zum einen Informationen über die Verkehrssituation relevant, um Konflikte zu erkennen. Diese Informationen sind vielfältig und Lotsen sollten diese Informationen stark filtern. Diese Verhaltensweise wurde bereits für den Umgang mit Komponenten-Komplexität beschrieben. Zum anderen sind Informationen aufgabenrelevant, welche zur Abstimmung der individuellen Aktivitäten der Lotsen benötigt werden. Lotsen müssen Entscheidungen treffen, welche auf die Verkehrssituation und die Situation benachbarter Lotsen angepasst sind.

Rationale Modelle der Entscheidungsfindung werden als Ablauf von drei Phasen beschrieben – erstens dem Wahrnehmen von Informationen und Hinweisen, zweitens der Analyse der Situation und drittens der Planung und Auswahl von Handlungsalternativen. In jeder dieser Phasen können Individuen zu unterschiedlichen Ergebnissen kommen, wenn sie nicht über alle Informationen verfügen beziehungsweise individuelle Entscheidungskriterien ansetzen. Dieses generische, rationale Modell der Entscheidungsfindung beschreibt einen Weg, wie Operateure gute Entscheidungen treffen können, das heißt ein optimales Vorgehen. Es wird angenommen, dass Entscheidungen im Team mit dem gleichen Modell beschrieben werden können (Thordsen & Klein, 1989). Aus diesem Grund wird angenommen, dass Teams, die diesem Vorgehen folgen, gute Leistung haben. Um ihr Vorgehen zu synchronisieren, werden Teams in definierten Mustern kommunizieren.

> *H4a: Teams, die einem rationalen Vorgehen in der Aufgabenbearbeitung folgen, haben eine bessere Leistung.*

Der Test dieser Hypothese erfordert, dass die beobachtbare Teamkommunikation für dieses rationale Vorgehen a priori definiert wird. Dies erfolgt in Kapitel 4.2.

Serfaty und Kollegen beschrieben Situationsanalysen als effektiven Koordinierungsmechanismus von Teams (Serfaty et al., 1993). Dabei dient das explizite Kommunizieren der Analyse der Situation dazu, dass jedes Teammitglied diese Sichtweise kennt, idealerweise damit übereinstimmt, und weitere Aktivitäten sich an dieser Analyse ausrichten können. Wenn die Situationsanalyse nicht explizit kommuniziert wird, könnten außerdem Konflikte bearbeitet werden für die kein Handlungsbedarf besteht, da sie nicht auftreten werden. Aus diesem Grund kann es zu erhöhter Aufgabenlast bis hin zu komplett neuen Konflikten kommen.

> *H4b: Teams mit guter Leistung kommunizieren häufiger Situationsanalysen, als Teams mit schlechter Leistung.*

Die Planung und Auswahl von Handlungen schließt den Prozess der Entscheidungsfindung ab. Teampartner sollten über die ausgewählte Lösungsstrategie für den Konflikt informiert werden, sofern ihre individuellen Aufgaben davon beeinflusst werden und sie diese Auswahl nicht selber wahrnehmen können. Abstrakter formuliert, sollten Teams vorgenommene Veränderungen zeitnah kommunizieren, damit Teampartner diese veränderten Randbedingungen berücksichtigen könnten.

H4c: Teams, welche ihre vorgenommen Veränderungen kommunizieren, haben eine bessere Leistung.

H4d: Teams mit geringerer Zeitdifferenz zwischen vorgenommener Veränderung und Kommunikation über die Veränderung haben eine bessere Leistung.

Die positiven Auswirkungen dieser Verhaltensweise sind, dass Teammitglieder zu jedem Zeitpunkt auf geringere Unsicherheit agieren und dadurch effektive Benutzereingaben in das System eingeben können. Die Auswirkungen eines abweichenden Verhaltens können sein, dass trotz Erkennen der Konflikte dieser Konflikt auftritt, da die Konfliktlösung nicht gemeinsam besprochen wurde. Wenn beispielsweise beide Lotsen ihre Flugzeuge steigen lassen, dann wird dennoch eine Separationsverletzung auftreten.

3.2.4.2 Bestätigung von Kommunikation

Eine Bestätigung einer erhaltenen Information oder Nachricht wird in der Literatur als ein wichtiger Mechanismus zum Verhindern von Missverständnissen beschrieben. Die Bestätigung soll sicherstellen, dass eine Nachricht erhalten und verstanden wurde. In der Lotsen-Piloten-Kommunikation ist dies das Zurücklesen („Readback“) einer jeden Anweisung des Lotsen durch den Piloten (ICAO, 2001). Diese Form wird auch als „Closed-loop-Kommunikation“ bezeichnet und im Verhalten von Teams beobachtet (Siassakos et al., 2009). Closed-Loop-Kommunikation gilt als ein Mechanismus der Koordination. Er soll die Zusammenarbeit im Team effektiver macht, da durch dieses Interaktionsverhalten garantiert werden soll, dass das Verständnis der Nachricht von Sender und Empfänger übereinstimmt (Salas et al., 2005).

H5: Teams, welche Bestätigungen austauschen, haben eine bessere Leistung, als Teams, die keine Bestätigungen austauschen.

3.2.5 Einfluss von Erfahrung auf die Kriterien

Erfahrung im Team soll zu effektiveren Teamwork-Prozessen führen und dadurch die Leistung positiv beeinflussen wird (Morgan et al., 1986). Speziell soll die Entwicklung eines gemeinsamen Vokabulars zu kürzeren Kommunikationseinheiten führen (Obermayer et al., 1974).

E1: Teams mit gleichbleibendem Teampartner kommunizieren insgesamt kürzer als Teams mit wechselndem Teampartner.

Die Leistungssteigerung von Teams mit gemeinsamer Erfahrung wird durch die Ausbildung adäquater mentaler Modelle der Situation, der Aufgabe sowie der Teammitglieder und ihrer Fähigkeiten ermöglicht. In der Literatur wird diese Standardisierung des Verhaltens mit den mentalen Modellen (TMM) erklärt, welche Teams entwickeln und welche als eine Voraussetzung für erfolgreiche Teamarbeit gelten (Mathieu et al., 2000; Mohammed et al., 2010). Ein Kommunikationsmuster, welches als Indikator eines TMM gilt, ist das pro-aktive Kommunizieren. Die Erklärung ist, dass Teammitglieder Wissen über den Informationsbedarf der anderen Teammitglieder haben und demnach ohne Anfrage die notwendigen Informationen kommunizieren können (Urban et al., 1995).

E2: Teams mit gleichbleibendem Teampartner haben einen stärker pro-aktiven Informationsaustausch als Teams mit wechselndem Teampartner.

E3: Teams mit gleichbleibendem Teampartner erkennen Konflikte frühzeitiger.

Teams mit gemeinsamer Erfahrung entwickeln eigene Prozeduren der Zusammenarbeit (Salas et al., 2005), welche die Abstimmung der individuellen Aufgaben auf den jeweilige Teampartner erleichtern. Bei erfahrenen Teams bezüglich Aufgabe und Zusammenarbeit sollte implizite Koordination häufiger auftreten (Naikar, 2010). Gemeinsame Erfahrung als Team sollte sich deshalb auf die Verhaltensweisen auswirken, welche den Bereich der Koordinativen Komplexität der Aufgabe betreffen.

E4: Teams mit gleichbleibendem Teampartner entwickeln ein standardisiertes Kommunikationsverhalten.

E5: Teams mit gleichbleibendem Teampartner koordinieren sich stärker implizit.

Neubauer und Kollegen (2016) zeigten, dass Teams mit mehr persönlichen Wissen über den Teampartner in ihrer Interaktion mehr positive Emotionen zeigten und allgemein mehr Wörter in der Interaktion benutzen. Kanki und Kollegen (1989) fanden in ihrer Studie zum Einfluss von Teamerfahrung auf das Interaktionsverhalten im Cockpit ebenfalls, dass Teams mit gemeinsamer Erfahrung insgesamt in den Problemlösungs-Aufgaben mehr kommunizierten. Spezifisch kommunizierten sie mehr Absichten und Bestätigungen. Teams ohne gemeinsame Erfahrung kommunizierten häufiger über Aspekte ohne Aufgabenbezug und kommunizierten häufiger positive Emotionen um Spannungen abzubauen (Kanki & Foushee, 1989).

E6: Teams mit gleichbleibendem Teampartner kommunizieren häufiger ihre Absichten, als Teams mit wechselndem Teampartner.

Für die Lotsenaufgabe können solche Prozeduren vor allem im Bereich der Lösung identifizierter Konflikte etabliert werden und dadurch zu einer schnelleren Umsetzung führen.

E7: Teams mit gleichbleibendem Teampartner entwickeln Lösungsstrategien und kommunizieren deshalb kürzer über Konfliktlösungen, im Vergleich zu Teams mit wechselndem Teampartner.

3.2.6 Einfluss des Kommunikationsmediums auf die Kriterien

Im Folgenden werden die Medien Chat als textbasierte Kommunikationsform und Funk, als sprachbasierte Form, vergleichend betrachtet. Die Analyse der Lotsenaufgabe zeigt (Vgl. Kapitel 3.1), dass diese die zeitgerechte Kommunikation von Informationen (dynamische Komplexität), die Selektion relevanter Informationen (Komponenten-Komplexität) und die Koordination der individuellen Aufgaben erfordern (Koordinative Komplexität). Textbasierte Kommunikationsmedien, wie Chat, wirken sich im Vergleich zu Sprache vor allem auf die Produktionskosten von Kommunikation aus. Wird in der Lotsenaufgabe textbasiert kommuniziert, wird primär die dynamische Komplexität, mit anderen Worten der Zeitdruck, in der Aufgabe erhöht.

Macmillan und Kollegen (2004) thematisieren in ihrer Studie die Beanspruchung durch Kommunikation als versteckte Kosten, welche sich auf Teamperformanz auswirkt (Macmillan et al., 2004). In Teamaufgaben, in denen der Informationsaustausch zeitkritisch und relevant für Teamleistung ist, sollte die Teamleistung durch die kognitiven Kosten des verwendeten Kommunikationsmediums beeinflusst sein.

Urban und Kollegen (1995; 1996) analysierten in ihren Studien den Einfluss von Zeitdruck und Hierarchie im Team auf Teamleistung und Kommunikation. Sie konnten keinen Effekt des Zeitdrucks auf die Teamleistung feststellen und kamen zu der Schlussfolgerung, dass Teams Kommunikationsstrategien verwenden können um sich an eine Bandbreite von Aufgabenanforderungen anzupassen (Urban et al., 1995; Urban et al., 1996). Diese Adaption der Teams an erhöhten Stress durch Zeitdruck wird an veränderten Verhaltensweisen sichtbar, wie sie in den Studien von Entin und Serfaty (1999) zur adaptiven Team-Koordination beschrieben werden. Höherer Stress, erzeugt durch mehr Unsicherheit, Mehrdeutigkeit und Zeitdruck, führte deshalb nicht linear zu schlechterer Teamleistung (Serfaty et al., 1993).

M1: Teams kommunizieren die gleiche Menge relevante Informationen in beiden Kommunikationsbedingungen.

M2: Team-Mitglieder bewerten die Chat-Bedingung beanspruchender als die Funk-Bedingung.

Die erhöhten Produktionskosten für Chat-Nachrichten sollten zu einer Anpassung des Kommunikationsverhaltens führen. Im direkten Vergleich mit Funk-Kommunikation produzieren Teams, wenn sie über Chat kommunizierten, weniger Interaktionseinheiten. Dieser Effekt kann jedoch nur bei Aufgaben auftreten, bei denen die Standardisierung gering ist oder Freiheitsgrade in der Kommunikationsmenge erlaubt sind.

M3: Teams kommunizieren weniger in der Chatbedingung als in der Funkbedingung.

Durch die erhöhten Produktionskosten können weniger Aufgaben gelöst werden, oder Zwischenschritte werden später erreicht, was sich wiederum negativ auf die Teamleistung auswirkte (Straus & McGrath, 1994). Deshalb würde die Kommunikation per Chat in der Lotsenaufgabe dazu führen, dass Informationen später ausgetauscht werden, so dass auch in der Konsequenz Konflikte später erkannt und gelöst werden, als unter Verwendung von Funk als Kommunikationsmedium.

M4: Der Informationsaustausch erfolgt unter Chat-Bedingungen später, als in der Funk-Bedingung.

M5: In der Chat-Bedingung werden Konflikte später erkannt, als in der Funk-Bedingung.

Empirische Daten zeigten jedoch, dass die Qualität der dabei gefundenen Lösungen im Team nicht beeinträchtigt war (Straus, 1996; Straus & McGrath, 1994). Als weitere Anpassungen an die erhöhte dynamische Komplexität sind zu erwarten: Bezogen auf die Kontrollaufgabe eines Anfluglotsen beobachtete Sperandio als Adaption bei höherer Beanspruchung kürzere Kommunikation mit Piloten, eine stärkere Selektion (Auslassen von redundanten Wörtern oder Nachrichten) sowie ein weniger passives, mehr pro-aktives Verhalten in der Pilot-Lotsen-Kommunikation (Sperandio, 1971).

M6: Der Anteil pro-aktiven Informationsaustauschs ist unter Chat-Bedingung höher, als in Funk-Bedingungen.

Die erschwerten Kommunikationsbedingungen unter Chat sollten außerdem zu einer stärker impliziten Koordination führen (Entin & Serfaty, 1999).

M7: In der Chat-Bedingung sind im Bereich der Koordinativen Komplexität mehr Formen impliziter Koordination zu beobachten, als in der Funk-Bedingung.

Bezogen auf die Beanspruchung bei Bearbeitung der Aufgabe sind regulierende Strategien, dass bei niedriger Aufgabenlast flexible, von Standard-Verfahren abweichende, Lösungen verwendet werden. Diese bringen beispielsweise ein Flugzeug schneller zum Ziel und erfordern dafür die Verarbeitung von mehr Informationen. Bei hoher Aufgabenlast werden eher Standardverfahren angewendet, welche ein Minimum an zu überwachenden Randbedingungen aufweisen und zusätzliche Ziele nicht berücksichtigen. Sperandio (1971) beobachtete, dass die höchste Variabilität in der Wahl der Strategien bei einer mittleren Aufgabenlast auftrat. In der Lotsenaufgabe würde die Anwendung von Standardverfahren zu geringerem Abstimmungsbedarf und deshalb zu weniger Kommunikation über Konfliktlösungen führen.

M8: In der Funk-Bedingung werden mehr Kommunikationseinheiten für Lösungsmöglichkeiten verwendet, als in der Chat-Bedingung.

3.3 Zusammenfassung des Rahmenmodells effektiver Teamkommunikation in einer Lotsenaufgabe

Das Rahmenmodell wird für die Analyse des Kommunikationsverhaltens in einer Lotsenaufgabe genutzt. Das Modell dient als theoretischer Rahmen, um Metriken für die Auswertung von Kommunikationsdaten abzuleiten und empirische Ergebnisse wiederum in Bezug zu setzen. Es werden beobachtbare Verhaltensweisen und Merkmale definiert, welche für die Lotsenaufgabe potentiell leistungssteigernd sind. Es hat allerdings nicht den Anspruch, die kognitiven und motivationalen Aspekte der Teamarbeit abschließend darzustellen.

Außerdem wird der Einfluss externer Faktoren am Beispiel des Kommunikationsmediums und der gemeinsamen Erfahrung als Team auf die Verhaltensweisen abgeleitet. Diese Verhaltensweisen wurden analytisch aus Merkmalen der Lotsenaufgabe und rationalen Modellen der Entscheidungsfindung abgeleitet und aus empirischen Befunden von Studien zum Kommunikationsverhalten von Teams.

Tabelle 6 Merkmale der Lotsenarbeit in den Ebenen der Aufgabenkomplexität

Ebene der Komplexität [Wood, 1986]	Merkmale Lotsenarbeit	Auswirkung auf Kommunikation	Quelle
Komponenten-Komplexität	hohe Anzahl von Informationsquellen Arbeitsteilung in der Überwachung Integration verschiedener Informationen zu „Verkehrsbild“ notwendig Hohe Standardisierung bei der Übermittlung von Fluginformationen reduziert Komponentenkomplexität	Selektion relevanter Informationen; verhindert Informationsüberlast	Critical Incidents Interview (Klein, 2000) (Bowers et al., 1992)
		viel non-verbale Kommunikation	(Papenfuss, 2013)
Dynamische Komplexität	Umwelt verändert sich sehr schnell ständiges Monitoring erforderlich Entscheidungen müssen schnell getroffen werden	Pro-aktives Informieren spart Zeit	(Entin & Serfaty, 1999)
		Frühzeitige Konflikterkennung - Zeitpunkt der Kommunikation ist wichtig	(Gorman et al., 2006)
Koordinative Komplexität	Entscheidungen müssen koordiniert werden Aufgabe kann nicht von Einzelperson gelöst werden Weitergabe / Einholen von Informationen Absprache von Handlungen Hohe Standardisierung bei der Übermittlung von Anweisungen	Austausch aufgabenrelevanter Informationen notwendig	Kommunikationsverhalten von Experten-Teams Critical Incidents Interview (Gorman et al., 2006)
		Bestätigung von Anweisungen / Absprachen (Closed-Loop-Communication)	Kommunikationsverhalten von Experten-Teams (Siassakos et al., 2009) (Salas et al., 2005)
		implizite Koordination	(Papenfuss, 2013)

Eine Annahme des Modells ist, dass Teamarbeit in Fluglotsenteams vor allem für Aufgaben mit Entscheidungsfindung und Umsetzung von Entscheidungen relevant ist. Die Umsetzung von Entscheidungen erfolgt über die Kommunikation mit Piloten und ist hochgradig standardisiert und lässt kaum individuellen Freiraum. In dieser Arbeit werden deshalb Entscheidungen und damit verknüpfte Verhaltensweisen von Fluglotsenteams für die Unteraufgaben Konflikterkennung und Konfliktlösung betrachtet. In diesen Aufgaben können Teammitglieder entscheiden, ob und wann sie mit Teampartnern kommunizieren. Die Verhaltensweisen sollten deswegen prinzipiell variabel sein und damit die Teamleistung beeinflussen.

Die weitere Annahme des Modells ist, dass das beobachtbare Kommunikationsverhalten von Teams dabei an die Komponenten-Komplexität, die Dynamische Komplexität und die Koordinative Komplexität der Aufgabe angepasst ist. Die Verhaltensweisen, die im Bereich der Komponenten-Komplexität identifiziert wurden, beeinflussen maßgeblich die Unteraufgabe der Konflikterkennung. Die dynamische Komplexität der Aufgabe wirkt sich auf beide

Unteraufgaben Konflikterkennung und Konfliktlösung aus. Die koordinative Komplexität und die identifizierten Verhaltensweisen wirken sich in der Unteraufgabe der Konfliktlösung aus.

Die Ergebnisse der Analyse der Komplexität und der daraus abgeleiteten Kriterien sind in Tabelle 6 zusammengefasst. Non-verbale Kommunikation und implizite Koordination sind in zeitkritischen Aufgaben mit hoher Kommunikationslast in der Aufgabendurchführung leistungssteigern. Allerdings folgt das Modell der Annahme, dass explizite Koordination im Team vorteilhaft ist um Missverständnisse zu verhindern und dadurch die Unsicherheit der Entscheidungen zu minimieren.

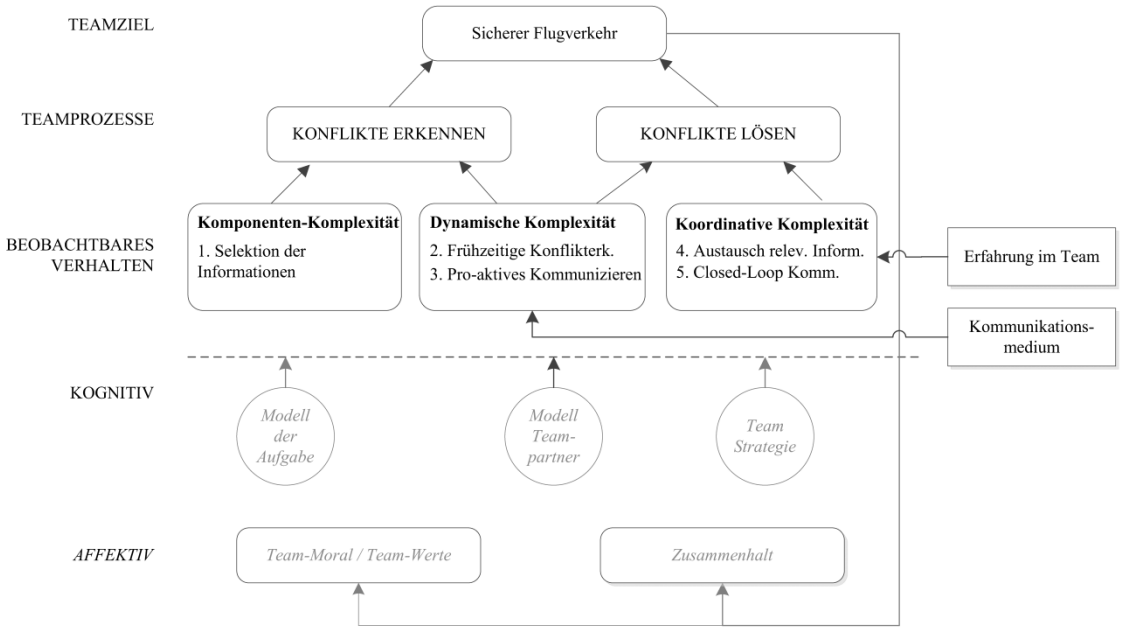


Abbildung 11 Integration der leistungssteigernden Verhaltensweisen des Rahmenmodells

In Abbildung 11 sind die leistungssteigernden Verhaltensweisen in das generische Modell der Teamleistung nach Annett und Cunningham integriert. Es wurden fünf Verhaltensweisen identifiziert, welche Merkmale des Kommunikationsverhaltes von Teams beschreiben, welche in der Fluglotsenaufgabe, speziell bei der Konflikterkennung und Konfliktlösung, einen positiven Einfluss auf die Leistung, d.h. die Sicherheit des Flugverkehrs haben sollten. Dabei handelt es sich um die Selektion von Informationen, die frühzeitige Konflikterkennung und pro-aktives Kommunizieren, den Austausch aufgabenrelevanter Informationen und Closed-Loop Kommunikation. Diese Verhaltensweisen beschreiben beobachtbare Merkmale in der Kommunikation. Auf Grundlage dieser identifizierten Verhaltensweisen wurden acht Hypothesen formuliert. Diese sind in Tabelle 7 zusammengefasst. Die Herleitung der Hypothesen erfolgte in Kapitel 3.2.

Das Modell beschreibt, dass Verhaltensweisen neben den Anforderungen der Aufgabe durch kognitive Prozesse beeinflusst sind. Gemeinsame Erfahrung als Team soll leistungssteigernd sein, da diese Erfahrung die Ausprägung kompatibler mentaler Modell der Aufgabe, des Partners und darüber auch die Entstehung von Strategien ermöglicht. Der Literatur nach sollte sich Erfahrung im Team scherpunktmäßig auf die Verhaltensweisen im Bereich der Koordinativen Komplexität auswirken.

Tabelle 7 Überblick über die Hypothesen zu leistungssteigerndem Kommunikationsverhalten

	Hypothesen zum
	Komponenten-Komplexität
H1	Teams mit guter Leistung in der Konflikterkennung tauschen überwiegend relevante Informationen aus.
	Dynamische Komplexität
H2	Teams mit guter Leistung in der Konflikterkennung tauschen Informationen frühzeitiger aus als Teams mit schlechter Leistung.
H3	Teams mit einem höheren Anteil an pro-aktivem Informationsaustausch haben eine bessere Leistung.
	Koordinative Komplexität
H4a	Teams, die einem rationalen Vorgehen in der Aufgabenbearbeitung folgen, haben eine bessere Leistung.
H4b	Teams mit guter Leistung kommunizieren häufiger Situationsanalysen, als Teams mit schlechter Leistung.
H4c	Teams, welche ihre vorgenommen Veränderungen kommunizieren, haben eine bessere Leistung.
H4d	Teams mit geringerer Zeitdifferenz zwischen vorgenommener Veränderung und Kommunikation über die Veränderung haben eine bessere Leistung.
H5	Teams, welche Bestätigungen austauschen, haben eine bessere Leistung, als Teams, die keine Bestätigungen austauschen.

Gemeinsame Erfahrung sollte zu effizienter und effektiver Koordination führen, das heißt standardisiertes Verhalten, implizite Koordination aber auch der Abgleich von Absichten. Für den Bereich der dynamischen Komplexität sollte die effektive Koordination durch die gemeinsame Erfahrung im Team vorteilhaft sein, da das Wissen über den Informationsbedarf pro-aktives Kommunizieren ermöglichen soll. Insgesamt sollten so im Team mit gemeinsamer Erfahrung Konflikte früher erkannt und effizient gelöst werden. Es wurden sieben Hypothesen zu beobachtbaren Unterschieden im Verhalten erfahrener und miteinander unerfahrener Teams in der Lotsenaufgabe aufgestellt. Diese sind in Tabelle 8 dargestellt.

Tabelle 8 Zusammenfassung der Hypothesen: Einfluss der Erfahrung auf Verhaltensweisen

	Hypothesen zum Einfluss von Erfahrung
	Komponenten-Komplexität
E1	Teams mit gleichbleibendem Teampartner kommunizieren insgesamt kürzer als Teams mit wechselndem Teampartner.
	Dynamische Komplexität
E2	Teams mit gleichbleibendem Teampartner haben einen stärker pro-aktiven Informationsaustausch als Teams mit wechselndem Teampartner.
E3	Teams mit gleichbleibendem Teampartner erkennen Konflikte frühzeitiger.
	Koordinative Komplexität
E4	Teams mit gleichbleibendem Teampartner entwickeln ein standardisiertes Kommunikationsverhalten.
E5	Teams mit gleichbleibendem Teampartner koordinieren sich stärker implizit.
E6	Teams mit gleichbleibendem Teampartner kommunizieren häufiger ihre Absichten, als Teams mit wechselndem Teampartner.
E7	Teams mit gleichbleibendem Teampartner entwickeln Lösungsstrategien und kommunizieren deshalb kürzer über Konfliktlösungen, im Vergleich zu Teams mit wechselndem Teampartner.

Das Kommunikationsmedium, welches Teams nutzen, beeinflusst maßgeblich, welche Möglichkeiten den Teampartnern zur Verfügung stehen, die Ergebnisse ihrer subjektiven Kognition in beobachtbares Verhalten zu kodieren. Der primäre Effekt bei der Nutzung textbasierte Medien im Vergleich zu sprachbasierten Medien wird in den höheren kognitiven Produktionskosten der Events gesehen. Aus diesem Grund wird für die Lotsenaufgabe maßgeblich ein Einfluss des Kommunikationsmediums auf die dynamische Komplexität der Aufgabe und damit auf die verbundenen Verhaltensweisen gesehen. Außerdem wird in der

Literatur die Adaptionsfähigkeit von Teams auf unterschiedliche Kommunikationsbedingungen und damit Anforderungen im Bereich des Informationsaustauschs und der Koordination herausgestellt. Ein Einfluss des Mediums auf diese Bereiche der Lotsenaufgabe wird deswegen auch erwartet, wobei die veränderten Verhaltensweisen den höheren Zeitbedarf für die Kommunikation kompensieren sollten. Insgesamt wurden acht Hypothesen zu beobachtbaren Unterschieden im Kommunikationsverhalten bei der Verwendung von Chat und Funk aufgestellt. Diese sind in Tabelle 9 zusammen gefasst.

Tabelle 9 Zusammenfassung der Hypothesen: Einfluss des Mediums auf Verhaltensweisen

Hypothesen zum Einfluss des Kommunikationsmediums	
	Komponenten-Komplexität
M1	Teams kommunizieren die gleiche Menge relevante Informationen in beiden Kommunikationsbedingungen.
	Dynamische Komplexität
M2	Team-Mitglieder bewerten die Chat-Bedingung beanspruchender als die Funk-Bedingung.
M3	Teams kommunizieren weniger in der Chatbedingung als in der Funkbedingung.
M4	Der Informationsaustausch erfolgt unter Chat-Bedingungen später, als in der Funk-Bedingung.
M5	In der Chat-Bedingung werden Konflikte später erkannt, als in der Funk-Bedingung.
M6	Der Anteil pro-aktiven Informationsaustauschs ist unter Chat-Bedingung höher, als in Funk-Bedingungen.
	Koordinative Komplexität
M7	In der Chat-Bedingung sind im Bereich der Koordinativen Komplexität mehr Formen impliziter Koordination zu beobachten, als in der Funk-Bedingung.
M8	In der Funk-Bedingung werden mehr Kommunikationseinheiten für Lösungsmöglichkeiten verwendet, als in der Chat-Bedingung.

4 VERSUCHSUMGEBUNG ZUR ANALYSE VON KOMMUNIKATION IN EINER FLUGLOTSENAUFGABE

4.1 BESCHREIBUNG DER VERSUCHSUMGEBUNG „TEAMCOM“

Auf Basis des Konzeptes des sektorlosen Luftraummanagements (Vergleich Kapitel 3.1.1.2) wurde die Versuchsaufgabe TeamCom gestaltet. In dieser Arbeit wurde angenommen, dass das Team aus zwei Lotsen mit der gleichen Rolle besteht. Die Lotsen interagieren miteinander um Separationsverletzungen zu verhindern. Auch wenn das Konzept des sektorlosen Luftraummanagements Maßnahmen vorsieht, dass diese direkte Koordination durch Automatisierung und Ausweichregeln im Normalfall nicht benötigt wird, kann in unvorhergesehenen Situationen diese Abstimmung notwendig sein. Erkenntnisse, die mit TeamCom gewonnen werden, lassen sich demnach auf zukünftige Arbeitsweisen in diesem Konzept anwenden.

4.1.1 Abbildung der Fluglotsen-Aufgabe in der Mikrowelt MAGIE

TeamCom baut auf der Mikrowelt MAGIE (Hasselberg, 2014; Oberheid et al., 2011) auf und wurde bereits für die Analyse der individuellen Ausprägung des Kommunikationsverhalten verwendet (Papenfuss & Weber, 2012). Mikrowelten stehen als Versuchsumgebung zwischen Laborexperimenten und komplexen High-Fidelity-Simulationen (Gray, 2002). Sie erlauben eine relative hohe experimentelle Kontrolle im Vergleich zu High-Fidelity-Simulationen bei gleichzeitig höherer externer Validität verglichen zu Laborexperimenten. Im Vergleich zu High-Fidelity-Simulationen ist außerdem der Personalbedarf zum Betrieb des Versuchs geringer. Mikrowelten wurden am Institut für Flugführung des Deutschen Zentrums für Luft- und Raumfahrt verwendet, um Konstrukte aus der Grundlagenforschung auf die angewandte Forschung der Systemergonomie in der Luftfahrt zu übertragen (Moehlenbrink, Friedrich, & Papenfuß, 2009; Oberheid et al., 2011; Oberheid, Weber, & Moehlenbrink, 2009). Die hier verwendeten Mikrowelten ermöglichten außerdem die Verknüpfung empirischer Daten mit Arbeiten im Bereich der kognitiven Modellierung.

Die Mikrowelt MAGIE wurde für TeamCom modifiziert, so dass Eingaben in die Verkehrssimulation von zwei Arbeitsplätzen aus getätigt werden konnten. MAGIE stellt eine vereinfachte Arbeitsumgebung eines Strecken-Lotsen dar, dessen wesentliche Informationsquelle ein Radarbildschirm mit einem Situationsbild ist. Im Gegensatz zur aktuellen Lotsenaufgabe waren, analog zum Konzept “Sektorloses Luftraum-Management”, zwei Lotsen für die Sicherheit in dem Luftraum zuständig. Die Flugzeuge waren den Teampartnern zugeteilt. Für die zugeteilten Flugzeuge waren alle relevanten Informationen verfügbar. Über die Flugzeuge des anderen Partners waren jeweils nur ein Teil der Informationen sichtbar. Somit standen dem einzelnen Teammitglied nicht alle relevanten Informationen zur individuellen Bearbeitung der Aufgabe zur Verfügung. Diese fehlenden Informationen konnten nur über explizite Kommunikation mit dem Teampartner erfragt bzw. diesem mitgeteilt werden.

Sicherheit ist dann erreicht, wenn alle Luftfahrzeuge jederzeit einen Abstand von 5 nautischen Meilen oder 1000 Fuß zueinander haben, die sogenannte Separation. Die Aufgabe wird an Hand der graphischen Benutzeroberfläche erläutert (Abbildung 12). Die Simulation wird durch ein Verkehrsszenario gesteuert, das frei editiert werden kann. Das erstellte Szenario für diese Arbeit ist in Anhang B beschrieben. Auf Grundlage des Szenarios sowie der Benutzereingaben berechnet die Simulation jede Sekunde die Position der Luftfahrzeuge im Luftraum. Die Physik der Luftfahrzeuge ist dabei den Parametern des Verkehrsflugzeuges A320 ähnlich, wobei hier eine hinreichende Genauigkeit angestrebt wurde.

Zentrale Informationsquelle für jedes Teammitglied ist der Bereich A, der den zu überwachenden Luftraum zeigt. Der Luftraum hat eine generische Form und ist durch die acht Einflugpunkte bestimmt, die entsprechend der englischen Bezeichnungen der Himmelsrichtung beschriftet sind. Die aktuelle Position der Luftfahrzeuge ist mit einem Quadrat gekennzeichnet, die Position der letzten vier Sekunden ist ebenfalls mit kleineren Quadraten dargestellt (Vgl. Abbildung 13). Zu jedem Luftfahrzeug wird der eindeutige Bezeichner, das Rufzeichen, dargestellt. Die Farbe kennzeichnet, zu welcher Arbeitsposition die Flugzeuge zugeordnet sind. Die jeweils eigenen Luftfahrzeuge werden gelb dargestellt, die Luftfahrzeuge des Teampartners hellblau. In dem Beispiel in Abbildung 12 haben beiden Teampartner aktuell drei Luftfahrzeuge unter Kontrolle. Für die eigenen Luftfahrzeuge stehen weitere Daten zum Flugstatus zur Verfügung, die unter dem Rufzeichen dargestellt sind. In der ersten Zeile unterhalb des Rufzeichens sind links die aktuelle Höhe (Altitude) sowie rechts die angewiesene Höhe dargestellt. Darunter sind links die aktuelle und rechts die angewiesene Geschwindigkeit (Speed) dargestellt.

Im Bereich B rechts oben am Bildschirm sind die geplanten Flugwege der Luftfahrzeuge unter eigener Kontrolle dargestellt, in diesem Beispiel also von drei Luftfahrzeugen. Jedes Flugzeug verfügt über eine geplante Route durch den Luftraum, die hier durch die jeweilige Abkürzung der acht Punkte kodiert ist. In dem Beispiel hat das Luftfahrzeug „SX02“ die geplante Route „E_NW_FL210“. Dies bedeutet, dass die Route vom östlichen Einflugpunkt zum Nordwestlichen Ausflugpunkt führt. Außerdem soll das Luftfahrzeug am Punk NW eine Höhe vom 210 haben. Es gibt jeweils nur ein Set an erlaubten Routen, die ein Luftfahrzeug nehmen kann. Alle erlaubten Routen vom Einflugpunkt „SW“ sind in Abbildung 14 abgebildet. Sie gelten aber für jeden Einflugpunkt gleichermaßen. Mit Hilfe der geplanten Route ist die Route eindeutig vorgegeben. Für den Teampartner, der die geplante Route nicht kennt, sind bis zu einem bestimmten Zeitpunkt diese Informationen nicht eindeutig durch Beobachten zu erschließen.

Im Bereich C links unten am Bildschirm wird angezeigt, sobald zwei Luftfahrzeuge eine Separationsverletzung haben, das heißt wenn ein Konflikt tatsächlich aktuell auftritt. In diesem Beispiel halten die Luftfahrzeuge LH21 und SX02 die geforderten Abstände nicht ein.

Die Versuchsteilnehmer mussten an Hand dieser Informationen potentielle Konflikte zwischen den Flugzeugen des Teampartners und ihren eigenen Flugzeugen frühzeitig erkennen. Die verwendeten Begriffe dieser Arbeit sind in Abbildung 15 dargestellt. Durch Anfragen beziehungsweise Austausch an Flugzeugdaten kann das Auftreten eines Konflikts verifiziert werden. Die Situation a) zeigt einen potentiellen Konflikt, da sich die Luftfahrzeuge kreuzen werden, aber nur die Höhe des jeweils eigenen Luftfahrzeugs bekannt ist. Hätte SX64 eine Höhe von 220, dann würde keine Verletzung der Separation auftreten. Durch Anfragen der Höhe kann Mehrdeutigkeit der Situation aufgeklärt werden (Situation b).

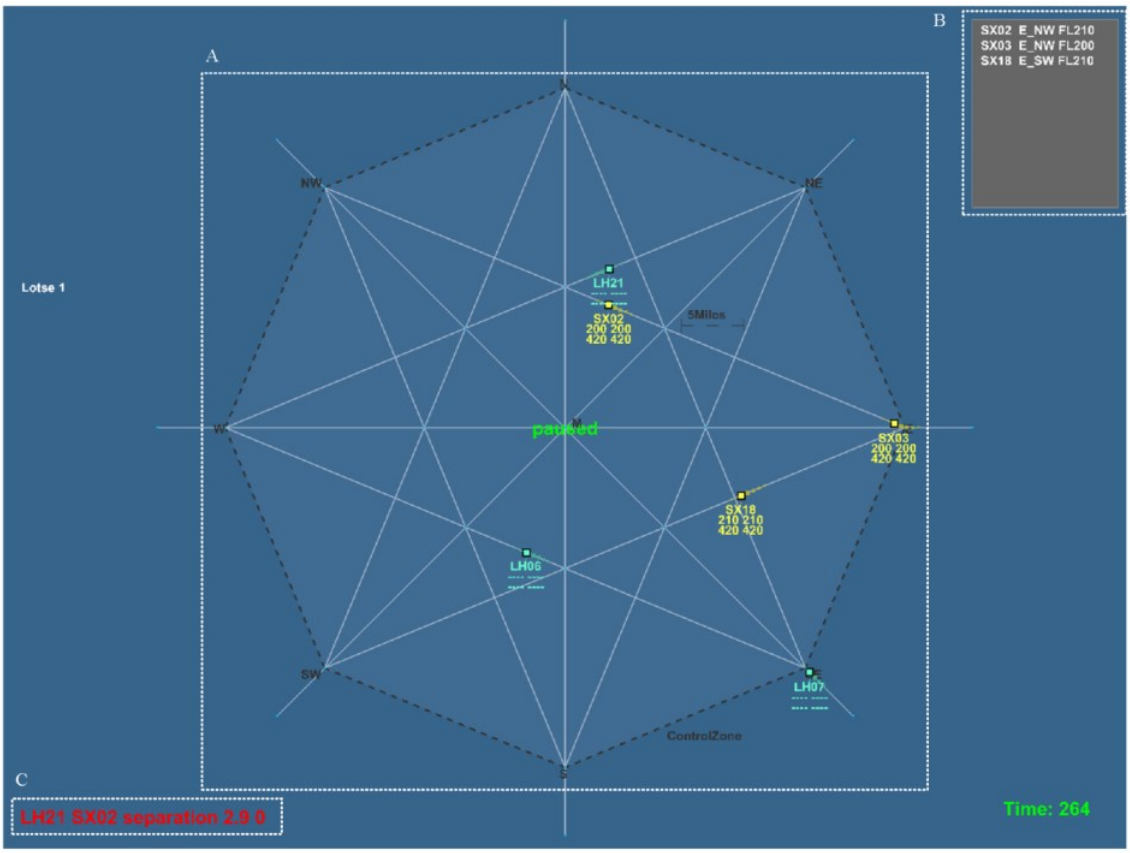


Abbildung 12 Die graphische Benutzeroberfläche der Mikrowelt MAGIE

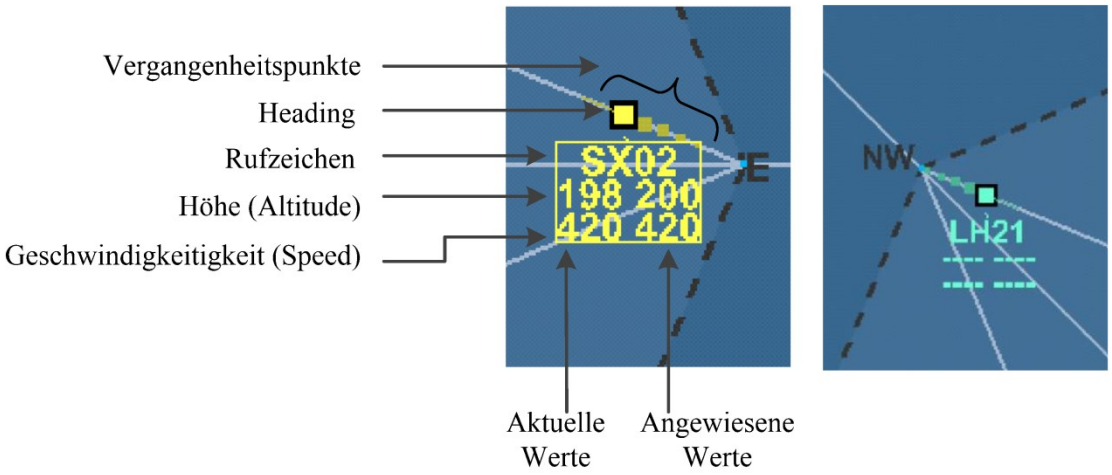


Abbildung 13 Darstellung der Flugzeugdaten für eigene Flugzeuge (gelb) und Flugzeuge des Teampartners (blau)

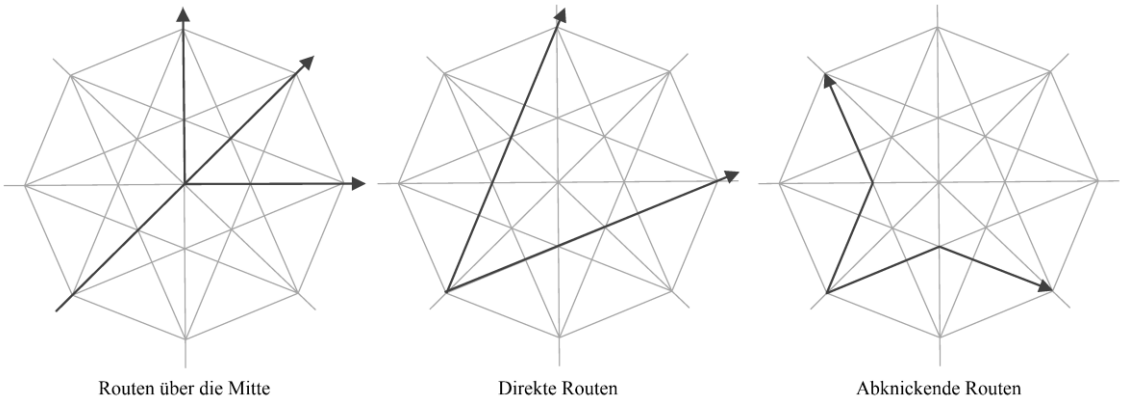


Abbildung 14 Alle erlaubten Routen in der Mikrowelt MAGIE vom Einflugpunkt „SW“

Beide Flugzeuge haben die gleiche Höhe. Damit besteht ein Konflikt zwischen beiden Flugzeuge, dahingehend, dass die Separation unterschritten würde, wenn keine Änderungen vorgenommen werden. Wird ein solcher Konflikt festgestellt, dann müsste eine Lösung festgelegt und umgesetzt werden. Würde der Konflikt nicht gelöst, wird eine Separationsverletzung auftreten (Situation c), d.h. der vorhergesagte Konflikt tritt auf. In der Teamaufgabe gab es vier Lösungsstrategien zum Verhindern von Separationsverletzungen: die Anpassung der Geschwindigkeiten, die Änderung der Höhe sowie die Veränderung der Route (Heading) oder Kombinationen der Maßnahmen.

Für die Implementierung der Lösung stand ebenfalls eine graphische Benutzeroberfläche zur Verfügung, über die eine Änderung der Höhe, der Geschwindigkeit beziehungsweise des Headings angewiesen werden konnte. Diese Anweisung wurde dann in der zugrunde liegenden Simulation verarbeitet, umgesetzt und das Ergebnis entsprechend auf dem Bildschirm angezeigt. Eine Veränderung der Fluggeschwindigkeit oder der Route war damit prinzipiell auch für den Teampartner zu erkennen. Eine Veränderung der Höhe konnte jeweils nur das Teammitglied erkennen, dem das Flugzeug zugeteilt war. Für die Höhe und Geschwindigkeit war eine Spannbreite an zulässigen Werten vorgegeben. Jedes Luftfahrzeug musste beim Verlassen des Luftraums wieder auf die geplante Route zurück geführt sein.

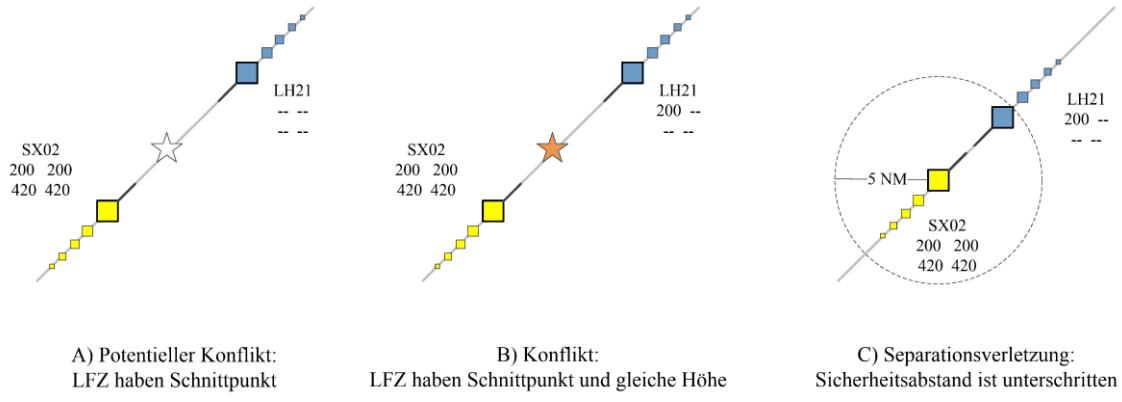


Abbildung 15 Definition der verwendeten Bezeichnungen für Konflikte

4.1.2 Technische Realisierung der Kommunikation und Interaktion in der Aufgabe

Für TeamCom wurden drei Arbeitspositionen aufgebaut, eine Arbeitsposition für den Versuchsleiter sowie zwei identische Arbeitspositionen für die Versuchsteilnehmer. Der Aufbau ist in Abbildung 16 gezeigt. Jede Arbeitsposition der Versuchsteilnehmer bestand aus einem Rechner sowie einem 24-Zoll LC-Display, auf dem die modifizierte Mikrowelt MAGIE sowie

das Textfenster für einen Chat angezeigt wurde. Die drei Rechner bildeten ein lokales Netzwerk. Für die Synchronisierung der Rechner wurde ein Zeitserver installiert. Die Arbeitsplätze der Versuchspersonen waren von schallisolierenden Trennwänden umbaut, so dass keine direkte Sichtverbindung zwischen den Versuchsteilnehmern bestand und die Arbeitsplätze akustisch getrennt waren. Von der Arbeitsposition des Versuchsleiters aus konnte man beide Arbeitsplätze einsehen. Die Software TeamSpeak (4Players GmbH, n.d.) wurde für die Realisierung der Kommunikation im Team verwendet. Dabei wurde auf dem Versuchsleiter-Rechner der Kommunikationsserver mit einer Gruppe eingerichtet und die Arbeitspositionen der Versuchsteilnehmer meldeten sich an dieser Gruppe als Clients an. Auf dem Versuchsleiter-Rechner lief der Server für die Teamkommunikation sowie die Simulationskomponente von MAGIE. In der Aufgabenumgebung standen die zwei Kommunikationsmedien Chat und Funk für die Teamkommunikation zur Verfügung.

Beide Versuchsteilnehmer hatten die Sicht auf den generischen Luftraum, mit vollen Informationen über ihre Flugzeuge und begrenzten Informationen über die Luftfahrzeuge des Teampartners. Der Versuch wurde gestartet, nachdem beide Teampartner auf ihrem Bildschirm einen Button drückten. Die Mikrowelt erstellte ein Logfile, welches jede Sekunde die Position und den Status jedes sichtbaren Luftfahrzeugs speicherte sowie die aufgetretenen Separationsverletzungen und die Eingaben, welche die Versuchspersonen vorgenommen hatten. Diese Daten wurden relativ zum Start der Simulation gespeichert. Der Start der Simulation wurde im Dateinamen gespeichert. Darüber war die Synchronisierung der Interaktionsprotokolle und der Simulationsevents möglich.

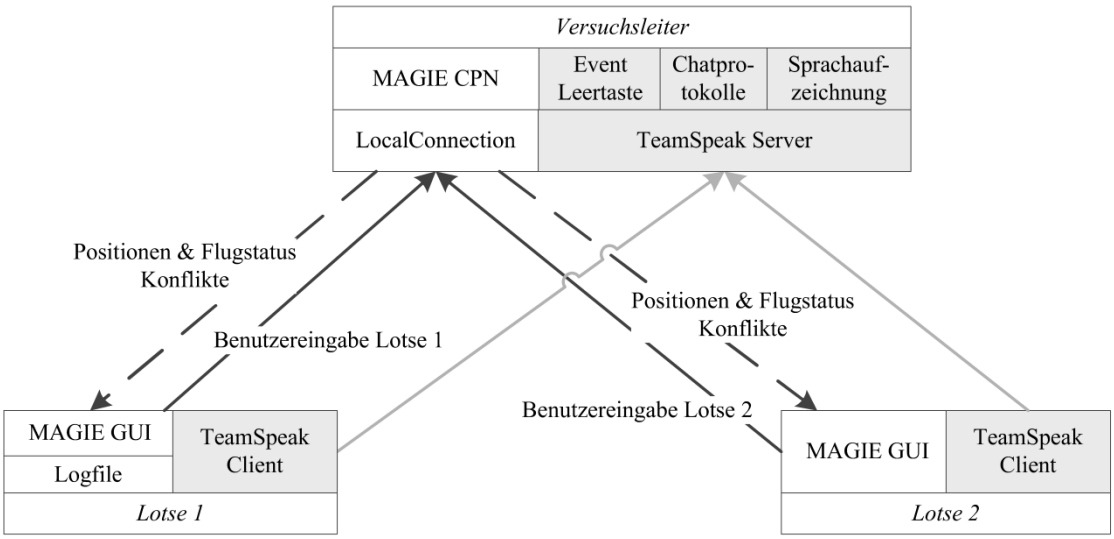


Abbildung 16 Technischer Aufbau der Versuchsumgebung TeamCom

4.1.3 Abbildung der Aufgabenkomplexität

Die Versuchsumgebung zur Analyse des Kommunikationsverhaltens von Teams soll eine Teilmenge der Aufgaben von Fluglotsen repräsentieren, aber von Laien bearbeitet werden können. Speziell sollte die Versuchsumgebung die Aufgaben Konflikterkennung und Konfliktlösung als Teamaufgabe abbilden. Es sollten aber auch keine Aufgaben erforderlich sein, welche für die Lotsenaufgabe nicht relevant sind.

TeamCom wurde mit den Aufgaben und Prozesse der Lotsenaufgabe (siehe Kapitel 3.1.2) abgeglichen. Die angepasste Darstellung ist in Abbildung 17 zu finden. Aufgaben und Prozesse, welche in TeamCom relevant sind, wurden fett markiert, nicht abgebildete Prozesse sind

ausgegraut. Übertragen auf das Aufgabenschema liegt der Schwerpunkt von TeamCom auf den Aufgaben „Überwachen“, „Konflikte lösen“ sowie den erforderlichen Unterprozessen „Wechsel der Aufmerksamkeit“, „Aktualisieren des mentalen Verkehrsbildes“ und „Suche nach Konflikten“. TeamCom bildet damit das Aufgabenspektrum des Streckenlotsen ab.

Allerdings wurde die zugrunde liegende Mikrowelt MAGIE konzipiert, um damit Versuche mit Laien durchzuführen. Aus diesem Grund wurde unter anderem auf die Standard-Phraseologie und die verbale Kommunikation mit Piloten verzichtet, wie sie für die Unteraufgabe „Anweisungen erteilen“ erforderlich ist. Anweisungen werden über eine grafische Benutzerschnittstelle in die Mikrowelt eingeben. Pilotenverhalten und Kommunikation mit Piloten ist damit in der Aufgabe nicht realistisch abgebildet. Wie bereits dargestellt, ist dieser Aspekt der Lotsenaufgabe stark standardisiert und das Verhalten wird nur in geringem Maße durch individuelle Entscheidungen der Teammitglieder beeinflusst. Die Aufgaben D „Bearbeite Anfragen / Assistiere Piloten“ ist ebenfalls nicht berücksichtigt. die Aufgabe A) „Übernehme Position“ ist nicht abgebildet. Die Aufgabe C „Bearbeite Routine-Verkehr“ ist ebenfalls begrenzt erfasst. Das Einhalten der korrekten Übergabehöhe fällt in diesen Aufgabenbereich.

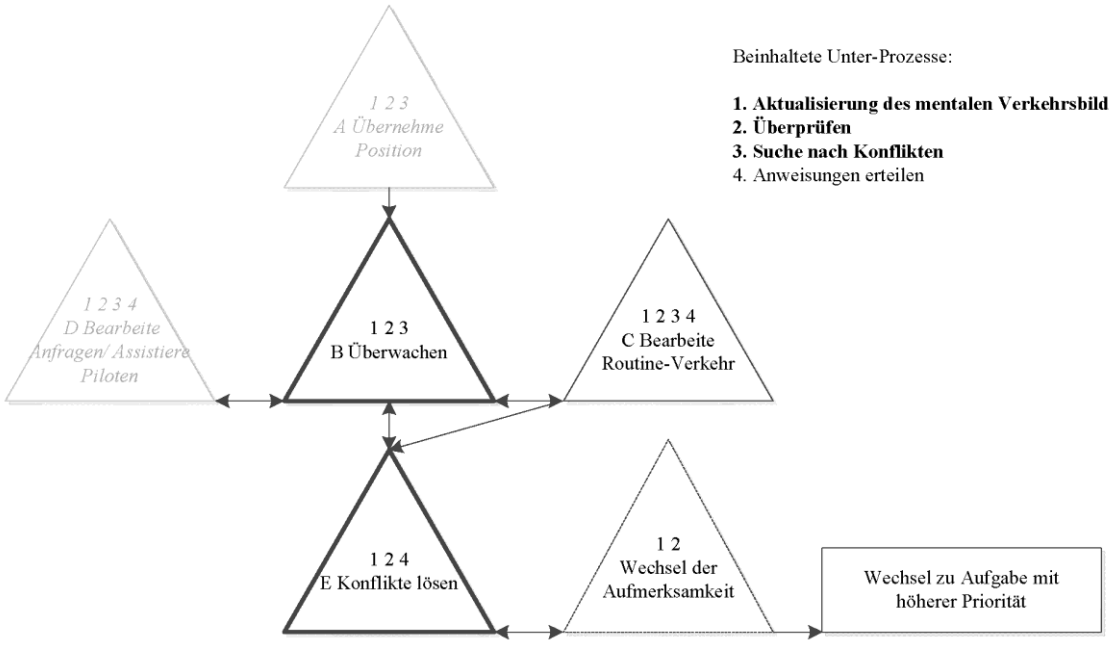


Abbildung 17 Abgleich der Prozesse der Lotsenaufgabe mit der Versuchsumgebung „TeamCom“

Außerdem sollte die Aufgabenkomplexität von TeamCom und der Aufgabe von Strecken-Lotsen vergleichbar sein, damit die gleichen Verhaltensweisen der Teamkommunikation zu guter Leistung führen. Das gewählte Verkehrsszenario und die daraus entstehenden Aufgaben-Anforderungen sind detailliert im Anhang B dargestellt. Die Versuchsumgebung muss über eine dynamische Komplexität verfügen. Das heißt, die Umwelt und zu bewertende Situation muss sich verändern, wobei die Rate der Veränderung relativ hoch sein sollte. Entscheidungen im Team müssen unter Zeitdruck erfolgen, beziehungsweise die Zeit für Entscheiden ist begrenzt. In dem Szenario hatten die Teams durchschnittlich 3.5 Minuten Zeit, um Konflikte zu lösen und hatten im Durchschnitt jede Minute einen Konflikt zu bearbeiten.

In TeamCom kann durch die Konfiguration des Verkehrsszenarios ebenfalls die Komponenten-Komplexität beeinflusst werden und damit auch die Arbeitsbeanspruchung, welche durch das Integrieren der verschiedenen Informationsquellen entsteht. Typische Metriken zur Arbeitsbeanspruchung aus der Lotsenarbeit sind die Anzahl der Flugbewegungen,

Interaktionshäufigkeit mit den Flugzeugen sowie die Lage der Flugzeuge zueinander, das heißt ob die Flugzeuge einen Konflikt haben oder nicht (Gianazza, 2017). Durchschnittlich hatte das Team zu jeder Zeit neun Flugzeuge zu überwachen, insgesamt 33 Flugzeuge innerhalb von 30 Minuten. Die Anforderungen des erstellten Verkehrsszenarios sind in Tabelle 10 zusammen gefasst.

Außerdem erfordert die Aufgabe die Koordination der zwei Teammitglieder. TeamCom kann nicht ohne Interaktion mit anderen Personen gelöst werden, ohne dass es sich negativ auf die Leistung auswirkt. In TeamCom mussten Teams insgesamt 16 Situationen analysieren und davon in acht Fällen ihre Konfliktlösung koordinieren. Das Teamwork-Szenario entspricht dabei einem Sonderfall des neuartigen Flugführungskonzepts Sektorloses Luftraummanagement und ist damit nur bedingt auf aktuell bestehende Lotsenteams und ihr Verhalten übertragbar. Das Setting ist dennoch realistisch und erlaubt eine hohe experimentelle Kontrolle. Der Interaktionsbedarf kann über die Analyse des Verkehrsszenarios objektiv bestimmt werden, außerdem sind die Aufgaben und Rollen der Teammitglieder identisch. Der Einfluss von Hierarchie und Unterschiedlichkeit der Aufgaben kann deswegen ausgeschlossen werden. Für eine weitere Verwendung von TeamCom und den erfassten Metriken können die Rollen und die Interdependenz der Aufgaben konfiguriert werden.

Tabelle 10 Quantifizierung der Aufgabenkomplexität für TeamCom

Ebene der Komplexität [Wood, 1986]	Merkmale Lotsenarbeit	Auswirkung auf Kommunikation	Anforderung TeamCom
Komponenten-Komplexität	hohe Anzahl von Informationsquellen Arbeitsteilung in der Überwachung Integration verschiedener Informationen zu „Verkehrsbild“ notwendig	Selektion relevanter Informationen; verhindert Informationsüberlast	Ø Anzahl LFZ = 9 LFZ; 4.5 pro Teammitglied; 4 Flugdaten pro LFZ; von 33 LFZ insgesamt sind 11 irrelevant
Dynamische Komplexität	Umwelt verändert sich sehr schnell ständiges Monitoring erforderlich Entscheidungen müssen schnell getroffen werden	Pro-aktives Informieren spart Zeit Frühzeitige Konflikterkennung - Zeitpunkt der Kommunikation ist wichtig	Ø Zeit bis zum Lösen von Konflikten = 3.5 Minuten
Koordinative Komplexität	Entscheidungen müssen koordiniert werden Aufgabe kann nicht von Einzelperson gelöst werden Weitergabe / Einholen von Informationen Absprache von Handlungen	Austausch aufgabenrelevanter Informationen notwendig Bestätigung von Anweisungen / Absprachen (Closed-Loop-Communication)	insgesamt 16 potentielle Konflikte in 30 Minuten, davon acht reale Konflikte

4.2 Erwartetes Kommunikationsverhalten in der Versuchsumgebung

4.2.1 Bestimmung der aufgabenrelevanten Kommunikation

Um leistungssteigernde Verhaltensweisen im Bereich der Koordinativen Komplexität zu erfassen, müssen die aufgabenrelevanten Informationen für TeamCom bestimmt werden. Es wurde eine hierarchische Aufgabenanalyse (Hierarchical Task Analysis, HTA) (Annett, 2004; Stanton, 2006) durchgeführt um notwendige Teamkommunikation zu bestimmen. Annett und Cunningham (2000) demonstrierten am Beispiel eines Marine-Teams, wie HTA als Methode für die Analyse von Teamaufgaben und der Bestimmung notwendiger Teamprozessen eingesetzt werden kann. Die Analyse baut auf dem in Kapitel 2.1.3.4 vorgestelltem Modell der Teamarbeitsprozesse auf. Relevante Teamprozesse sind demnach Informationsaustausch und Koordination im Team. Dieses generische Modell wurde bereits um die potentiell leistungssteigernden Verhaltensweisen ergänzt (Vgl. Kapitel 3.3).

Da für Teamaufgaben die Ausprägung der Teamprozesse, das heißt das beobachtbare Verhalten, relevant ist, wird die HTA eingesetzt, um die Aufgabenziele und Unteraufgaben zu bestimmen, welche zwingend auf Informationsaustausch und Koordination im Team angewiesen sind (Annett, 1996; Annett & Cunningham, 2000; Annett et al., 2000).

Aufgabenanalysen sind ein etabliertes Verfahren in der Domäne der Systemergonomie um die Anforderungen der Aufgabe an die Operateure zu erfassen. Eine Aufgabenanalyse ist nicht deterministisch, sondern bildet das Verständnis einer Aufgabe für einen bestimmten Zweck ab. Für eine hierarchische Aufgabe wird ein Aufgabenziel bestimmt, welches durch ein messbares Ziel oder qualitative Größe beschrieben ist. Aus diesem Ziel werden Unter-Aufgaben abgeleitet, welche durch messbare Unterziele definiert sind. Das Prinzip ist dabei, dass das übergeordnete Ziel hierarchisch die Unteraufgaben beschreibt. Diese Zerlegung eines übergeordneten Ziels in Unterziele und Aufgaben erfolgt bis zu dem erforderlichen Detaillierungsgrad der Studie. Es gibt keine allgemeine Vorgabe, sondern die Analyse muss die erforderlichen Daten für das Untersuchungsziel bereitstellen. Die Stopp-Regel wurde von Annett definiert: „Stop when the product of the probability of failure (p) and the cost of failure (c) is judged acceptable" (Annett, 2004). Annett et al. (2000) stoppten in ihrer HTA, als die Aufgabe so detailliert beschrieben war, dass sie aus den Input- und Output-Beschreibungen sowie dem Plan der Abarbeitung der Aufgaben objektiv beobachtbare Verhaltensweisen des Teams ableiten konnten.

Das Ziel der HTA in dieser Arbeit ist ebenfalls, die zwingend notwendigen Inhalte und die erforderlichen Kommunikations-Sequenzen zu ermitteln, welche für die Bearbeitung der Teamaufgaben Konflikterkennung und Konfliktlösung, und damit das Erreichen des Teamziels, notwendig sind. Speziell soll durch die Analyse eine prototypische Kommunikationssequenz erstellt werden, wann die Teammitglieder welche Informationen einander übermitteln sollten, um die Aufgabe ideal zu lösen. Die Analyse wird deshalb dann gestoppt, wenn zu erwartende, konkrete Kommunikationsinhalte aus den Aufgaben abgeleitet werden können.

Für die Dekomposition von TeamCom wurden zwei Lotsen interviewt, welche die Versuchsaufgabe bearbeiteten und anschließend Fragen zu ihrem mentalen Modell der Aufgabe beantworteten. Die Beschreibung findet sich in Tabelle 11.

Nach Meinung der Experten gibt es für die Aufgabe „TeamCom" drei Ziele – Einhaltung der Separationsabstände für alle Flugzeuge, die effiziente Führung der Flugzeuge vom Einflugpunkt zum Ausflugpunkt, sowie Einhaltung der Ausflugbedingungen. Zwei Teampartner sind für den Luftraum zuständig. Ihnen sind verschiedene Flugzeuge zugeordnet, die miteinander Konflikte haben können. Die Aufgabe des Teams besteht im Erkennen und Lösen der Konflikte. Dabei

soll die Lösung von beiden Lotsen gemeinsam gesucht werden und im Anschluss umgesetzt werden. Die Vorgehensweise wurde so beschrieben, dass kontinuierlich die Flugstrecken der eigenen Flugzeuge überwacht werden sollten. Erkannte Konflikte sollten mit dem Partner abgesprochen werden, damit beide sich bewusst sind, dass ein Konflikt vorliegt. Anschließend sollte die Lösung gemeinsam besprochen werden, damit eine möglichst effiziente Lösung gefunden werden kann. Effizient bedeutet dabei eine geringe Anzahl notwendiger Veränderungen. Für ein gutes Verkehrsbild sollten auch die Luftfahrzeuge des Teampartners mit beobachtet werden.

Tabelle 11 Beschreibung der Aufgabe „TeamCom“ durch Fluglotsen (Experten)

Kategorie	Formulierung	Ergänzung durch Fluglotsen
Ziele	Das Ziel bei dieser Versuchsaufgabe ist…	die LFZ sicher und effizient durch den vorgegebenen Luftraum zu führen.
Schwerpunkt der Aufgabe	Die Schwierigkeit bei dieser Aufgabe ist…	das Erkennen der potenziellen Konflikte ohne technische Unterstützung.
Strategie	Die beste Vorgehensweise, um die Aufgabe erfolgreich zu lösen, ist…	ein kontinuierliches Scannen des Radarbildes entlang der Flugstrecke des von mir kontrollierten LFZ.
Strategie	Um Konflikte zu lösen, würde ich zuallererst…	das Problem mit dem anderen Lotsen besprechen, so dass er es auch sieht und dann gemeinsam nach der einfachsten und effizientesten Lösung zu suchen
Relevante Informationen	Um ein gutes Verkehrsbild zu haben…	muss man vorausschauend planen, welchen Weg das LFZ fliegt und welche Höhenänderungen erforderlich sind und man muss den Verkehr des anderen Lotsen kontinuierlich scannen.

Die Schwierigkeit für die Experten lag dabei im Erkennen der Konflikte. Dies lässt sich damit erklären, dass diese Lotsen die Arbeit in Sektoren gewohnt sind, wobei sie für alle Flugzeuge über die relevanten Informationen verfügen. Zum anderen werden Lotsen im täglichen Betrieb durch Assistenzsysteme bei der Konflikterkennung unterstützt. In TeamCom gibt es keine Unterstützung.

Die HTA erfolgte aus Sicht eines individuellen Teammitglieds für das wichtigste Ziel Sicherheit, welches über die Einhaltung der Separationsabstände für alle Flugzeuge gemessen werden kann. Die Unteraufgaben wurden aus der Vorgehensweise der Experten abgeleitet und aus allgemeinen Modellen der Entscheidungsfindung (Vgl. Kapitel 3.2.1.2). Dabei wurden alle notwendigen Aufgaben identifiziert und anschließend bestimmt, welche davon individuell bearbeitet werden können und welche zwingend Informationen des Teampartners benötigen, um Unsicherheit in den Entscheidungen zu minimieren. Da es sich bei dem Team um eine Dyade handelt, in der beide Teammitglieder die gleiche Rolle, Aufgaben und Verantwortlichkeiten haben, beschreibt die Analyse dennoch die Aufgabe für beide Teammitglieder.

Notwendige Kommunikation reduziert die Mehrdeutigkeit von Situationen. Mehrdeutigkeit entsteht dadurch, dass den Teammitglieder nicht alle relevanten Informationen direkt zur Verfügung stehen. Ohne Informationsaustausch mit dem Partner kann das individuelle Teammitglied nicht entscheiden, ob Flugzeuge mit einem potentiellen Konflikt tatsächlich auf der gleichen Flughöhe den Luftraum durchqueren.

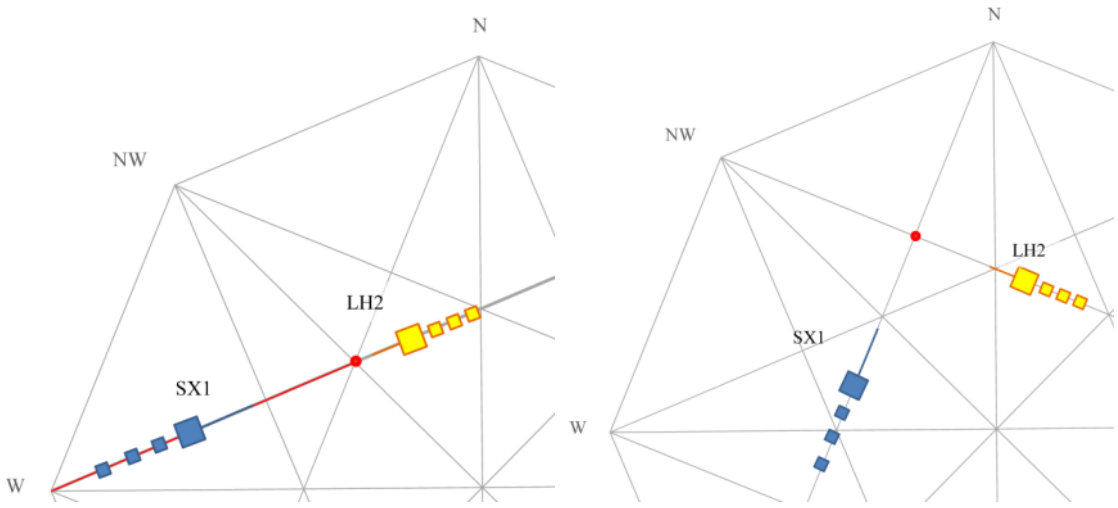


Abbildung 18 Beispiel für die Abhängigkeit der Relevanz von Flugdaten von der Situation

Anhand von zwei Beispielen (Abbildung 18) wird der Nachrichtenwert der Flugzeugdaten in mehrdeutigen Situationen beschrieben. Im Beispiel links kommen sich die zwei Luftfahrzeuge SX1 und LH2 entgegen. LH2 kann nicht mehr abbiegen, SX1 hätte noch die Möglichkeit abzubiegen (roter Punkt) aber nicht bevor LH2 sich auf dem gleichen Routenabschnitt befindet. Der gemeinsame Routenabschnitt, an dem sich die Flugzeuge kreuzen, ist rot gekennzeichnet. In diesem Fall sind die Geschwindigkeit und die Flugroute irrelevant für die Entscheidung, ob die Luftfahrzeuge einen Konflikt haben werden. Die Informationen, auf welcher Höhe die Luftfahrzeuge unterwegs sind, ist dagegen relevant, da sie die Mehrdeutigkeit der Situation reduziert und somit Nachrichtenwert besitzt. Im Beispiel rechts haben die beiden Flugzeuge einen Schnittpunkt ihrer Routen (roter Kreis), dabei kann keines der Flugzeuge mehr abbiegen. In dieser Situation ist die Routeninformation irrelevant, aber Geschwindigkeit und Höhe sind relevante Daten. Weitere notwendige Kommunikation entsteht dadurch, dass das individuelle Teammitglied nicht die Wirksamkeit der eigenen Konfliktlösung einschätzen kann, wenn es nicht über Informationen darüber verfügt, ob und welche Lösung das Teammitglied vornimmt. Speziell Änderungen der Höhe können dem jeweils anderen Teammitglied nur durch Informationsaustausch zur Verfügung gestellt werden. Jegliche optionale Kommunikation und Kommunikation ohne direkten Aufgabenbezug ist in der HTA nicht abgebildet.

Die Aufgabe TeamCom konnte mit fünf Abstraktionsebenen abgebildet werden. Eine Übersicht ist in Abbildung 19 zu finden, die einzelnen Aufgaben sind detailliert in Anhang A beschrieben. Für jede Aufgabe wurde ein Input, ein Output sowie die Bedingung definiert unter der die Aufgabe aktiv wird. Diese Bedingungen sind Teil des Plans, welcher die Abfolge der Subaufgaben zur Zielerreichen beschreibt. Aufgaben können sequentiell oder parallel bearbeitet werden. Diese Bedingungen sind als Labels an den Aufgabenschritten zu finden. Außerdem wurde kodiert, ob diese Aufgabe prinzipiell individuell (weiße Boxen), oder nur im Team bearbeitet werde kann, da Informationen des Teampartners benötigt werden (grüne Boxen). Boxen mit einen schwarzen Rechteck markieren Unteraufgaben, welche nicht weiter detailliert sind. Kreise markieren, dass hier weitere Unteraufgaben identifiziert wurden, welche für die Übersichtlichkeit in dieser Darstellung nicht integriert sind.

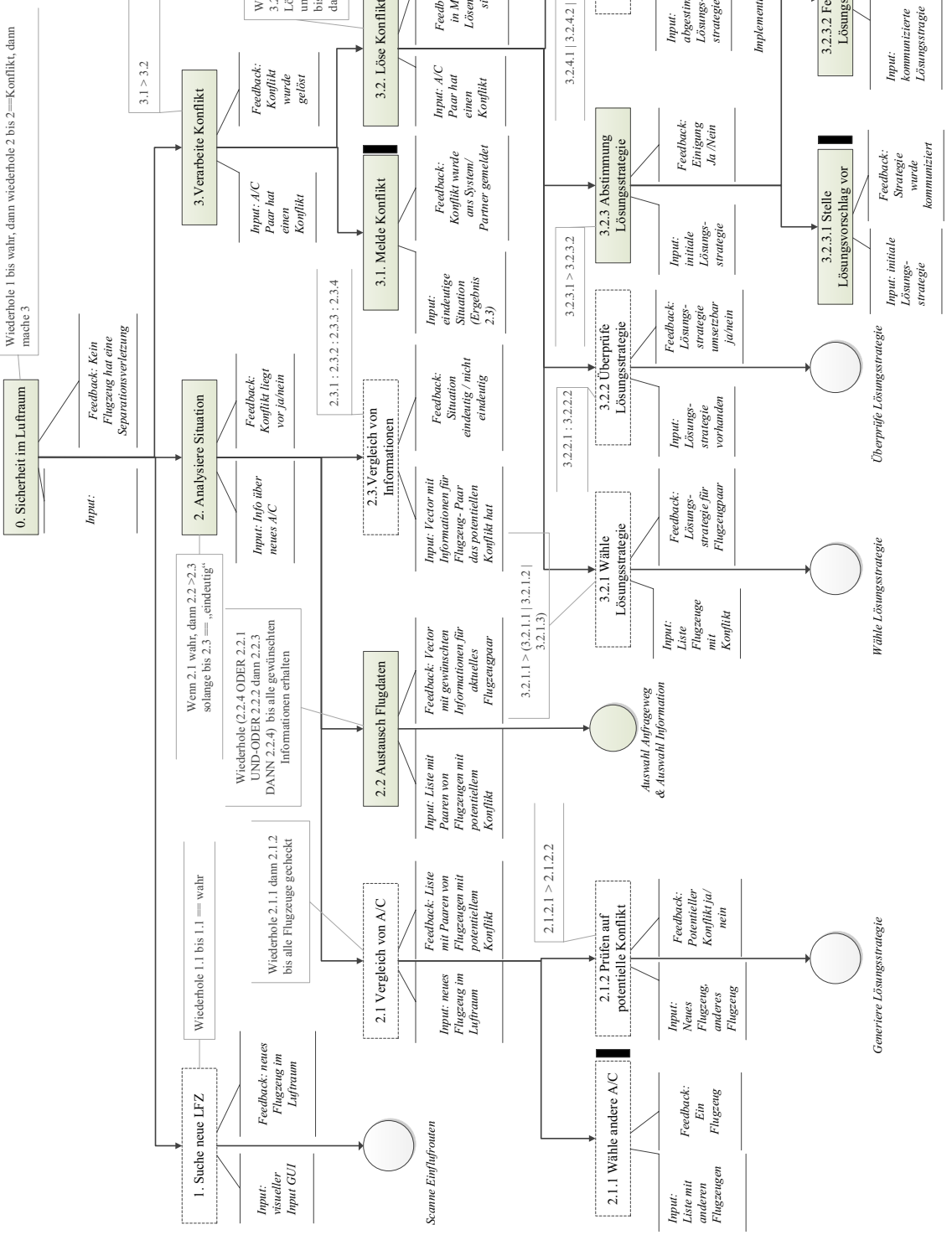


Abbildung 19 Ergebnis der hierarchischen Aufgabenanalyse zur Versuchssaufgabe TeamCom

Um das übergeordnete Ziel zu erreichen, wurden die drei Unterziele „Suche neue Luftfahrzeuge“, „Analysiere Situation“ sowie „Verarbeite Konflikte“ definiert sowie darunter liegende Aufgaben „Scanne Einflugrouten“, „Vergleiche LFZ“, „Informationsaustausch“, „Vergleich von Informationen“, „Melde Konflikte“ und „Löse Konflikte“. Diese Aufgaben sind durch drei Hierarchie-Ebenen abgebildet und sind mit den zugehörigem Input, Output und dem Plan in Tabelle 12 dargestellt. Aufgaben sind grau und fett markiert, für die Informationen des Teampartners benötigt werden. Demnach wird zu diesen Aufgaben beobachtbare Kommunikation zwischen den Teammitgliedern erwartet. Die Suche nach neuen Luftfahrzeugen mit potentiellem Konflikt, das heißt die Überwachung des Luftraums, kann individuell erfolgen. Die Analyse der Situation und das Verarbeiten der Konflikte erfordern Kommunikation mit dem Teampartner. Auf Grundlage dieser Analyse wird im Folgenden eine prototypische Sequenz der Teamkommunikation abgeleitet.

Tabelle 12 Partielle Ziel-Hierarchie der Aufgabe "TeamCom"

Aufgabe	Input	Output	Plan
0. Sicherheit im Luftraum	--	Kein LFZ hat eine Separationsverletzung	1 > 2 > 3 Wiederhole 1 bis wahr, dann wiederhole 2 bis 2 == Konflikt, dann mache 3
1. Suche neue LFZ	*visueller Input Mikrowelt*	*neues LFZ im Luftraum*	*Wiederhole 1.1 bis 1.1 == wahr*
1.1 Scanne Einflugrouten	*wähle jeden Einflugpunkt*	*neues LFZ fliegt in den Luftraum*	
2. Analysiere Situation	**Neues LFZ im Luftraum**	**Konflikt liegt vor ja/nein**	**1 > 2|3 Wenn 2.1 wahr, dann 2.2 >2.3 solange bis 2.3 == „eindeutig“**
2.1 Vergleich der LFZ	*neues LFZ fliegt in den Luftraum*	*Liste von LFZ mit potentiellem Konflikt*	*Wiederhole 2.1.1 dann 2.1.2 bis alle LFZ gecheckt*
2.2 Austausch Flugdaten	Liste mit Paaren von Flugzeugen mit potentiellem Konflikt	Vektor mit gewünschten Informationen für aktuelles Flugzeugpaar	1|2|4 > 3 Wiederhole (2.2.4 ODER 2.2.1 UND-ODER 2.2.2 dann 2.2.3 DANN 2.2.4) bis alle gewünschten Informationen erhalten
2.3 Vergleich von Informationen	*Vektor mit Informationen für Flugzeug- Paar das potentiellen Konflikt hat*	*Situation eindeutig / nicht eindeutig*	*2.3.1 : 2.3.2 : 2.3.3 : 2.3.4*
3. Verarbeite Konflikte	LFZ-Paar hat einen Konflikt	Konflikt wurde gelöst	3.1 > 3.2
3.1 Melde Konflikt	eindeutige Situation (Ergebnis 2.3)	Konflikt wurde ans System/Partner gemeldet	
3.2 Löse Konflikte	LFZ- Paar hat einen Konflikt	Eingaben in Mikrowelt zum Lösen des Konflikts sind erfolgt	1 > 2 > 3 Wiederhole (3.2.1; 3.2.2) bis Lösungsstrategie umsetzbar, dann 3.2.3 bis 3.2.3 == Einigung ja, dann 3.2.4

4.2.2 Prototypische Sequenzen der Teamkommunikation

Über die HTA wird eine optimale, im Folgenden deshalb prototypisch genannte, Bearbeitung von TeamCom definiert. Die als Teamaufgaben identifizierten Subaufgaben werden zu Phasen des erwarteten und beobachtbaren Verhaltens aggregiert. Individuelle Aufgaben und Entscheidungen sind nicht beobachtbar, sämtliche Interaktionen der Teammitglieder sind aber der Beobachtung zugänglich. Wenn Teammitglieder der prototypischen Sequenz folgen, verfügen sie zu jedem Zeitpunkt über alle relevanten Informationen zur Bearbeitung und Koordination ihrer individuellen Aufgaben und können deshalb gute Teamleistung erbringen.

Die Aufgabenanalyse zeigt, dass Kommunikation erst dann zwingend notwendig wird, wenn neue Flugzeuge in den Luftraum kommen und einen potentiellen Konflikt mit einem Flugzeug des Teampartners haben. Die Überwachung des Luftraums auf neue Flugzeuge kann jedes

Teammitglied individuell ohne Kommunikation durchführen. Trigger für Kommunikation im Team sind Flugzeuge mit einem potentiellen Konflikt. Abbildung 20 zeigt die abgeleitete Sequenz der Teamkommunikation, in den Boxen sind die Aufgaben der HTA vermerkt zusammen mit den weiteren Merkmalen der Selektion, Pro-Aktivität und Frühzeitigkeit. Außerdem ist ein Beispiel für die beobachtbare Kommunikation im Team auf der rechten Seite ergänzt. Die Zuordnung der beobachteten Kommunikation zu den Aufgabenschritten erfolgt durch eine Inhaltsanalyse und Kodierung. Das Kodierschema für diese Analyse wurde speziell für die Aufgabe TeamCom entwickelt und ist in Anhang C inklusive der Anleitung zum Kodieren dargestellt. Diese Sequenz wird während der Bearbeitung des TeamCom Szenarios mehrfach durchlaufen, mindestens 16 mal.

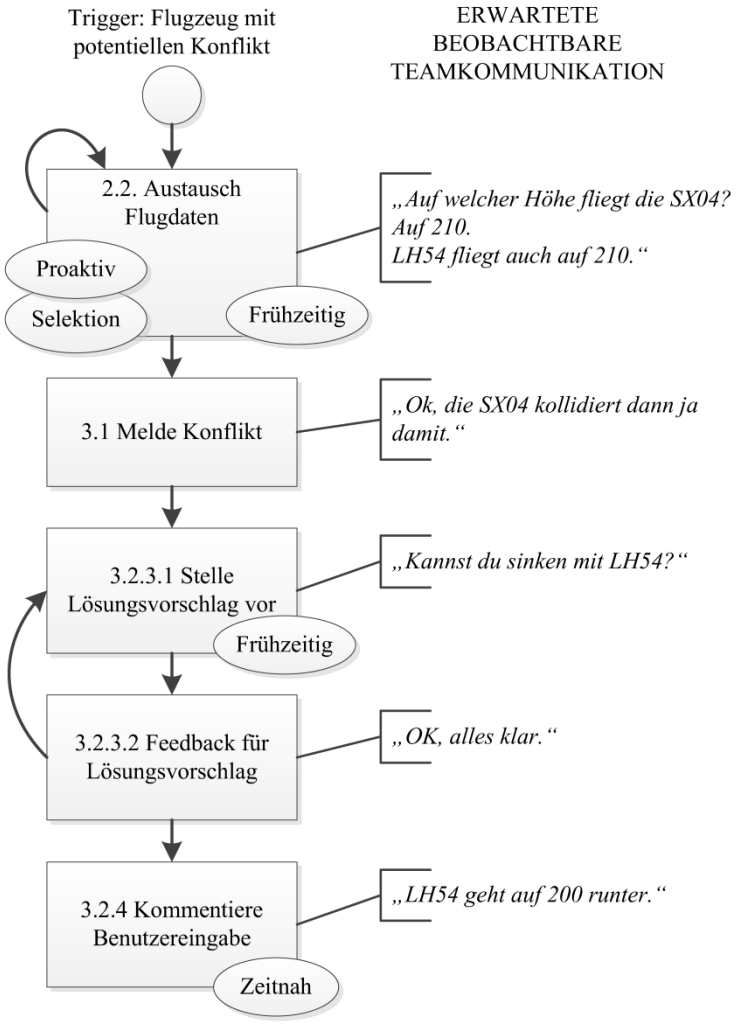


Abbildung 20 Erwartete Kommunikationssequenz und beobachtbare Kommunikationsinhalte

Ausgangspunkt ist, dass mindestens ein Teammitglied ein Flugzeug mit einem potentiellen Konflikt identifiziert. Anschließend werden im Team die relevanten Flugdaten ausgetauscht, um die Situation zu analysieren und ein eindeutiges Ergebnis zu bestimmen. Dies ist situationsabhängig. Irrelevante Informationen, welche nicht die Mehrdeutigkeit der Situation klären, sollen nicht kommuniziert werden (Verhaltensweise Selektion). Außerdem soll der Informationsaustausch frühzeitig erfolgen (Dynamische Komplexität) und nach Möglichkeit sollen Teampartner pro-aktiv informiert werden (Dynamische Komplexität).

Es gibt drei mögliche Ergebnisse der Situationsanalyse: ein Konflikt kann weiterhin „vielleicht“ auftreten, was weiteren Austausch von Flugdaten (Aufgabe 2.2) triggert. Die Analyse kann ergeben, dass kein Konflikt vorliegt („nein“), oder dass ein Konflikt vorliegt („ja“). In beiden Fällen wird erwartet, dass das Ergebnis der Situationsanalyse kommuniziert wird (Aufgabe 3.1 „Melde Konflikt“).

Für den Fall, dass ein Konflikt identifiziert wurde, müssen Veränderungen an den Luftfahrzeugen vorgenommen werden, so dass es nicht zu einer Separationsverletzung kommt. Nachdem ein Konflikt identifiziert wurde und diese Situationsanalyse kommuniziert wurde, kann jedes Teammitglied individuell eine effektive und effiziente Lösungsstrategie erarbeiten. Damit diese im Team bekannt ist, soll ein Lösungsvorschlag kommuniziert (Aufgabe 3.2.3.1) und in einem weiteren Schritt auch bestätigt werden (Aufgabe 3.2.3.2). Dies entspricht der Forderung nach „Closed-Loop-Kommunikation“, eine der leistungssteigernden Verhaltensweisen bei Aufgaben mit hoher koordinativer Komplexität.

Durch die Absprache eines Lösungsvorschlags können Konflikte verhindert werden. Gleichzeitig wird sichergestellt, dass durch die Lösung keine neuen Konflikte entstehen. Die Absprache von Konflikten soll ebenfalls frühzeitig erfolgen, da Lösungen mit geringem Arbeitsaufwand, beispielsweise die Änderung der Flughöhe eines Flugzeuges, mehr Zeit benötigen bis sie wirksam sind, als die Änderung der Flugroute. Das Ausweichen der Flugzeuge erfolgt relativ schnell, erfordert aber mehr Eingaben und damit Arbeitsaufwand für die Teampartner. Wenn die Rückmeldung ergibt, dass der Lösungsvorschlag für den Teampartner nicht akzeptabel ist, erfolgen weitere Vorschläge und Rückmeldungen.

Abschließend werden die vorgenommen Änderungen kommuniziert, d.h. die Umsetzung der vereinbarten Lösung (Aufgabe 3.2.4). Diese Benutzereingaben, müssen im Team ebenfalls kommuniziert werden, da zum Beispiel die Änderung der Höhe für den Teampartner nicht erkennbar ist. Dieses Informieren sollte zeitnah erfolgen, damit ein gleicher Wissensstand im Team vorliegt.

Das prototypische Verhalten verbalisiert jede erforderliche Unteraufgabe der Entscheidungsfindung, d.h. von der Situationseinschätzung bis zu den getätigten Handlungen. Folgen Teams diesem Prozess, dann ist sichergestellt, dass im Team notwendige Informationen in den entsprechenden Phasen der Entscheidungsfindung explizit vorhanden sind und demnach in die Entscheidungsfindung einbezogen werden können. Mit dieser Kommunikationsabfolge würden im Team demnach die notwendigen Informationen vorliegen, um Sicherheit im Luftraum zu garantieren.

4.2.3 Erwartete Auswirkung von Erfahrung und Kommunikationsmedium auf die prototypische Sequenz

Für sowohl das Kommunikationsmedium Chat, als auch gemeinsame Erfahrung als Team, soll implizite Koordination eine leistungssteigernde Verhaltensweise sein. Dies wirkt sich auf die Ausprägung der Sequenz aus. Die gemeinsame Erfahrung als Team soll implizite Koordination und eine standardisierte Kommunikation erzeugen. Der erhöhte Zeitbedarf für Kommunikation über Chat sollte ebenfalls zu Formen impliziter Koordination führen. Außerdem sollten Teams mit gemeinsamer Erfahrung Lösungsstrategien anwenden. Die Verwendung gleichbleibender Lösungsstrategien sollte dazu führen, dass es weniger oder kein Feedback zu einem Lösungsschritt gibt, das heißt keine Rückkopplung von Aufgabe 3.2.3.2 zu Aufgabe 3.2.3.1.

Die Kommunikationssequenz wird als explizite Koordination verstanden, da Teams jeden Schritt der Entscheidungsfindung verbalisieren. Eine mögliche Form der impliziten

Koordination ist in Abbildung 21 dargestellt. In diesem Fall führen die Teampartner die Situationsanalyse und die Auswahl einer Lösungsstrategie individuell durch und ein Teampartner kommuniziert seine individuell beschlossene und umgesetzte Lösung.

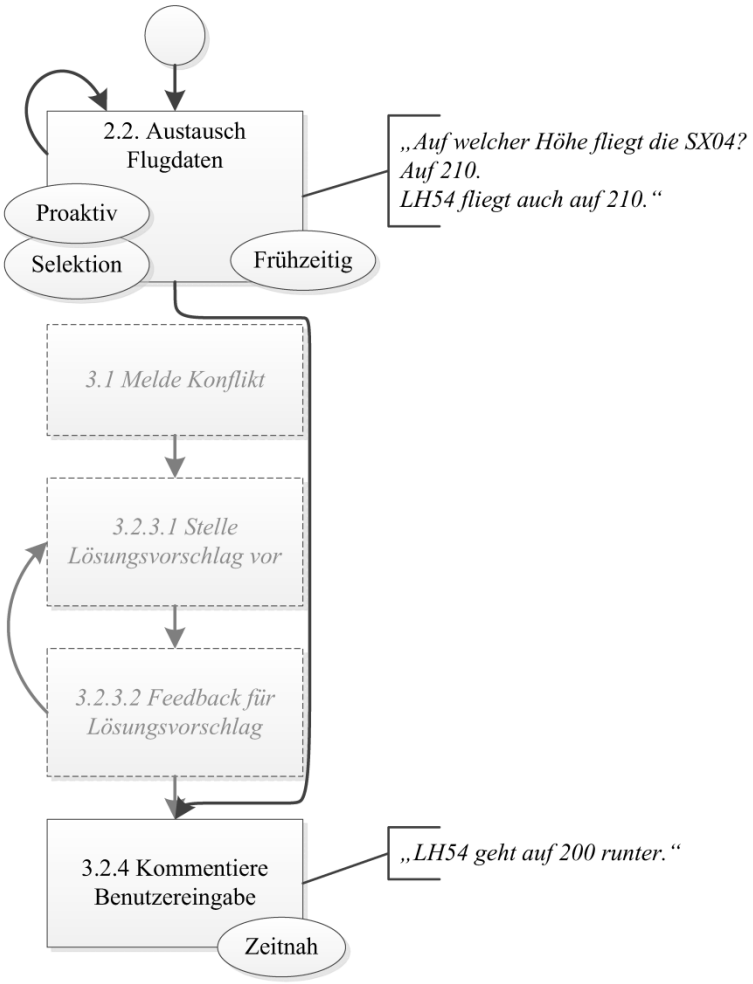


Abbildung 21 Implizite Koordination als Abwandlung der prototypischen Sequenz der Teamkommunikation

Damit diese Form der Koordination erfolgreich ist, sollten Teampartner zu identischen Analyse-Ergebnissen kommen und Lösungsvorschläge bringen, welche für den anderen Teampartner akzeptabel sind. Andernfalls würde sich im Anschluss an diese Kommunikationssequenz eine Abstimmung weiterer Maßnahmen anschließen, sodass letztendlich kein Zeitgewinn in der Koordination des Konflikts besteht.

Bei der mehrfachen Bearbeitung von TeamCom können die Teammitglieder Erfahrungen in zwei Bereichen sammeln – Aufgabenerfahrung und Teamerfahrung. Zu der Aufgabenerfahrung zählen in TeamCom zunehmende Erfahrungen mit dem Steuern der Flugzeuge über Benutzereingaben, die Relevanz von Fluginformationen zum Erkennen von Konflikten und über den Erfolg von Lösungsstrategien. Unter Teamerfahrung fallen Aspekte wie die Historie der gemeinsam gefundenen und implementierten Lösungen, Fähigkeiten der Teammitglieder sowie die Persönlichkeit von Teammitgliedern. Dieses gemeinsame Wissen kann explizite Koordination ersetzen. Als implizite Koordination werden beobachtete Kommunikationssequenzen betrachtet, bei denen Teilschritte der Entscheidungsfindung nicht explizit kommuniziert werden.

4.3 Aufbereitung der Kommunikationsdaten zur Überprüfung des Rahmenmodells

Das Kommunikationsverhalten wurde in Form von Events in einem Datensatz zusammengefasst. Das Vorgehen zur Datenaufzeichnung und Datenaufbereitung ist in Abbildung 22 visualisiert.

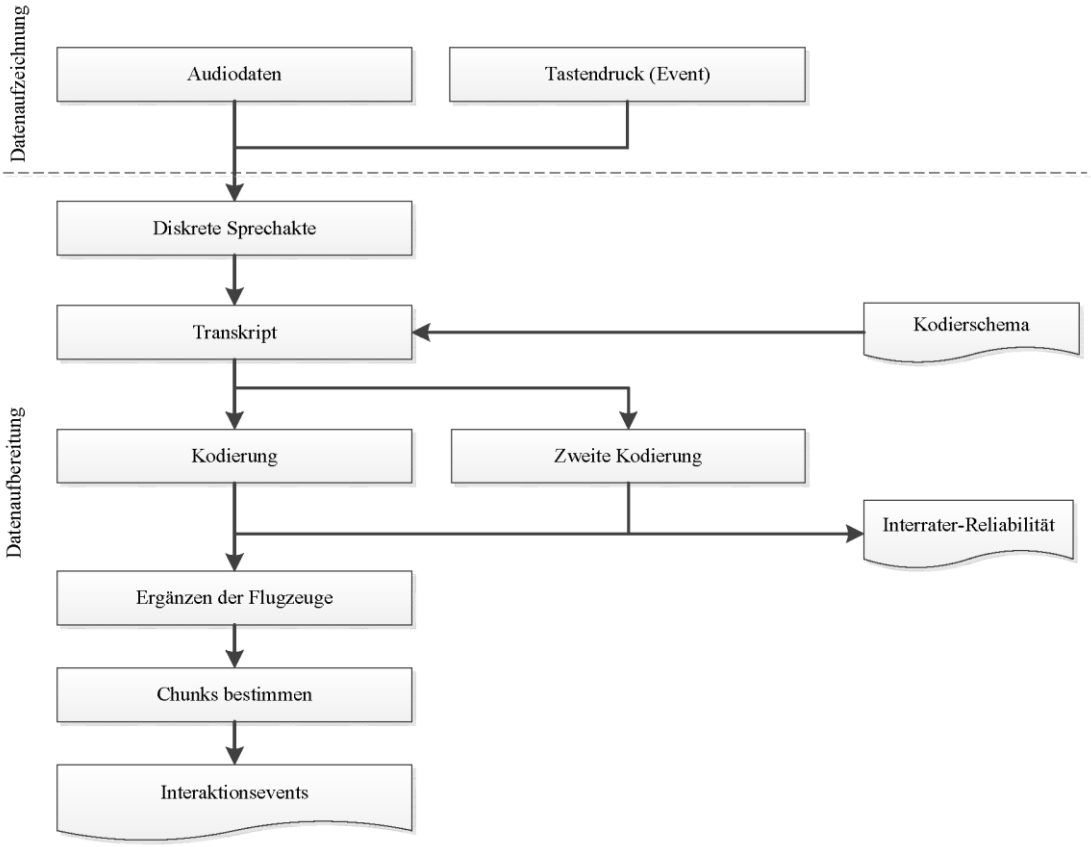


Abbildung 22 Vorgehen zur Aufbereitung der Interaktionsdaten

4.3.1 Erzeugen diskreter Sprechakte

In TeamCom werden Audiomitschnitte und Tastendrücke der Probanden aufgezeichnet, aus denen Sprechakte erzeugt werden. Aus den Tastendruck-Daten wurden Events generiert, welche durch eine Startzeit (Leertaste gedrückt), eine Endzeit (Leertaste losgelassen) und dem jeweiligen Sender definiert waren. Daraus wurden Start, Dauer und Sender des Events generiert.

Für die Studie „Kommunikationsmedium“ war es notwendig, auch eine Dauer für die Erzeugung der Chatnachrichten zu bestimmen um für alle Versuchsdurchgänge die gleichen Metriken berechnen zu können. Die Dauer für das Schreiben einer Nachricht liegt in einem typischen Chatprotokoll nicht vor. In der Studie Kommunikationsmedium war ein Test zur Ermittlung der Tippgeschwindigkeit enthalten. Allerdings waren die in diesem Test ermittelten Geschwindigkeiten unterdurchschnittlich langsam, so dass für die Datenauswertung ein anderes Verfahren entwickelt wurde.

Um die Schreibdauer zu ermitteln wurde ebenfalls das Drücken der Leertaste ausgewertet. Dabei wurde eine Anschlagsdauer pro Zeichen ermittelt, indem das Drücken der Leertaste in Bezug zu den Leerzeichen und der Länge der Wörter der Chatnachricht gesetzt wurde. Dieses Verfahren berücksichtigt nicht, wenn beim Schreiben Wörter gelöscht werden. Aus diesem Grund wurde der Median aller ermittelten Anschlagsdauern pro Zeichen als

Tippgeschwindigkeit einer Versuchsperson bestimmt. Um die Werte zu verifizieren wurden Referenzwerte in der Literatur bestimmt.

Eine mittlere Tippgeschwindigkeit, welche die Internetseite „ratatype.com“ (2013) ermittelte, auf der Benutzer ihre Tippgeschwindigkeit testen und verbessern können, lag bei 3.36 Zeichen pro Sekunde. Card, Moran und Newell (1983) setzen in ihrer Arbeit für durchschnittlich erfahrene Schreiber pro Tastendruck eine Zeit von 0.28 Sekunden an, was einem Wert von 3.57 Zeichen pro Sekunde entspricht. Der Mittelwert des Samples ist mit 3.51 Zeichen pro Sekunde (SD = 1.45) vergleichbar mit dem Durchschnittswert des Samples „ratatype“ ($t(55) = 0.78$, p = .44) und nahezu identisch mit Cards‘ Kennwert. Aus diesem Grund wurde das Verfahren als anwendbar eingeschätzt. Mit der so ermittelten Tippgeschwindigkeit pro Versuchsperson wurde für jede Chatnachricht die Dauer der Produktion ermittelt. Der Startpunkt des Events wurde über die Subtraktion der Dauer von dem Sendezeitpunkt berechnet.

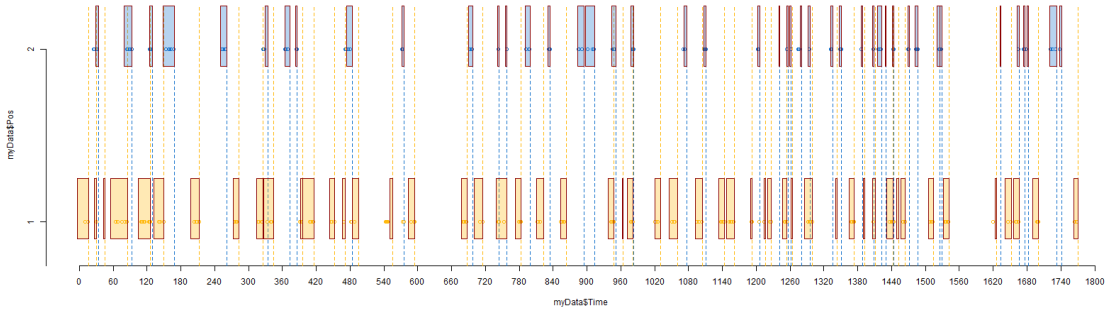


Abbildung 23 Prüfung der ermittelten Dauer der Kommunikationsevents in der Bedingung Chat

Die ermittelten Interaktionsdauern wurden für jeden Versuchsdurchgang geplottet und auf Augenscheinvalidität überprüft. Ein Plot ist in Abbildung 23 zu sehen. Die x-Achse zeigt die Dauer des Szenarios in Sekunden, die y-Achse zeigt die Interaktionsevents der zwei Teammitglieder. Jedes Rechteck zeigt die ermittelte Dauer für das Erstellen einer Chatnachricht, jede senkrechte Linie die Sendezeit des Interaktionsevents. Jeder Punkt zeigt das Drücken der Leertaste. Jeder Datensatz wurde auf Grundlage dieses Plots darauf geprüft, dass sich die Dauer der Nachrichten einer Person nicht überschneiden.

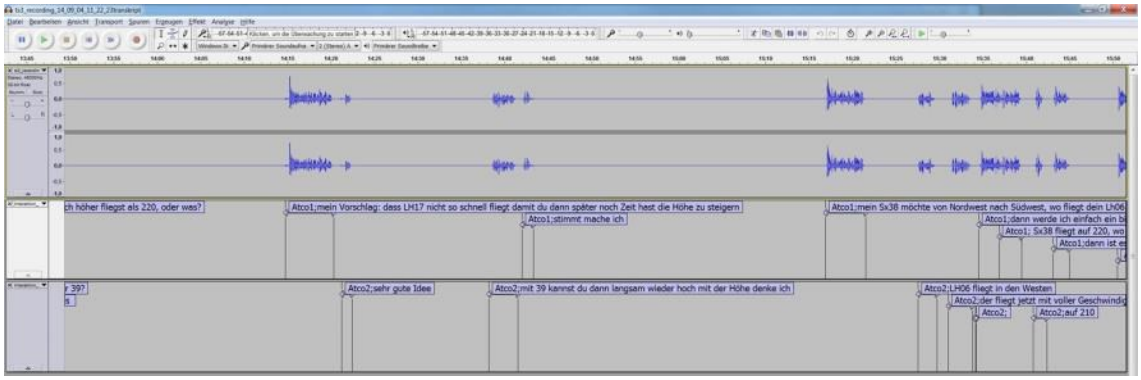


Abbildung 24 Oberfläche der Software "Audacity“ zur Transkription der Kommunikationsinhalte

4.3.2 Transkription

Die Start- und Endzeitpunkte eines jeden Sprechakts wurden in dem Freeware-Programm „Audacity“ als Zeitmarken importiert. Die Zeitmarken enthielten bereits den Sender als Information aus den Sprechakten. In dieser Software erfolgte die Transkription der verbalen Kommunikation. In Abbildung 24 ist die Benutzeroberfläche mit der Tonspur und den zwei Zeitmarken-Spuren der Teammitglieder zu sehen. Die Tonspur der Audiodatei ist als Wellenform für beide Stereokanäle dargestellt. Gut zu erkennen ist, dass der Funkkanal nur geöffnet war, wenn die Versuchspersonen die Leertaste gedrückt hielten und dass die Zeiten dazwischen komplett rauschfrei waren. In dem Versuch wurde eine integrierte Audiospur beider Teammitglieder erstellt. Unter den Tonspuren ist für jeden Probanden eine Spur mit den dazugehörigen Sprechakten vorhanden. Direkt in die Zeitmarken wurde das Transkript der Interaktion eingetragen. In der Abbildung sind zwei Minuten Interaktion dargestellt.

Audacity wurde für diese Aufgabe gewählt, da so die Zeitstempel der Tastendruck-Events verwendet werden konnte. Die ersten Datensätze wurden mit dem Programm Videograph kodiert (Rimmele, 2009), welches für soziologische und ethnografische Studien ausgelegt wurde. Die minimale Zeitdauer für Events betrug dort eine Sekunde. Diese Auflösung war zu grob für die in TeamCom generierten Sprachdaten, da viele Redeeinheiten eine kürzere Dauer als eine Sekunde hatten und Sprecherwechsel innerhalb einer Sekunde erfolgten.

4.3.3 Kodierung

Anschließend wurden die Zeitmarken als Textdaten in Tabellenform exportiert. Dieser Datensatz enthielt Start und Beginn des Sprechakts (die Zeiten des Tastendrucks), den Sender und den transkribierten Inhalte des Sprechakts. Die Datensätze wurden von insgesamt drei trainierten Kodieren an Hand eines Kodierungsschemas (Anhang C.7) kodiert. Für die Bedingung „Chat“ erfolgte die Kodierung an Hand der Chatprotokolle, welche ebenfalls das Ende des Sprechakts („Senden“), den ermittelten Start, den Sender und den Inhalt der Nachricht enthielten. Ab diesem Zeitpunkt unterschied sich die Datenaufbereitung nicht weiter. Die Hauptkategorien des Kodierungsschemas sind in Tabelle 13 dargestellt.

Das Kodierungsschema beinhaltete Hauptkategorien, um die Kommunikationsevents in Bezug zur Aufgabe zu setzen, das heißt eine Zuordnung zu den Phasen der prototypischen Sequenz (Vgl. Kapitel 4.2.2). Außerdem wurden Unterkategorien erstellt, welche die Luftfahrzeuge, auf die sich eine Aussage bezieht, erfassen sowie die Ergebnisse und Inhalte der Interaktionsevents kodiert. So wurde beispielsweise die Art und Weise des Informationsaustauschs erfasst, das heißt ob eine Frage gestellt wurde oder Informationen pro-aktiv gegeben wurden. Außerdem wurde für die Kategorie Situationsanalysen Als Unterkategorie das Ergebnis der Analyse erfasst, mit den Ausprägungen „kein Konflikt“ oder „Konflikt liegt vor“.

Es wurde angenommen, auf Grundlage der in Kapitel 3.1.3 erarbeiteten typischen Verhaltensweisen in einer Lotsenaufgabe, dass die Interaktion überwiegend in Beziehung zu den konkreten Handlungsschritte der Teams stehen werden. Da es sich um Aktionsteams handelt, sind keine typischen Verhaltensweisen von Planungsteams zu erwarten. Deshalb wurde kein bestehendes Kodierungsschema verwendet, aber Kategorien aus existierenden Verfahren übernommen. Die bekannten Schemata kodierten entweder Verhalten, welches in der Aufgabe nicht erwartet wurde oder fokussierten sich auf die Wirkung der Interaktion, d.h. emotionale Wirkungen, Zustimmung und Ablehnungen. Dies war nicht Fokus der leistungssteigernden Verhaltensweisen.

Der Fokus lag darauf, die aufgabenbezogene Interaktion mit den Anforderungen der Aufgabe zu Verknüpfen. Aus diesem Grund wurden die Zeiten der Sprechakte automatisiert erfasst. Der Fokus in der Inhaltsanalyse lag auf dem übermittelten Inhalt und der pragmatischen Funktion der Kommunikation (Frage, Antwort). Die Interrater-Reliabilität des Kodierungsschemas wurde überprüft und gesondert in Abschnitt 4.3.5 berichtet.

Tabelle 13 Hauptkategorien für die Kodierung der Daten

Kategorie	Bedeutung	Beziehung zum prototypischen Verhalten
START	*Zeitpunkt der Interaktion*	*Frühzeitigkeit, Relevanz,*
DAUER	*automatisch erfasst*	
SPRECHER	*automatisch erfasst*	
		HAUPTKATEGORIE
INFORM	Informationsaustausch	Phase prototypische Sequenz, Selektion, Frühzeitigkeit
CONFI	Identifizierung von Konflikten	Phase prototypische Sequenz, Explizite Koordination
CONFS	Stelle Lösungsvorschlag vor	Phase prototypische Sequenz, Explizite Koordination
FEELÖ	Gebe Feedback über Lösung	Phase prototypische Sequenz, Explizite Koordination
USCOM	Kommunikation über Benutzereingabe	Phase prototypische Sequenz, Explizite Koordination
TEAM	Aussagen zur Zusammenarbeit im Team – Teamwork	
STRAT	Strategisches Vorgehen	Einfluss Erfahrung
REST	Rest – Aussagen ohne direkten Aufgabenbezug	
		NEBENKATEGORIE
LFZ	Kennzeichner des Flugzeuges	Selektion relevanter Informationen, Frühzeitigkeit
SIG	Flugzeug explizit oder implizit genannt	Explizite Koordination
INFORM_1	Art und Weise des Informationsaustauschs	pro-aktives Verhalten
ALT	Höhe (Altitude)	Selektion relevanter Informationen, Frühzeitigkeit
TAL	Zielhöhe (Target Altitude)	Selektion relevanter Informationen, Frühzeitigkeit
ROU	Route	Selektion relevanter Informationen, Frühzeitigkeit
SPE	Geschwindigkeit	Selektion relevanter Informationen, Frühzeitigkeit
TEMP	Zeitbezug von Informationen	Explizite Koordination
CONFI_1	Ergebnis der Situationsanalyse	vielleicht, liegt vor, kein Konflikt
CONFS_1	Art und Weise der Konfliktlösung	Vorschlag, Anweisung, Konfliktlösung bereits erfolgt
FEELOE_1	Ergebnis des Feedbacks	Ablehnung, Zustimmung
EMO	Emotionale Aussagen	Einfluss Medium

Im nächsten Schritt der Datenaufbereitung wurde zu jedem Kommunikationsevent, dem eine Phase der prototypischen Sequenz zugeordnet wurde, das entsprechende Luftfahrzeug oder Luftfahrzeug-Paar ergänzt, auf welches sich die Kommunikation bezog. Wurde das Luftfahrzeug nicht explizit genannt, dann wurden der Kontext (explizite Nennung des Flugzeugs im Event zuvor oder danach) sowie Aufzeichnungen der Simulationsaufgabe verwendet, um diese Bestimmung vorzunehmen. War eine Zuordnung nicht möglich, blieb dieses Attribut frei.

4.3.4 Bestimmung von Kommunikationssituationen (Chunks)

Im nächsten Schritt der Datenaufbereitung wurden die einzelnen Interaktionsevents zu übergeordneten Sinneinheiten zusammengefasst, die im Folgenden als „Chunks“ bezeichnet sind. Dieser Schritt der Datenaufbereitung folgt der TIP-Theorie von McGrath, welche den Zusammenhang zwischen Zeit (Time), Interaktion und Performanz für kleine Gruppen darstellt (McGrath, 1991). Demnach ist die Bedeutung eines Sprachaktes, das heißt eines Interaktionsevents, abhängig vom Kontext, beziehungsweise von der Situation, in der sich die

Gruppe gerade befindet. Die Situation wiederum definiert sich über den Modus der Gruppenarbeit, die Funktion und den aktuellen Pfad der Gruppenaktivität. Vorgänger und Nachfolger eines Events müssen berücksichtigt werden (McGrath, 1991, S. S. 168). Dafür sollen Interaktionsevents nach spezifischen Parametern aggregiert werden und darauf aufbauend die Struktur analysiert werden.

Für TeamCom wurde als Parameter zur Aggregation der Interaktionsevents die Länge der Pausen zwischen den Events verwendet. In der Linguistik wird deutlich der Zusammenhang zwischen kognitiven Prozessen und Interaktionen herausgearbeitet. Sprachanalysen werden verwendet, um Flugunfälle zu verstehen (Dietrich & Patrick, 2003). In der Literatur gibt es Befunde, dass Pausen, die einen Themenwechsel markieren, länger sind als Pausen innerhalb des gleichen Themas (Swerts, 1997). Pausen, die einen thematischen Wechsel markieren, sind länger als vier Sekunden (Swerts, 1997), Pausen an einer grammatikalischen Schnittstelle liegen bei einer Sekunde (Anderson, 2001), Pausen, die einen Sprecherwechsel markieren, liegen im Bereich von zwei Sekunden (Witt et al., 2010).

Pausen können dabei bedeuteten, dass es keinen Interaktionsbedarf gab oder in dieser Zeit andere, individuelle Aufgaben vorgenommen wurden, zum Beispiel individuelles Monitoring des Radarbildschirms. Interaktionen, die sich auf die gleiche Situation beziehen, sollten einen geringeren zeitlichen Abstand zueinander haben, als Interaktionen, die die sich auf eine neue Situation beziehen. Als Schwellwert für die Trennung von Chunks wurde der Mittelwert aller positiven Sprechpausen verwendet. Dieser wurde pro Simulationsdurchgang team-individuell bestimmt.

Eine typische Dichtefunktion der Pausen eines Teams ist in Abbildung 25 dargestellt. Dafür wurde die Funktion „Density“ der Software R verwendet (R Core Team, 2016). Die gestrichelte Linie markiert Pausen mit der Länge Null. Traten Überlappungen zwischen den Interaktionsevents auf, dann sind die Sprechpausen negativ, das heißt kleiner 0. Typischerweise gibt es einen hohen Anteil an Pausen mit einer Länge unter 5 Sekunden, welche charakterisieren, dass die Interaktion direkt einer vorhergehenden Interaktion folgt und sich darauf bezieht. Die durchgehende Linie markiert den für den Simulationsdurchgang bestimmten Schwellwert. Mit Hilfe der Chunks werden die Interaktionsevents zeitlich strukturiert. Die Metriken, welche die Einhaltung der prototypischen Sequenz überprüfen, werden auf Basis der Chunks bestimmt.

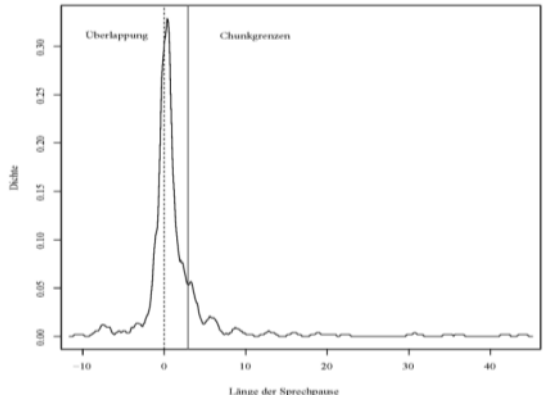


Abbildung 25 Bestimmung der Gesprächssituationen durch Analyse der Sprechpausen

4.3.5 Reliabilität der Inhaltsanalyse

Für beide Studien wurden insgesamt 116 30-minütige Datensätze der Team-Interaktion erhoben. 15% der Datensätze aus beiden Studien wurden von jeweils zwei Kodierern bewertet und anhand dieser Datensätze die Inter-Kodierer-Reliabilität bestimmt. Pro Durchgang wurden zwischen minimal 56 und maximal 411 Kommunikationsevents kodiert. Insgesamt wurden 5325 Sprechakte zweifach kodiert. Als Metriken wurden Cohen's Kappa und Krippendorf's Alpha bestimmt. Dazu wurde die Implementierung der Algorithmen aus dem R-Software-Paket „Irr" (Gamer, Fellows, & Singh, 2012) verwendet. In der Literatur zu Inhaltsanalysen im Bereich Teamarbeit und Flugsicherung wurden Korrelationen sowie Cohen's Kappa zur Analyse der Reliabilität der Kodierung verwendet. Krippendorf (2004) zeigte die Anforderungen an Reliabilität im Zusammenhang mit Inhaltsanalysen auf. Nach diesen Darstellungen erfüllen diese beiden Verfahren nicht die mathematischen Anforderungen an eine inhaltsanalytische Reliabilität. Allerdings erlaubt Cohen's Kappa, die in dieser Arbeit erreichte Reliabilität mit anderen inhaltsanalytischen Verfahren zu vergleichen. Deswegen wurden Kappa und Krippendorf's Alpha bestimmt. Die Unterschiede zwischen beiden Metriken sind für den vorliegenden Datensatz marginal. Die ermittelte Reliabilität des Verfahrens wird im Anschluss mit Ergebnissen bestehender Verfahren verglichen.

Die erreichten Reliabilitätswerte für die Kategorien des Kodierungsschemas sind in Tabelle 14 zusammengefasst. Die Reliabilität, ob ein Kommunikationsereignis vorliegt, der Zeitpunkt, und von wem diese Interaktion gesendet wurde, wurden nicht bestimmt, da diese Daten objektiv durch Tastendruck und das Freischalten der Funkfrequenz erfasst wurden. Hier lag keine Interpretation durch Kodierung vor. Mit diesem Verfahren ist die Reliabilität dieser Daten besser oder vergleichbar mit bestehenden Ansätzen. Außerdem war für die Bestimmung dieser Eigenschaften der Kommunikationsevents nur ein geringer manueller Arbeitsaufwand notwendig. Der Arbeitsaufwand entstand durch die einmalige Erstellung von Skripten zur Aufbereitung der Events. Das Potential einer vollständigen Automatisierung ist gegeben.

Tabelle 14 Kennwerte der Interrater-Reliabilität der Inhaltskodierung

Kategorie	α N = 5325 Events	Interpretation
Sprechakt		*automatisch erfasst*
Sprecher		*automatisch erfasst*
Zeitpunkt		*automatisch erfasst*
Dauer		*automatisch erfasst*
Austausch Flugdaten: Information anfragen	**.87**	**Übereinstimmung gut**
Austausch Flugdaten: Antwort	**.84**	**Übereinstimmung gut**
Austausch Flugdaten: Proaktiv	**.72**	**Übereinstimmung gut**
Höhe	**.80**	**Übereinstimmung gut**
Zielhöhe	.56	Übereinstimmung nicht zufriedenstellend
Geschwindigkeit	**.81**	**Übereinstimmung gut**
Route	**.84**	**Übereinstimmung gut**
Melde Konflikt: Konflikt erkannt / vermutet	.54	Übereinstimmung nicht zufriedenstellend
Melde Konflikt: Kein Konflikt	**.77**	**Übereinstimmung gut**
Stelle Lösungsvorschlag vor	.64	Übereinstimmung gut
Feedback Lösungsvorschlag	.59	Übereinstimmung akzeptabel
Kommentiere Benutzereingabe	**.64**	**Übereinstimmung akzeptabel**
HANDLUNG (Melde Konflikt + Lösungsvorschlag+Feedback+Kommentiere Benutzereingabe)	.72	Übereinstimmung gut
KONFLIKTLÖSUNG (Melde Konflikt ja/vermutlich + Lösungsvorschlag + Feedback)	**.63**	**Übereinstimmung akzeptabel**

Die höchsten Übereinstimmungen wurden für die Phase Austausch Flugdaten erreicht (Krippendorfs Alpha > .80 für Fragen und Antwort, 0.72 für pro-aktiven Informationsaustausch). Die jeweilige Art der weitergegebenen Information (Geschwindigkeit, Höhe und Route) erreichten ebenfalls gute Übereinstimmungen von $\kappa > .80$. Einzig die Information über die Zielhöhe wurde nicht mit zufriedenstellender Übereinstimmung kodiert und deshalb aus den weiteren Analysen ausgeschlossen.

Für die Phase „Melde Konflikt“ wurde nur eine gute Übereinstimmung für die Unterkategorie gefunden, dass kein Konflikt vorliegt ($\alpha = .77$). Die Übereinstimmung für die Phase „Konflikt erkannt oder vermutet“ sowie für die Phasen „Stelle Lösungsvorschlag vor“ und „Feedback Lösungsvorschlag“ war entsprechend der Konventionen zur Interpretation nicht akzeptabel bis gut, aber relativ gering. Deshalb wurde die Übereinstimmung für die Zusammengefassten Kategorien bestimmt und als neue Kategorie „Konfliktlösung“ sowie „Handlung“ bezeichnet.

4.3.6 Auswirkung auf die prototypische Sequenz

Ein Richtwert für die Reliabilität sagt, dass diese über 0.7 liegen sollte (Moosbrugger & Kelava, 2008). Anhand dieses Richtwerts wurde entschieden, welche Kategorien des Kodierungsschemas für die weitere Auswertung zu verwenden sind. Die Reliabilität der Phase „Austausch Flugdaten“ war gut. Die Reliabilität für die Phase „Melde Konflikte“ war nicht ausreichend. Es wurden die Unterkategorien ebenfalls berücksichtigt. Dabei zeigte sich, dass die Kategorie „Melde Konflikte – kein Konflikt“ beibehalten werden kann, da hier das Reliabilitätsmaß ausreichend war ($\alpha = .77$)

Um der akzeptablen Reliabilität der Phasen „Melde Konflikte – Konflikt liegt vielleicht bzw. sicher vor“ ($\alpha = .54$) sowie der Reliabilität der Phase „Feedback“ ($\alpha = .59$) Rechnung zu tragen, wird eine neue Kategorie „Konfliktlösung“ erstellt, welche die kodierten Phasen aus „Melde Konflikte“, „Lösungsvorschlag“ und „Feedback“ zusammenfasst. Die Inter-Rater-Reliabilität für diese neue Phase liegt bei $\alpha = .63$. Die Reliabilität würde weiter steigen, würde die Phase „Benutzereingabe“ mit hinzugenommen werden („Handlung“) ($\alpha = .72$), allerdings wäre dann die inhaltliche Aussage relativ gering. Deswegen wurde an dieser Stelle darauf verzichtet.

Die Reliabilität, welche anderer Studien erreichten (Vgl. Tabelle 15) sind nur teilweise vergleichbar, da prozentuale Übereinstimmungen beziehungsweise Korrelationen berechnet wurden. Auf die mathematische, und damit methodischen Unzulänglichkeiten dieser Kennwerte zur Bestimmung der Inter-Rater-Reliabilität weist Krippendorf ausführlich hin (Krippendorff, 2004).

Die Reliabilitätswerte der Kodierschemen, welche zu einem Vergleich herangezogen wurden, sind in Tabelle 15 dargestellt. Eine direkter Vergleich ist dadurch erschwert, dass zum einen unterschiedliche Kennwerte verwendet wurden, zum anderen die Variablen und Skalen nur im seltenen Fall explizit erläutert wurden. Der Vergleich wird deshalb zu den Verfahren IKD (Schermuly et al., 2010) und „Explizite Prozesskoordination von Entscheidungsfindungsgruppen“ von Kolbe (2006) gezogen, für die eine gute Dokumentation der Verfahren der Kodierung vorliegt. Die Übereinstimmung der Kodierung für die Art und Weise des Austauschs der Flugdaten liegen im Bereich des IKD. Die Übereinstimmung für das Verfahren „Explizite Prozesskoordination“ liegt bei .69. Dieser Wert wurde als untere Grenze für das hier verwendete Kodierungsschema verwendet. Die Zuordnung der Interaktionsevents zu der prototypischen Sequenz liegt, bei Verwendung der neuen Variablen „Konfliktlösung“, deshalb in einem akzeptablen Bereich.

Das hier verwendete Verfahren wird als angemessen betrachtet und die Kodiervariablen werden für die weitere Datenaufbereitung verwendet. Mögliche Ursachen für die geringe Reliabilität der Phasen im Bereich „Konfliktlösung“ werden in der Zusammenfassung der Arbeit diskutiert (Vgl. Kapitel 8.3.1). Die erwartete, prototypische Sequenz für den Fall, dass kein Konflikt vorliegt, wäre: „Austausch Flugdaten“ – „Kein Konflikt“; für den Fall, dass ein Konflikt vorliegt „Austausch Flugdaten“ – „Konfliktlösung“ – „Rückmeldung“ – „Kommentiere Benutzereingabe“.

Tabelle 15 Reliabilitätsmaße verwandter Kodierungsverfahren

Fokus	Verfahren	Literatur	Kodier-Variablen	Übereinstimmung / Reliabilität
Planungsteams	IKD (Instrument zur Kodierung von Diskussionen)	(Schermuly et al., 2010)	nominale Variablen Vorschläge, Fragen, Reaktionen	$\kappa >= .80$ Vorschläge $\kappa = .88$ Fragen $\kappa = .87$ Reaktionen $\kappa = .82$
Planungsteams & Aktionsteams	TEMPO (A Time Based System for Analysis of Group Interaction Process)	(Futoran et al., 1989) Anwendung: (Straus, 1999)	Stufe 1: Sprecher, Zeit, Dauer, Start-Schlüsselwörter Stufe 2: Art des Akts: Inhalt, Prozess, Nicht.-produzierende Funktion, Stufe 3: Vorschlag & Überprüfunge,1 – 4 weitere Unterkategorien	Stufe 1: “We have obtained virtually perfect inter-rater reliability”, Stufe 2: hohe Übereinstimmung, Studie 3: moderate Übereinstimmung In der Anwendung erreichte Übereinstimmung: $\kappa = .79$ bis .83
Aktionsteams	The Influence of Shared Mental Models on Team Process and Performance	(Mathieu et al., 2000)	Skalen Koordination, Kommunikation, Kooperation	Korrelation .50 bis .86
Planungsteams	Explizite Prozesskoordination von Entscheidungs-findungsgruppen	(Kolbe, 2006)	Kodiereinheiten: Kategorie explizite Prozesskoordination [Anrede, Handlungsanleitung, Strukturierung, Frage], Kategorien inhaltlicher Beiträge, Zusatzkategorien	$\kappa = .69$ für Kodierung der Sinneinheiten
Aktionsteams	Team Transactive Memory Index	(Moreland & Myaskovsky, 2000)	Beobachtung zu Spezialisierung des Erinnerung (memory differentiation) Aufgabenkoordination, Aufgaben-Glaubwürdigkeit (task credibility)	$\kappa >= .75$
Aktionsteams Beobachtung	SALIANT	(Bowers et al., 1998)	Methode zur Beobachtung relevanter Verhaltensweisen für Situationsbewusstsein	$\kappa = .70$ - .96
Aktionsteams Beobachtung	TARGET	(Fowlkes et al., 1994)	Beobachtung und Bewertung auf TARGET Checkliste	prozentuale Übereinstimmung der Beobachter ob TARGET erreicht wurde = 89%

4.4 Abhängige Variablen – Definition der Metriken

Auf Grundlage der identifizierten, potentiell leistungssteigernden Verhaltensweisen werden in diesem Abschnitt die Metriken definiert, welche diese Verhaltensweisen in der Teamkommunikation erfassen und quantifizieren, so dass sie zur Bewertung verwendet werden können.

4.4.1 Gütekriterien und methodische Anforderungen an die Versuchsumgebung TeamCom

Grundsätzlich können in Teamaufgaben Variablen auf Individualebene und auf Teamebene erhoben werden. Der Schwerpunkt der Untersuchung entscheidet darüber, auf welchem Level Variablen zum Teamverhalten gemessen werden sollten. Verfahren zur Erfassung der Persönlichkeit messen auf Individual-Ebene, Leistung in einer Teamaufgabe misst dagegen auf Teamebene. Interaktionsverhalten in einem Team kann sinnvollerweise nur auf Teamebene interpretiert werden, da es als Verhalten zwischen Individuen nicht unabhängig vom Interaktionspartner ist. Aus diesem Grund müssen für diese Studie alle Variablen (abhängige Variablen, Kontrollvariablen) auf Teamlevel erfasst, beziehungsweise aggregiert werden.

Für Tests, die menschliches Verhalten und menschliche Motive messen, haben sich Gütekriterien etabliert. In diesem Abschnitt wird auf die Kriterien nach ihrer Definition aus (Moosbrugger & Kelava, 2008) eingegangen. Zu den Gütekriterien zählen Objektivität und Reliabilität, Validität, Skalierung, Normierung, Testökonomie, Nützlichkeit, Zumutbarkeit, Unverfälschbarkeit und Fairness. Ziel des zweiten Teils der Arbeit ist es, Zusammenhänge zwischen Verhalten und Leistung in einer Lotsenaufgabe empirisch nachzuweisen. Es ist unbestritten, dass dieser Nachweis auf der Objektivität und der Reliabilität der angewendeten Messverfahren beruht. Allerdings ist es nicht das Ziel der Arbeit, über die Beobachtung von Verhalten auf kausale Zusammenhänge mit latenten Konstrukten, wie mentale Modelle, Situationsbewusstsein oder Vertrauen in den Teampartner zu schließen.

Die *Objektivität* eines Testverfahrens gilt als dann gegeben, wenn der Test „[…] dasjenige Merkmal, das er misst, unabhängig von Testleiter, Testauswerter und von der Ergebnisinterpretation misst.“ (Moosbrugger & Kelava, 2008, S. 8). Teamarbeit von Lotsen wurde im Rahmen von High-Fidelity-Simulationen beobachtet. Viele Einflussfaktoren wirken dort auf das beobachtbare Interaktionsverhalten, Teamarbeit ist im überwiegenden Fall Mittel zum Zweck. Weitere etablierte Verfahren sind für den Bereich der Verhaltensbeobachtung in realitätsnahen Experimenten entwickelt wurden. Die Verhaltensbeobachtung wurde von geschulten Experten durchgeführt. Dabei besteht die Expertise bei Beobachtungsverfahren aus dem Umfeld der Arbeits- und Organisationspsychologie im Bereich der Team- und Gruppenarbeit. Die Schwierigkeit für diese Verfahren liegt darin, wie Teamarbeit bewertet werden soll, wenn es kaum beobachtbares, explizites Teamverhalten gibt. Eine weitere Schwierigkeit wird darin gesehen, wenn die Expertise auf dem Anwendungsfall beruht, beispielsweise Lotsenarbeit, und der Einfluss der Zusammenarbeit im Team auf die Leistungsfähigkeit in zukünftige Verfahren getestet werden soll. Objektivität soll durch die Bewertung des beobachtbaren Interaktionsverhaltens realisiert werden, wobei der Anteil von subjektiven Interpretationen möglichst gering zu halten ist. Dies gilt vor allem für die Kodierung des Interaktionsverhaltens. Ein solches Vorgehen ermöglicht auch die mittelfristige Perspektive, weite Teile der Datenauswertung zu automatisieren, was die Anwendbarkeit der Metriken auf Systembewertungen erhöht.

Weiterhin wird Objektivität durch eine Standardisierung der Testdurchführung erreicht, wie eine textbasierte Instruktion der Versuchsumgebung sowie die Verwendung identischer Randbedingungen und einer identischen Versuchsaufgabe.

Validität beschreibt den Umstand, dass eine Metrik das zugrunde liegende theoretische Konstrukt abbildet. Die externe Validität ist dabei für die Anwendung der Metriken zur Bewertung von Konzepten der Flugführung von besonderem Interesse. Mit der Erfassung von Teamleistung im Sinne von der Verhinderung von Konflikten ist ein valides Maß gefunden. Die Kriterien für das zu beobachtende Verhalten sind aus den oben genannten Analysen abgeleitet. Validität im Sinne einer inhaltlichen Validität ist durch diesen Ansatz gegeben.

Die *Reliabilität* eines Tests ist dann gegeben, „ wenn er das Merkmal, das er misst, exakt, d.h. ohne Messfehler, misst“ (Moosbrugger & Kelava, 2008, S. 11). Die Inhaltskodierung in der Datenaufbereitung erfordert die Interpretation und ist damit ein eher subjektives Verfahren. Deshalb werden etablierte Kennwerte zur Reliabilität bestimmt. Wenn möglich, werden bestehende Messverfahren ergänzend eingesetzt. Generell ist davon auszugehen, dass menschliches Verhalten, und damit besonders das Verhalten in einer Teamsituation, sehr variabel ist. Wie oben beschrieben, stehen nicht die Motive für bestimmtes Verhalten im Vordergrund, sondern die kontrollierte Untersuchung, inwieweit sich Verhalten auf Leistung auswirkt. Die Reliabilität des Verfahrens wird, sofern dies möglich ist, abschließend diskutiert.

Bezüglich der *Unverfälschbarkeit* ist definiert, dass dieses Kriterium erfüllt ist, wenn „die zu testende Person durch gezieltes Testverhalten die konkrete Ausprägung ihrer Testwerte nicht steuern bzw. verzerren kann“ (Moosbrugger & Kelava, 2008, S. 23). Wenn eine Testperson das Ziel des Tests durchschaut, ist sie prinzipiell in der Lage das Ergebnis zu verzerren. TeamCom bildet eine Aufgabe ab, für deren Bearbeitung Kommunikation zwingend notwendig ist, ohne dass das Testziel offensichtlich ist. Prinzipiell haben die Versuchspersonen einen großen Einfluss auf die Ausprägung ihres Verhaltens. Es werden außerdem Einflüsse von sozialer Erwünschtheit erwartet, das heißt, dass Probanden versuchen, gute Teamarbeit zu zeigen. Der Test soll durch Instruktion der Aufgabe gewährleisten, dass das Verhalten der Probanden möglichst unverfälscht ist.

Nützlichkeit: Die Ergebnisse der Arbeit sollten nicht nur auf den konkreten Anwendungsfall des „Sektorlosen Luftraummanagements“ übertragbar sein, sondern mindestens auf weitere zukünftige Konzepte im Bereich der Flugführung. Idealerweise sollten sich die Ergebnisse auf vergleichbare Aufgaben übertragen lassen, d.h. Teamsituation von Aktions-Teams mit hoher dynamischer Komplexität und relativ geringem Anteil expliziten Teamverhaltens.

4.4.2 Leistung

4.4.2.1 Leistungsmetriken

Primäres Ziel der Teams war die Vermeidung von Separationsverletzungen, so dass das Auftreten dieser Separationsverletzungen die primäre Leistungsmetrik ist. Die Probanden mussten durch Überwachen des Luftraums und durch entsprechende Benutzereingaben dafür sorgen, dass die Luftfahrzeuge nicht die vorgegebenen Mindestabstände verletzen. Die Struktur der erfassten Metriken ist in Abbildung 26 dargestellt.

Zusätzlich wurde bestimmt, wie lang und wie stark die vorgegebene Separation unterschritten wurde. Aus diesen beiden Indikatoren wurde eine gewichtete, mittlere Konfliktdauer (Schweregrad) bestimmt, welche die Anzahl, Länge und Stärke des Konflikts in einem Maß integriert. Die Berechnung ist in 4.4.2.3 detailliert dargestellt. Zusätzlich wurde zwischen geplanten und ungeplanten Separationsverletzungen sowie Folge-Separationsverletzungen unterschieden. Die Kategorien,sowie Planwerte des Szenarios, sind in Tabelle 16 dargestellt. Geplante Separationsverletzungen traten auf, wenn die Versuchspersonen keine Eingaben über

ihre Benutzerschnittstellen vornahmen. Als geplanter Zustand gelten deshalb die Separationsverletzungen, Dauern und Schweregrade, welche ohne jegliches Eingreifen der Probanden aufgetreten wären. Folge-Separationsverletzungen wären bei Nichtstun deshalb nicht aufgetreten, weil sich die Flugzeuge auf unterschiedlichen Höhen kreuzten. Eine Benutzereingabe zur Lösung eines geplanten Konflikts, welche nicht weitere Flugzeuge berücksichtigte, konnte deshalb zu diesen Folge-Separationsverletzungen führen. Als dritte Variante konnten komplett ungeplante Separationsverletzungen auftreten, beispielsweise weil ein Flugzeug durch eine Veränderung des Kurses von der geplanten Route abkommt und ein anderes Flugzeug kreuzt.

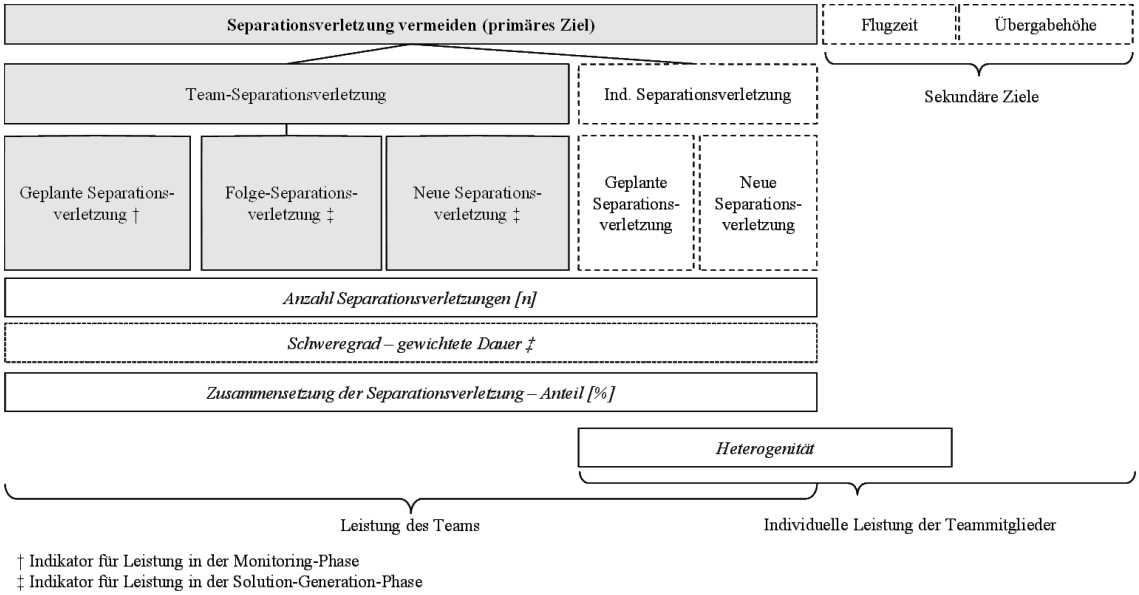


Abbildung 26 Übersicht über die Aspekte von Leistung und die Metriken

Die Metriken zu geplanten, bzw. verhinderten Separationsverletzungen stellen die Leistung in der Unteraufgabe „Konflikterkennung“ dar. Sie treten bei Inaktivität der Teammitglieder auf. Metriken zur Folge-Separationsverletzungen und Neuen Separationsverletzungen beschreiben die Leistung in der Unteraufgabe „Konfliktlösung“. Diese Separationsverletzungen treten durch Benutzereingaben in die Versuchsumgebung auf, welche nicht hinreichend koordiniert wurden.

Tabelle 16 Kennwerte der Leistungsmetriken – Kategorisierung der Separationsverletzungen

Kategorie Separationsverletzung	Merkmal	N	Dauer_gewichtet
Team Gesamt, davon:		16	
Team Geplant	Treten bei Inaktivität in der Überwachung auf	8	609.92
Team Folge	Treten auf, wenn durch Eingabe LFZ eines geplanten, potentiellen Konflikts auf die gleiche Höhe gesetzt werden	8	
Team Neu	Treten durch Eingaben auf	0 – ∞	
Individuell Geplant	Treten bei Inaktivität auf	2	107.38
Individuell Neu		0 – ∞	

Individuelle Separationsverletzungen sind Separationsverletzungen zwischen Luftfahrzeugen der jeweiligen Teammitglieder. Pro Teammitglied war ein individueller Konflikt geplant, zusätzlich konnten neue Separationsverletzungen entstehen. Für das Erkennen individueller Separationsverletzungen war kein Informationsaustausch, d.h. kein Überwachung durch beide Teammitglieder notwendig.

Außerdem kann durch die Differenzierung der aufgetretenen Separationsverletzungen (Geplant, Folge einer Benutzereingabe, Neu) auf die Leistung in den Unteraufgaben „Konflikterkennung / Überwachung“ und „Lösung von Konflikten“ rückgeschlossen werden und damit Leistung differenziert betrachtet werden. Dies ist vor allem sinnvoll, weil Leistung mit Verhalten assoziiert werden soll.

Als zweites Ziel gab es die Vorgabe, dass Luftfahrzeuge in einer vorgegebenen Höhe den Luftraum verlassen. Dieses Ziel gilt als individuelles Leistungsmaß und beschreibt, inwieweit die Versuchspersonen das individuelle Ziel berücksichtigen. Eine Nicht-Berücksichtigung der individuellen Vorgaben führte pro Teammitglied zu je einer geplanten Separationsverletzung.

Als drittes Ziel sollten die Versuchspersonen ihre Luftfahrzeuge möglichst schnell durch den Luftraum führen. Dadurch sollte das Verhalten der Probanden dahingehend vereinheitlicht werden, dass sie nicht Konflikte verhinderten indem Luftfahrzeuge vor dem Sektor dauerhaft kreisten. Die Flugdauer der Luftfahrzeuge wird nicht als ein primäres Leistungsmaß verwendet, aber dient als Metrik um das Problemlösen der Teams zu unterscheiden.

Für die Leistungsdaten individuelle Separationsverletzungen, Flugzeit und Übergabehöhe, welche auf das individuelle Teammitglied bezogen werden konnten, wurde außerdem bestimmt, ob die Teampartner im gleichen Maße dazu beitrugen, d.h. wie heterogen der Beitrag war.

4.4.2.2 Datenaufbereitung

Die Leistungsdaten wurden auf Grundlage der Datenprotokolle von TeamCom bestimmt. Die berechneten Leistungsmetriken sind in Tabelle 17 mit der Einheit und dem entsprechenden Wertebereich zusammenfassend dargestellt. Das Datenprotokoll wurde sekündlich aufgezeichnet und umfasste die vorgenommenen Benutzereingaben, die Positionen und Zustände der aktiven Flugzeuge (geplanter Zustand, aktueller Zustand) sowie die aktuell vorliegenden Separationsverletzungen und die zugehörigen Flugzeuge.

Die Separationsverletzungen wurden an Hand der Bezeichner der Flugzeug-Paare als Team-Separationsverletzung oder individuelle Fehler identifiziert. Die Flugzeugpaare wurden weiterhin mit dem geplanten Szenario verglichen und den entsprechenden Konfliktsituationen zugeordnet. Das Szenario enthielt außerdem die Unterscheidung in „Geplant“ und „Folgeseparationsverletzung“. Enthielt das Szenario diese Separationsverletzung nicht, dann wurde die Kategorie „Neu“ vergeben (Vergleich Tabelle 16). Für jede identifizierte Separationsverletzung wurde die entsprechende Kategorie vergeben. Für jeden Versuchsdurchgang wurden Häufigkeiten der Kategorien bestimmt. Für die Kategorie „Geplant“ und „Folge“ lag das Maximum aufgrund des geplanten Szenarios jeweils bei acht (Vergleich Darstellung der Aufgabenanforderung im Anhang B). Die Dauer der Konflikte wurde durch Summieren der Separationsmeldungen der gleichen Flugzeugpaare bestimmt. Auf dieser Basis wurde ebenfalls der Schweregrad bestimmt. Es wurde weiterhin der Schweregrad pro Kategorie der Separationsverletzung bestimmt.

Die Flugzeit wurde über die Auswertung der Positionsdaten errechnet. Die ermittelte Zeit im Luftraum wurde mit der geplanten Zeit verglichen und die Differenz als „zusätzliche Flugzeit“ bestimmt. Negative Werte stellen damit eine kürzere Flugzeit dar. Die korrekte Übergabehöhe erfolgte über den Abgleich der vorliegenden Höhe beim Verlassen des Luftraums mit der im Szenario vorgegebenen Flughöhe.

Tabelle 17 Überblick über die erhobenen Indikatoren für Leistung

Aspekt von Leistung	Metrik	Einheit	Wertebereich
Primäres Ziel	Anzahl Verletzung Sep.	n	0 – ∞
Primäres Ziel	Schweregrad der Verletzung Sep.	s+	0 – ∞
Teamleistung - quantitativ	Anzahl Verletzung Sep. - Team	n	0 – ∞
	Team: Verletzung Sep. - Geplant	n	0 – 8
	Team: Verletzung Sep. – Folge	n	0 – 8
	Team: Verletzung Sep. - Neu	n	0 – ∞
Schweregrad der Teamkonflikte	Schweregrad Verletzung Sep - Team.	s+	0 – ∞
	Schweregrad Verletzung Sep. - Individuell	s+	0 – ∞
	Schweregrad Team: Verletzung Sep. – Geplant	s+	0 – ∞
	Schweregrad Team: Verletzung Sep. - Folge	s+	0 – ∞
	Schweregrad Team: Verletzung Sep. - Neu	s+	0 – ∞
Individuelle Leistung	Anzahl Individuelle Verletzung Sep.	n	0 – 100
	Anzahl Individuell: Verletzung Sep. – Neu	n	0 – ∞
Sekundäres Ziel	Übergabehöhe korrekt	n	0 – 33
Tertiäres Ziel	Zusätzliche Flugzeit	n	-∞ – +∞
Heterogenität des Teams	Heterogenität Individuelle Verletzung Sep.	h	0 –1
	Heterogenität Übergabehöhe	h	0 –1
	Heterogenität Schweregrad Individuelle Verletzung Sep.	h	0 –1

4.4.2.3 Berechnung des Schweregrads [s+]

Eine Separationsverletzung tritt auf, wenn die Sicherheitsabstände zwischen zwei Flugzeugen unterschritten werden. Der horizontale Sicherheitsabstand sl_{soll} (Separation Lateral) beträgt 5 nautische Meilen (NM; entspricht 9260 Metern). Der vertikale Sicherheitsabstand sa_{soll} (Separation Altitude) beträgt 1000 Fuß (entspricht ca. 300 Metern). Sobald beide Werte unterschritten sind, wird dies als Separationsverletzung gewertet (entspricht dem Zeitpunkt t_0). Der Konflikt endet, wenn mindestens einer der beiden Abstände wieder eingehalten wird (entspricht dem Zeitpunkt t_n). Dazu können Teams eine Benutzereingabe vornehmen. Um den vertikalen Abstand einzuhalten können Flugzeuge sinken oder steigen. Der horizontale Abstand kann durch eine manuelle Veränderung der Route eingehalten werden. Werden keine Eingaben getätigt, dann fliegen die Flugzeuge weiter und halten dadurch ab einem bestimmten Zeitpunkt den horizontalen Abstand wieder ein.

Der Schweregrad ist das Integral der Verletzung des Sicherheitsabstands. Die Berechnung wird in Abbildung 27 verdeutlicht. Der Schweregrad eines Konflikts wird über eine Funktion berechnet, die für jede Sekunde, in der beide Sicherheitsabstände unterschritten sind, bestimmt, wie stark diese Unterschreitung in einer horizontalen (= Δsl) und vertikalen (= Δsa) Komponente ist. Das rote und das schwarze Flugzeug haben ihre Mindestabstände nicht eingehalten und damit liegt eine Separationsverletzung vor. Das graue Flugzeug zeigt die Position an, in welcher die Abstände eingehalten wären. Je nachdem, wie nah dabei das rote dem schwarzen Flugzeug kommt, erhöht sich der Schweregrad.

Da die Position der Flugzeuge von der Mikrowelt MAGIE pro Sekunde berechnet wird, wird auch der Schweregrad für jede Sekunde berechnet, in der ein Konflikt vorliegt. Die vertikale (Δsa) und horizontale (Δsl) Unterschreitung werden nach Formel 1 und 2 pro Sekunde bestimmt. Der Gesamtschweregrad ist die Summe von Δsl und Δsa und berechnet sich nach Formel 3.

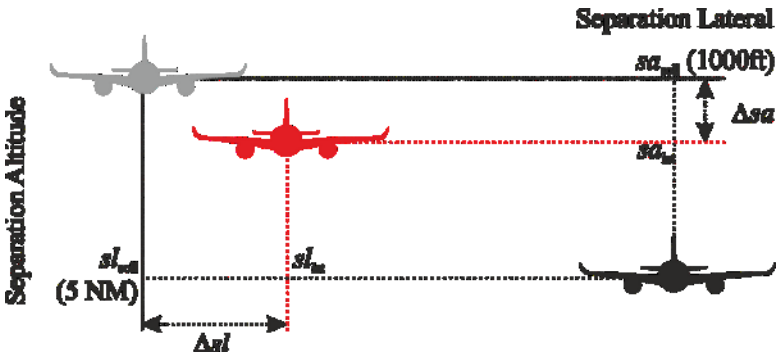


Abbildung 27 Schematische Darstellung zur Bestimmung des Schweregrads

1. $\Delta sa = \frac{(sa_{soll} - sa_{ist})}{sa_{soll}}$
2. $\Delta sl = \frac{(sl_{soll} - sl_{ist})}{sl_{soll}}$
3. $s^{+} = \sum_{tn}^{t0} \frac{\Delta sa}{2} + \frac{\Delta sl}{2}$

Beispiele für den Schweregrad zeigt Abbildung 28. Es handelt sich um einen Konflikt mit einer Dauer von 28 Sekunden. Die Summe des Schweregrads über diesen Zeitraum s+ ist 12.68. Zu Beginn des Konflikts sind beide Flugzeuge 500 Fuß vertikal getrennt, am Ende des Konflikts nur noch 100 Fuß (blaue Linie). Mindestens eins der Flugzeuge veränderte in dieser Zeitspanne die Höhe. Die Separationsverletzung endete, da zum Zeitpunkt 1479 der horizontale Abstand wieder hergestellt war (blaue Kurve). Das rechte Beispiel zeigt einen Konflikt mit einer Dauer von 43 Sekunden und einem Schweregrad von 8.69. Obwohl der Konflikt insgesamt länger andauerte, wurden die beiden Separationswerte nicht so stark verletzt. Außerdem erkennbar ist eine Benutzereingabe für die Höhe zum Zeitpunkt 841, die dazu führte, dass ein Luftfahrzeug die Höhe änderte und dadurch der vertikale Abstand vergrößert wurde. Mit Hilfe des Schweregrads der Konflikte wird Leistung weiter differenziert. Benutzereingaben der Teams während der Dauer der Separationsverletzung, um diesen schneller zu lösen, werden von der Metrik berücksichtigt.

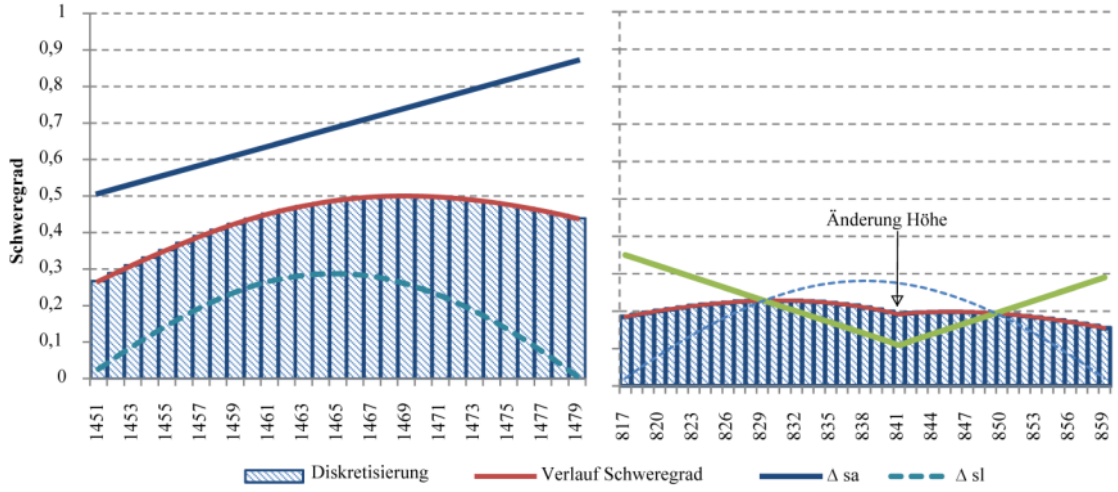


Abbildung 28 Beispiele für die Bestimmung des Schweregrads

4.4.2.4 Berechnung der Heterogenität [h]

Heterogenität erfasst, ob die beiden Teammitglieder im gleichen Maß zu einer Leistungsmetrik beitragen. Die Heterogenität ist eine Metrik auf Teamebene, kann aber nur bei den Metriken

bestimmt werden, bei denen ein individueller Beitrag differenziert werden kann. Die Heterogenität wird erfasst, um individuelle Einflüsse der Persönlichkeit der Teammitglieder zu erfassen, da Redeanteile mit Persönlichkeitseigenschaften in Verbindung gebracht werden können (Judge, Bono, Ilies, & Gerhardt, 2002). Es werden verschiedene Maße für Heterogenität unterschieden (Unkels, 2011). Je nach Fragestellung ist eine Unterscheidung der „Variety", „Separation" oder „Disparity" angemessen, wobei der Begriff der „Separation" die Unterschiedlichkeit bezogen auf eine metrische Skala bezieht. Die „Disparity" eignet sich um die Unterschiedlichkeit von Anteilen an einem bestimmten Attribut darzustellen. Ein Maß für diese „Disparity" ist der Gini-Koeffizient (Formel 4), wobei D_i der individuelle Anteil eines Teammitglieds ist.

$$4. \quad h = \frac{\sqrt{\frac{\sum(D_i - D_{mean})^2}{n}}}{D_{mean}}$$

Für ein Team mit n = zwei Mitgliedern ist $D_{mean} = 0.5$. Die Heterogenität bei einem identischen Anteil ist demnach Null. Trägt nur ein Teammitglied zu der Metrik bei, dann liegt der Anteil bei 100% und die Heterogenität beträgt 1. Eine Heterogenität von 0.5 würde einem Verhältnis der Anteile von 1:3 entsprechen.

4.4.3 Kommunikationsverhalten

Aus dem Kommunikationsverhalten soll das Vorhandensein beziehungsweise die Abwesenheit leistungssteigernder Verhaltensweisen (Vgl. Kapitel 3.2.2) in Form von quantitativen Maßen bestimmt werden. Die Verhaltensweisen im Umgang mit der Komplexität in den drei Bereichen Komponenten, Dynamik und Koordination müssen in dem beobachteten Kommunikationsverhalten identifiziert und bewertet werden. Dazu wurden die Kommunikationsdaten, wie in Kapitel 4.3 beschrieben, transkribiert, kodiert, zu Kommunikationsevents aufbereitet und zu Kommunikationssequenzen „Chunks" zusammengefasst.

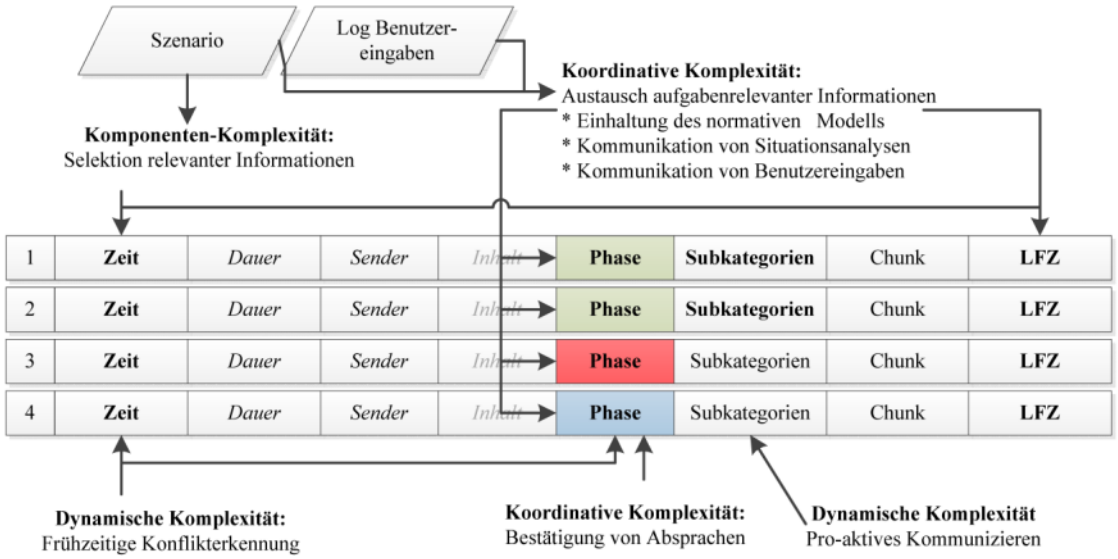


Abbildung 29 Vorgehen zum Ableiten der Metriken des Interaktionsverhaltens aus den aufbereiteten Interaktionsdaten

Abbildung 29 zeigt beispielhaft, welche Features der Events für die Berechnung der Metriken verwendet wurden. Es sind vier aufeinanderfolgende Interaktionsevents mit den Attributen Zeit, Dauer, Sender, Inhalt, Phase, Subkategorie, Chunk und LFZ, wie sie am Ende der

Datenaufbereitung vorliegen. Diese Events sind die Grundlage für die Berechnung der Metriken. Dafür wurde maßgeblich der Zeitpunkt des Events, die zugeordnete Phase der prototypischen Sequenz, die Subkategorien sowie die identifizierten Luftfahrzeuge für die Auswertung verwendet. Allgemeine deskriptive quantitative Metriken, wie Interaktionshäufigkeit und Interaktionsdauer sowie Häufigkeiten der einzelnen Phasen wurden pro Simulationslauf sowie pro Teammitglied bestimmt. Die Kommunikationsevents wurden außerdem mit der Art und dem Zeitpunkt der getätigten Benutzereingaben pro Flugzeug in Verbindung gesetzt.

Außerdem wurde eine Tabelle „Szenario“ erstellt, welche erwartete Zeitintervalle für den Austausch der Flugdaten enthielt. Außerdem war hier für jedes der 33 Flugzeuge kodiert, ob das Flugzeug generell relevant war und welche der Flugdaten relevant für die Erkennung des Konflikts waren. Gegen diese Tabelle wurden die Zeitpunkte und Inhalte der Kommunikation aller Teams verglichen. Damit wurde das Kommunikationsverhalten in Bezug zu den Anforderungen der Aufgabe gesetzt.

Die Metriken des Kommunikationsverhaltens orientieren sich an den Annahmen, die bei der Analyse von Blickbewegungsdaten getroffen werden. Merkmale des Blickverhaltens, wie Fixationshäufigkeiten und Verweilzeiten auf bestimmten Bildschirmbereichen werden mit kognitiven Prozessen in Bezug gesetzt. Häufigkeiten und Dauern von Fixationen sollen mit der Verarbeitungstiefe und Erwartungen in Verbindung stehen, relative Maße der Verweilzeiten mit der wahrgenommenen Relevanz der Information für die Personen. „Areas of Interest“ werden definiert, als Gebiete auf einem Bildschirm die bestimmte Informationen enthalten und die in Bezug zu der Aufgabe der Probanden gesetzt werden können (Hasse & Bruder, 2014; Hasse, Grasshoff, & Bruder, 2012). Werden Übergänge in den Fixationen zwischen diesen Arealen detektiert, wird dies mit einem Wechsel der Aufmerksamkeit sowie mit einer bewussten Strategie des Operateurs zur Bearbeitung seiner Aufgabe in Verbindung gesetzt (Moehlenbrink & Papenfuss, 2014; Ponsoda et al., 1995). Für die Metriken zum Kommunikationsverhalten werden diese Annahmen auf die Interaktionsevents übertragen.

Im Folgenden werden die erhobenen Metriken, die dahinter liegenden Algorithmen sowie die Wertebereiche beschrieben. Die Metriken wurden auf Basis von Skripten automatisiert für alle Simulationsdurchläufe bestimmt. Diese Skripte wurden für die Datenauswertung in der Programmierumgebung „eclipse“ in der Skriptsprache „R“ Version 3.3.1 erstellt. Für alle Teams wurden die Metriken demnach nach den gleichen, objektiven Regeln erstellt.

4.4.3.1 Komponenten-Komplexität - Selektion

Die Metriken zur Selektion verwenden von einem Kommunikationsevent die Phase, die Zeit, die Subkategorie sowie das Luftfahrzeug. Es wird ein weiteres Attribut berechnet, welches die Relevanz des Events kodiert. Dazu werden das Luftfahrzeug, die Informationsart und der Zeitpunkt mit einer vorab erstellten Szenario-Tabelle verglichen. In dieser Tabelle ist für jedes Flugzeug der Zeitraum definiert, welche Flugzeugdaten in welchem Zeitraum kommuniziert werden sollen. Diese Tabelle berücksichtigt nicht die subjektiv wahrgenommene Relevanz, sondern basiert auf einer vorab getroffenen Kategorisierung auf Basis des Szenarios und dem Nachrichtenwert der Flugdaten hinsichtlich der Mehrdeutigkeit der Situationen. Die folgenden Metriken werden ermittelt, um die Selektion in der Unteraufgabe Monitoring zu erfassen (Tabelle 18). Die Indikatoren „irrelevanter Informationsaustausch“ und „vernachlässigte, relevante Luftfahrzeuge“ wurden ermittelt.

Tabelle 18 Metriken zur Erfassung des Umgangs mit Komponenten-Komplexität

Merkmal der Kommunikation in Lotsenteams	Abgeleitete Indikatoren	Metriken	Einheit	Werte-bereich
Selektion um Informations-Überlast zu verhindern	Irrelevanter Informationsaustausch	irrelevante LFZ mit Monitoring (Informationsaustausch), ohne geplanten Kommunikationsbedarf	n	0 – 11
		Irrelevante Interaktionen	n	0 – ∞
		Insgesamt verfügbare Menge irrelevanter Informationen	n	0 – ∞
	"vernachlässigte, relevante Luftfahrzeuge"	Flugzeuge ohne Monitoring	n	0 –33
		Relevante LFZ ohne Monitoring	n	0 – 22
		davon LFZ mit geplantem Konflikt und ohne Monitoring	n	0 – 8

Das Verkehrsszenario beinhaltet 33 verschiedene Luftfahrzeuge, 16 Luftfahrzeuge sind der Arbeitsposition 1 und 17 der Arbeitsposition 2 zugeordnet. Über den Zeitraum der 30 Minuten erreichen die Luftfahrzeuge den Luftraumsektor auf den vorgeplanten Routen und verlassen den Luftraum wieder. Dabei treten Separationsverletzungen zwischen den Luftfahrzeugen der beiden Arbeitspositionen auf, welche erkannt und verhindert werden sollen. Flugzeuge und ihre zugehörigen Flugdaten sind dann irrelevant, wenn sie keinen potentiellen Konfliktpartner haben. Diese Flugzeuge müssen nicht kommuniziert werden. Es wird erfasst, zu wie vielen dieser irrelevanten Luftfahrzeuge („irrelevante LFZ mit Monitoring") Teams wie oft („Irrelevante Interaktionen") wie viele Flugdaten („Insgesamt verfügbare Menge irrelevanter Informationen") austauschten.

Zu hohe Selektion kann sich negativ auswirken, wenn relevante Informationen nicht kommuniziert werden. Deshalb wurde zur Kontrolle ebenfalls erfasst, welche relevanten Informationen nicht kommuniziert wurden („Relevante LFZ ohne Monitoring"). Werden diese Werte an allen beobachteten Interaktionen im Bereich Monitoring relativiert, dann kann bestimmt werden, wie selektiv das Team in der Überwachung war. Die Kreuzung der beiden logischen Abfragen „Flugzeug kommuniziert" und „Flugzeug relevant" ergibt vier Kategorien (Vgl. Kapitel 3.2.2), für welche die Häufigkeiten jeweils bezogen auf alle Flugzeuge und alle ausgetauschten Flugdaten bestimmt werden können. Die spezifische Häufigkeit der Versuchsgruppen kann über einen Chi-Quadrat-Test auf signifikante Unterschiede geprüft werden. Bei einem selektiven Interaktionsverhalten würden häufiger die Daten von Luftfahrzeugen mit Konfliktpotential im Team ausgetauscht werden. Daten zu Luftfahrzeugen, bei denen kein Handlungsbedarf besteht, sollten nicht oder seltener ausgetauscht werden. Ein hoher Anteil relevanter, kommunizierter Informationen zeigt Selektion an.

4.4.3.2 Dynamische Komplexität

Für die Bewältigung der dynamischen Komplexität wurden die Verhaltensweise „frühzeitige Konflikterkennung durch frühzeitiges Monitoring" und „pro-aktiver Datenaustausch" identifiziert. Um diese Verhaltensweisen zu quantifizieren wurden die in Tabelle 19 zusammengefassten Metriken abgeleitete.

4.4.3.2.1 Frühzeitige Konflikterkennung

Für die Verhaltensweise „frühzeitige Konflikterkennung" wurden die drei Indikatoren Zeitpunkt des Monitorings der Flugzeuge, Zeitkategorie des Monitorings und Zeitpunkt des Monitorings vor Konflikten gewählt. Die Metriken nutzen die Attribute „Startpunkt" und „Luftfahrzeug" der Kommunikationsevents, die den Phasen „Austausch Flugdaten" und „Konfliktlösung" zugeordnet wurden. Der Zeitpunkt des Datenaustauschs im Monitoring sowie der Konfliktlösung wird in Relation gesetzt, einmal zum geplanten Auftreten der

Separationsverletzungen (Szenario) sowie zum realen Zeitpunkt der Separationsverletzung. Da jedes dieser Events einem Flugzeug oder Flugzeugpaar zugeordnet wurde, kann die beobachtete Kommunikation mit dem geplanten und dem real aufgetretenem Ablauf des Szenarios in Verbindung gebracht werden. Dabei wird neben dem absoluten Zeitwert ein relativer Zeitwert ermittelt. Das Prinzip ist in Abbildung 30 dargestellt.

Tabelle 19 Metriken die dien Umgang mit der dynamischen Komplexität beschreiben

Merkmal der Kommunikation in Lotsenteams	Abgeleitete Indikatoren	Metriken	Einheit	Wertebereich
Frühzeitige Konflikt-erkennung	Zeitpunkt des Monitoring der Flugzeuge	mittlerer Distanz Erstkontakt (Event 1)	s	0 – 1800
		mittlerer Distanz Datenaustausch nach Erstkontakt (Event 2)	s	0 – 1800
		mittlere relative Distanz	%	- ∞ – + ∞
		Mittlere Distanz zu geplantem Konfliktzeitpunkt (Event 3a)	s	- 1800 – + 1800
		Mittlere zeitliche Distanz Flugdatenaustausch vor potentiellen Konflikt	s	- 1800 – + 1800
		Mittlere zeitliche Distanz vor Separationsverletzung (Event 3b)	s	- 1800 – + 1800
	Zeitkategorie des Monitorings	Häufigkeit in den Kategorien zum relativen Zeitpunkt: früher als erwartet, eher früh, eher spät, zu spät, nicht kommuniziert	n	0 -33
	Frühzeitige Lösungsvorschläge	mittlere Distanz Lösungsvorschlag - geplanter Konflikt (Event 4a)	s	0 – 1800
		mittlere Distanz Lösungsvorschlag – Separationsverletzung (Event 4b)	s	0 – 1800
Pro-aktives Kommunizieren spart Zeit	Menge pro-aktives Monitoring	n Monitoring pro-aktiv	n	0 – ∞
		n Informationen pro-aktiv	n	0 – ∞
		n LFZ Erstkontakt pro-aktiv	n	0 – 33

In Abbildung 30 ist auf der x-Achse die Zeit t dargestellt, die y-Achse bildet die beiden Flugzeuge SX01 und LH08 ab. Auf der x-Achse sind die Zeitpunkte abgetragen, an denen die geplanten und beobachteten Events des Szenarios auftreten. Das Szenario gibt für jedes Flugzeug den Eintritt in den Luftraum vor sowie die Zeiten für die geplanten und potentiellen Konflikte (t_1). Außerdem ist das geplante Verlassen des Luftraums bekannt. Die sich daraus ergebende geplante Verweilzeit des Flugzeuges im Luftraum ist als gestrichelter Balken dargestellt. In diesem Beispiel haben die Flugzeuge SX01 und LH08 einen geplanten Konflikt zum Zeitpunkt t_1, mit dem gelben Stern markiert. Mit Eintritt des Flugzeuges SX01 zum Zeitpunkt t_0 in den Luftraum beginnt das Intervall, in dem dieser potentielle Konflikt erkannt und durch Austausch von Flugdaten die Situation eindeutig analysiert werden muss. Die drei Flugdaten Höhe, Route und Speed beschreiben den Flugzustand der Flugzeuge und sind pro Flugzeug als farbige Balken in Abbildung 30 dargestellt. Dieser Balken markiert das Intervall, in dem die Daten als relevant definiert wurden. So ist die Route ab dem Zeitpunkt nicht mehr relevant, an dem die Flugzeuge mögliche Kreuzungspunkte zum Abbiegen passiert haben und damit die Route eindeutig definiert ist. Mit blauer Farbe sind die zwei beobachteten Interaktionsevents des Teams zum Flugzeug LH08 eingezeichnet. Zum Zeitpunkt t_{event} wird die Höhe des Flugzeugs LH08 in Form einer Antwort im Team „veröffentlicht“.

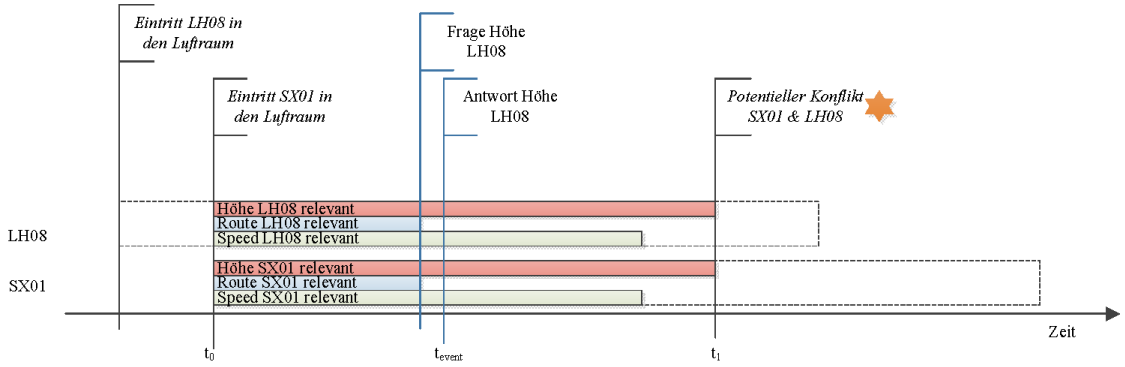


Abbildung 30 Vorgehen zur Bewertung des Zeitpunkts des Kommunikationsevents in der Aufgabe "Austausch Flugdaten"

Für den *Zeitpunkt des Monitorings* wird die absolute Distanz des Events „Antwort Höhe LH08" zum Eintritt des Flugzeuges in den Luftraum bestimmt:

$$5. \quad Distanz = t_{event} - t_0$$

Der absolute Zeitwert, wie frühzeitig die Daten vor einem geplanten Konflikt kommuniziert wurden, ist die Differenz zwischen dem Zeitpunkt des Konflikts (t_1) und dem Interaktionsevent und wird als „Time To Conflict" (TTC) bezeichnet. Die Formel lautet:

$$6. \quad TTC = t_1 - t_{event}.$$

Aus diesen Kennwerten wird ein Mittelwert pro Versuchsdurchgang gebildet. Es wird differenziert, ob es sich um den Erstkontakt handelt oder um Flugdatenaustausch nach dem Erstkontakt für das Flugzeug.

Analog wird der Zeitpunkt der Konfliktlösungen für den Indikator *Frühzeitige Konflikterkennung* nach diesem Schema bestimmt. Es wird pro Versuchsdurchgang die mittlere Distanz zwischen der Kommunikation einer Konfliktlösung und dem geplanten und tatsächlichem Zeitpunkt der Separationsverletzung bestimmt.

Relativer Zeitpunkt des Monitorings: Der Zeitpunkt des Flugdatenaustauschs wird an dem Intervall zwischen Eintritt in den Luftraum und Zeitpunkt des geplanten Konflikts relativiert. Das Zeitintervall zwischen dem Zeitpunkt t_1 und t_0 definiert, in welchem das Flugzeug LH08 relevant ist, da es potentiell einen Konflikt mit dem Flugzeug SX01 zum Zeitpunkt t_1 hat. Zum Zeitpunkt t_{event} wird die Höhe des Flugzeugs LH08 kommuniziert. Die Lage innerhalb des Intervalls bestimmt sich über die Formel

$$7. \quad relative\ Distanz = \frac{t_1 - t_{event}}{t_1 - t_0}$$

Ein Wert von 1 bedeutet dabei, dass die Information zum Zeitpunkt t_0 kommuniziert wurde, das heißt direkt zu Beginn des definierten Intervalls. Ein Wert von 0.5 markiert die Mitte des Intervalls. Ein Wert von 0 bedeutet, dass die Information zu dem Zeitpunkt des potentiellen Konflikts kommuniziert wurde. Ein Wert größer 1 bedeutet, dass die Daten vor dem definierten Zeitintervall kommuniziert wurden, ein Wert kleiner 0 dass die Daten nach dem potentiellen Konflikt kommuniziert wurden. Flugzeuginformationen konnten vor dem definierten Intervall, das heißt zu früh, kommuniziert werden, da die Luftfahrzeuge 54 Sekunden vor Eintritt in den Luftraum auf einem Streckenabschnitt vor dem Einflugpunkt erschienen. Zu diesem Zeitpunkt konnte nicht allein durch Beobachten auf die gewählte Route geschlossen werden. Mit Eintritt in den Luftraum wählte das Luftfahrzeug eine der drei Routen, wodurch sich die Anzahl der möglichen Routen reduziert. Abwarten wäre in diesem Fall eine Strategie, den

Interaktionsaufwand zu minimieren. Aus diesem Grund wurde das Kommunikationsintervall auf den Eintritt in den Luftraum festgelegt. Außerdem gab es Flugzeuge im Luftraum, die erst mit Erscheinen eines zweiten Flugzeuges einen potentiellen Konflikt hatten und damit relevant wurden.

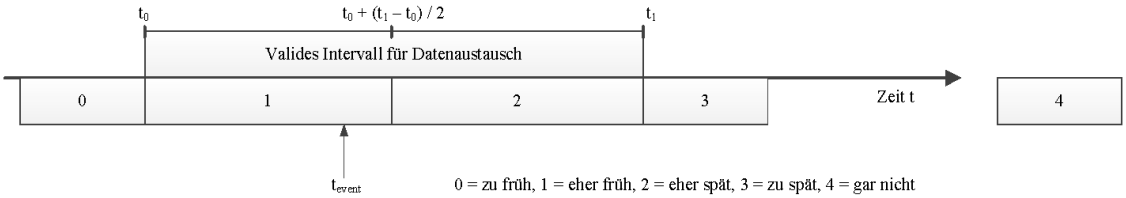


Abbildung 31 Schema zur Kategorisierung des Zeitpunkts beim Monitoring

Zeitkategorie des Monitorings: Nach diesem Schema werden die kommunizierten Flugzeugdaten zusätzlich entsprechend ihrer Lage im Intervall klassifiziert. Das Vorgehen ist in Abbildung 31 skizziert. Es wurde zur Beschreibung individuellen Interaktionsverhaltens und zum Clustern ähnlichen Kommunikationsverhaltens verwendet (Papenfuss & Weber, 2012). Jedes kommunizierte und nicht-kommunizierte Flugzeugdatum kann mit Hilfe dieser Kategorien klassifiziert werden. Es werden die Kategorien „zu früh“, „eher früh“, „eher spät“, „zu spät“ und „gar nicht“ kommuniziert verwendet. Mit Hilfe dieser Kategorien soll die Varianz durch die unterschiedlichen absoluten Zeitabstände im Szenario verringert werden. Idealerweise wird in der Kategorie 1 kommuniziert, da dann die Flugdaten relevant sind, und die Kommunikation frühzeitig erfolgt. Ein Datenaustausch in der Kategorie „zu spät“ kann ein Hinweis darauf sein, dass ein Konflikt nicht rechtzeitig erkannt wurde. Die Häufigkeiten des Flugdatenaustauschs in den fünf Kategorien können für Versuchsgruppen mit einem Chi-Quadrat-Test auf signifikante Unterschiede geprüft werden.

4.4.3.2.2 Pro-aktiver Datenaustausch

Die Verhaltensweise „Pro-aktives Kommunizieren“ wurde direkt im Kommunikationsverhalten als Subkategorie der Phase „Austausch von Flugdaten“ erfasst. Bereits während der Kodierung der Interaktionsdaten bewerteten die Kodierer die grammatikalische Form des Austauschs von Flugdaten daraufhin, ob eine Frage oder Aufforderung vorlag. Wurden Flugzeugdaten ausgetauscht als Reaktion auf eine Frage oder Aufforderung handelte es sich um eine Antwort. Erfolgte der Austausch ohne vorherige Anforderung (durch eine Frage oder Aufforderung), dann wurde der Datenaustausch als pro-aktiv bewertet. Es wird bestimmt, wie viele Interaktionsevents pro-aktiv kodiert werden. Außerdem wird bestimmt, für wie viele verschiedene Flugzeuge pro-aktiv kommuniziert wurde. Außerdem wird erfasst, wie viele Daten insgesamt pro-aktiv übermittelt wurden. Mit diesen Metriken kann überprüft werden, ob sich Teams dahingehend unterscheiden, ob nur über eine geringe Anzahl von Flugzeugen viel pro-aktiv kommuniziert wurde und ob mehr Daten pro-aktiv ausgetauscht wurden oder durch Anfragen.

4.4.3.3 Koordinative Komplexität

Im Bereich der Koordinativen Komplexität werden zwei Verhaltensweisen durch Metriken erfasst – *Austausch aufgabenrelevanter Informationen* und *Closed-Loop-Kommunikation*. Die berechneten Metriken sind in Tabelle 20 zusammen gefasst. Für die Closed-Loop-Kommunikation ist die Kommunikation von Bestätigungen ein Indikator. Für den Austausch der aufgabenrelevanten Informationen wird überprüft, inwieweit die prototypische Sequenz der Teamkommunikation eingehalten wird und welches Kommunikationsprofil die Teams

aufweisen. Außerdem wird über die Häufigkeit und die Zeiten der Kommunikation von Benutzereingaben erfasst, wie Teams ihre Absichten kommunizieren. Die Kommunikation über Situationsanalysen wird über die Häufigkeit und die Art und Weise der Kommunikation von Lösungen erfasst.

Tabelle 20 Metriken die den Umgang mit koordinativer Komplexität beschreiben

Merkmal der Kommunikation in Lotsenteams	Abgeleitete Indikatoren	Metriken	Einheit	Wertebereich
Austausch aufgabenrelevanter Informationen	Einhaltung der prototypischen Sequenz	Anzahl verwendeter prototypische Transitionen	n	0 – 15
		n prototypische Transitionen gesamt	n	0 – ∞
		Anzahl Chunks mit Sequenz expliziter Konfliktlösung	n	0 – ∞
		Anzahl Chunks mit impliziter Koordination	n	0 – ∞
	Kommunikationsprofil mit Inhaltskategorien	Kein Konflikt	n	0 – ∞
		Konfliktlösung	n	0 – ∞
		Austausch Flugdaten	n	0 – ∞
		Rückmeldung	n	0 – ∞
		Kommentiere Benutzereingabe	n	0 – ∞
		ohne Aufgabenbezug	n	0 – ∞
	Kommunikation von Absichten	Anzahl Benutzereingaben nicht kommuniziert	n	0 – ∞
		Anzahl Benutzereingaben kommuniziert	n	0 – ∞
	Frühzeitige Kommunikation von Absichten	Mittlere Distanz Kommunikation der Benutzereingabe	s	0 – 1800
		Mittlere absolute Distanz Kommunikation der Benutzereingabe	|s|	0 – 1800
	Kommunikation von Lösungen	Anzahl Separationsverletzung kommuniziert	n	0 – ∞
		Anzahl Separationsverletzung nicht kommuniziert		
		Anzahl Chunks mit Situationsanalyse „Kein Konflikt“	n	0 – ∞
		Länge der Phase Lösungsvorschlag	n	1 – ∞
		n Interaktionsevents Lösungsvorschlag geplante Konflikte	n	0 – ∞
		Lösungsvorschlag für geplante und Folge-Separationsverletzung	n	0 – 16
		Lösungsvorschlag für geplante Separationsverletzung	n	0 – 8
		Lösungsvorschlag neue Separationsverletzung	n	0 – ∞
Closed-Loop-Kommunikation	Kommunikation von Bestätigungen	Anzahl Rückmeldung	n	0 – ∞
		Anzahl Chunks mit Rückmeldung	n	0 – ∞

4.4.3.3.1 Austausch aufgabenrelevanter Informationen

Die *prototypische Sequenz der Teamkommunikation* stellt sicher, dass im Team alle notwendigen Informationen zur Aufgabendurchführung bekannt sind (Vgl. Kapitel 4.2.2). Aus diesem Grund werden Metriken erhoben, welche überprüfen, wie oft und zu welchem Anteil die Teams in der Bearbeitung der Versuchsaufgabe diese Sequenz, beziehungsweise Teile davon eingehalten haben. Dazu werden die Interaktionsevents auf Ebene der Chunks gebündelt.

Werden alle sechs Phasen des Kodier-Schemas verwendet, gibt es 36 mögliche Transitionen. 10 dieser Transitionen entsprechen der prototypischen Sequenz. Die möglichen sowie die von der Sequenz vorgegeben Transitionen sind in Tabelle 21 dargestellt. Die erwarteten Transitionen sind mit „1“ kodiert, unerwartete mit „0“. Durch Multiplikation der beobachteten und erwarteten Transitionsmatrix können Anzahl und Häufigkeit der beobachteten, erwarteten Transitionen bestimmt werden und zu allen Transitionen ins Verhältnis gesetzt werden. Ein Kommunikationsverhalten, welches der prototypischen Sequenz folgt, würde systematische Transitionen erzeugen und hohe Anteile der erwarteten Transitionen aufweisen. Eine Voraussetzung für die Aussagekraft der Analyse ist nach (Ponsoda et al., 1995) dass alle Phasen relativ häufig auftreten, damit die Zellen der Matrix eine relativ geringe Standardabweichung aufweisen.

Transitionen prüfen nur die Übergänge zwischen zwei Phasen. Um Übergänge von mehr als zwei Events zu erfassen, wurden die empirisch beobachteten Sequenzen aus den Kommunikationsdaten ermittelt. Ansätze, über Phasen kommunikativer Aktivität die kognitiven Prozesse einer Gruppe zu beschreiben und das Vorgehen verschiedener Gruppen zu differenzieren, sind die „Collaboration Process Analysis Technique“ (CoPrA) (Seeber, Maier, & Weber, 2013) sowie die Arbeiten zum kreativen Denken in Gruppen (Stempfle & Badke-Schaub, 2002). In beiden Ansätzen wird die Interaktion von Teams aufbereitet, visualisiert und dann interpretiert. Bei relativ kleinen Stichproben können so verschiedene Verhaltensweisen beschrieben werden. Das generelle Vorgehen zur Datenaufbereitung wurde übernommen. Anstelle der visuellen Interpretation der Daten wurden die Metriken abgeleitet, welche die Häufigkeit bestimmter Sequenzen in der Team-Kommunikation erfassen. Dabei wurde die Sequenz „Austausch Flugdaten – Kommentierung Benutzereingabe“ als implizite Koordination bezeichnet, die Sequenz „Austausch Flugdaten – Lösungsvorschlag – Kommentierung Benutzereingabe“ als explizite Koordination.

Tabelle 21 Überblick über die erwarteten prototypischen Transitionen

		Aktuelle Sinneinheit					
		Austausch Flugdaten	Kein Konflikt	Konfliktlösung	Kommentiere Benutzereingabe	Rückmeldung	*REST*
Nachfolgende Sprecheinheit	Austausch Flugdaten	1	0	0	1	0	0
	Kein Konflikt	1	0	0	1	0	0
	Konfliktlösung	1	0	1	0	0	0
	Kommentiere Benutzereingabe	0	1	1	0	0	0
	Rückmeldung	0	1	0	1	0	0
	REST	0	0	0	0	0	0

Grundlage für diese Analyse waren die Chunks, welche aufeinander folgende Kommunikationsevents zu einer Gesprächssituation zusammenfassen. Zur Bereinigung der Daten wurden die Events der Rest-Kategorie entfernt und Events in der gleichen Phase zusammengefasst. Die Länge dieser Phasen wurde ebenfalls für jedes Team in jedem Versuchsdurchlauf ermittelt. Kürzere Phasen Lösungsvorschlag und Implementierung können ein Hinweise auf die Effizienz der Koordination sein.

Ergänzend wurde für jeden Versuchsdurchgang das *Kommunikationsprofil* als Häufigkeit der Events in den Kategorien des Kodierschemas bestimmt. Profile und der Vergleich von Häufigkeiten in den Kategorien sind ein etabliertes Maß und werden häufig in Studien verwendet, die das Kommunikationsverhalten von Teams inhaltsanalytisch erfassen (Bales, 1951; Fischer & Orasanu, 1999; Schermuly et al., 2010; Straus, 1999; Straus & McGrath, 1994).

Zusätzlich wurde die *Kommunikation über Absichten* quantifiziert. Dazu wurden zu jeder getätigten Benutzereingabe der Versuchspersonen entsprechende Events in den Kommunikationsdaten gesucht. Dazu mussten das Luftfahrzeug der Benutzereingabe und Kommunikationsevents übereinstimmen. Es wurde eine neue Variable „kommuniziert“ erzeugt. Lagen zwei Events absolut weniger als 120 Sekunden auseinander, wurde das Event mit 1 kodiert. Alle Zeitdistanzen wurden gemittelt.

Analog wurden für den Indikator *Kommunikation von Lösungen* zu geplanten Konflikten und real aufgetreten Separationsverletzungen entsprechende Kommunikationsevents gesucht, die sich auf die gleiche Kombination von Luftfahrzeugen bezogen. Wurde ein entsprechendes

Kommunikationsereignis gefunden, wurde das der Konflikt bzw. die Separationsverletzung als „kommuniziert“ kodiert. Die Differenz der zwei Zeitpunkte wurde bestimmt und über einen Versuchsdurchgang gemittelt. Zusätzlich wurden die Häufigkeiten gebildet von Chunks mit Konfliktanalysen und die mittlere Länge der Kommunikationssequenzen in der Phase Konfliktlösung.

4.4.3.3.2 Closed-Loop Kommunikation

Aufgrund der geringen Reliabilität der Phase „Feedback zum Lösungsvorschlag“ wurde die Unterkategorie „Allgemeine Zustimmung“ der Variable „Team“ verwendet, um die Häufigkeit von allgemeinen Rückmeldungen, meist „OK“, zu erfassen. Diese Häufigkeit wird als Maß für Rückmeldung und Closed-Loop-Kommunikation im Team verwendet. Zusätzlich wird bestimmt, in wie vielen Chunks Rückmeldungen ausgetauscht werden.

4.4.4 Subjektive Maße

4.4.4.1 Beanspruchung

Für die Erfassung der subjektiven mentalen Beanspruchung wurde der NASA-Taskload-Index (NASA-TLX) verwendet (Hart & Staveland, 1988). Dieser Fragebogen erfasst auf sechs Dimensionen die individuelle Beanspruchung und bestimmt daraus einen Index. Zusätzlich gewichteten die Probanden vor dem Versuch nach dem von Hart und Staveland {, 1988 #211} beschriebenen Verfahren individuell die sechs Dimensionen. NASA-TLX ist in der Luftfahrt-Domäne ein weit verbreitetes Messverfahren und wurde aufgrund der Vergleichbarkeit zu anderen Studien verwendet (Hart, 2006). Ergänzend wurde der Fragebogen „Automation Impact on Mental Workload“ (AIM) aus dem SHAPE-Fragebogenset zur Erfassung des Einfluss zunehmender Automatisierung auf das sozio-technische System des Luftverkehrsmanagements der EUROCONTROL verwendet (EUROCONTROL, 2008; Straeter & Barbarino, 2004). Dieser Fragebogen wurde ursprünglich entwickelt, um den Einfluss neuer, automatisierter Assistenzsysteme auf die mentale Beanspruchung von Lotsen zu erfassen. Aus diesem Grund sind die Items inhaltlich eng verknüpft mit den Aufgaben und Anforderungen an eine Lotsenaufgabe. Deshalb wurde AIM auch für die studentische Stichprobe in dieser Arbeit verwendet.

4.4.4.2 Teamarbeit

Ergänzend zu den erhobenen objektiven Maßen der Teamkommunikation wurde der „SHAPE Teamwork Questionnaire“ (STQ) zur Bewertung der Teamarbeit erfasst (EUROCONTROL, 2008). Der Fragebogen wurde in seiner ursprünglichen Form anhand eines Modells von Fähigkeiten, Wissen und Einstellung gegenüber Teamarbeit entwickelt (SKATE-Model)(Roessingh & Zon, 2004). Diese Version wurde überarbeitet, Subskalen aufgrund von psychometrischen Kennwerten zusammen gefasst und Items aufgrund des operationellen Hintergrunds der Flugsicherungsdomäne ausgewählt. Der Fragebogen besteht aus 24 Items, die den sechs Subskalen Team Situationsbewusstsein (TSA), Team Rollen und Verantwortlichkeiten (TRR), Team Kooperation (TCO), Team Klima (TCL), Team Fehlermanagement (TEM) und Team Kommunikation (TCM) zugeordnet sind. Items zur Einschätzung der individuellen Leistung wurden formuliert um ergänzende, deskriptive Daten zu den standardisierten Fragebögen zu erhalten.

5 EMPIRISCHE DATEN ZUM KOMMUNIKATIONSVERHALTEN GUTER TEAMS

5.1 FRAGESTELLUNGEN DER STUDIE

Aus Aufgabenanalysen wurden beobachtbare, potentiell leistungssteigernde Verhaltensweisen von Teams in einer Fluglotsenaufgabe abgeleitet. Anhand empirischer Daten wird geprüft, ob sich Teams mit guter Leistung in der abstrahierten Versuchsaufgabe „TeamCom“ in ihren Verhaltensweisen von Teams mit schlechter Leistung entsprechend dieser Erwartungen unterschieden. Es wurden zwei Fragestellungen untersucht. Erstens, in welchen Metriken des Kommunikationsverhaltens unterscheiden sich Teams mit guter und schlechter Leistung voneinander. Zweitens, wie wirkt sich gemeinsame Erfahrung in der Zusammenarbeit auf die Leistung und das beobachtbare Kommunikationsverhalten von Teams aus.

5.1.1 Die Differenzierung der Teamleistung durch beobachtbare Verhaltensweisen

In Kapitel 3 wurden Hypothesen zu beobachtbaren Unterschieden im Kommunikationsverhalten guter und schlechter Teams in der Fluglotsenaufgabe hergeleitet. Es wird angenommen, dass Teammitglieder, genau wie individuelle Operateure, durch ihre Verhaltensweisen auf die Komplexität einer Aufgabe reagieren und darüber auf die kognitiven Anforderungen einwirken können. Der Arbeitsstil reguliert die erlebte Beanspruchung und kann deswegen variable Verhaltensweisen hervorbringen. Diese Variabilität setzt voraus, dass Teams und Teammitglieder Entscheidungsfreiraum in der Aufgabe haben. Diese Randbedingung ist in der Fluglotsenaufgabe gegeben. Deshalb wird angenommen, dass sich Teams mit guter Leistung in ihrem Verhalten von Teams mit schlechter Leistung unterscheiden lassen. Die spezifischen acht Hypothesen sind in Tabelle 7 dargestellt. Externe Faktoren sollen dabei die Ausbildung dieser Verhaltensweisen fördern. Einer dieser Einflussfaktoren ist gemeinsame Erfahrung im Team. Dieser Faktor wird in der Studie ebenfalls untersucht.

5.1.2 Erfahrung im Team

Erfahrung im Team soll sich auf mentale Modelle auswirken und dadurch leistungsfördernde Verhaltensweisen ermöglichen. Diese sollen wiederum positiv auf die Leistung der Teams wirken. Erfahrung im Team wird im Allgemeinen mit einer Leistungssteigerung der Teams in Verbindung gebracht.

> *Teams mit gemeinsamer Erfahrung haben eine bessere Leistung als Teams ohne gemeinsame Erfahrung.*

Teams entwickeln eigene Standards der Zusammenarbeit, welche dafür sorgen, dass die Koordination der individuellen Arbeitsschritte immer weniger kognitive Ressourcen beansprucht. Diese Argumentation ist ausführlich in Kapitel 2.3.1 dargelegt. Die erwarteten Veränderungen der Verhaltensweisen durch Erfahrung sind in Tabelle 8 zusammengefasst.

Diese Standardisierung soll, der Literatur nach, in frühen Phasen der Zusammenarbeit erfolgen. Wird die Zusammensetzung der Teams geändert, dann sollte diese Teamentwicklung und damit auch die Standardisierung gestört werden. Bei TeamCom besteht Zeitdruck bei dem Informationsaustausch und der Lösungsfindung. Ein abgestimmtes, standardisiertes Kommunikationsverhalten von Teams sollte spezifisch in dieser Aufgabe die Teamleistung positiv beeinflusse. Zusätzlich besteht aber auch ein allgemeiner Lerneffekt in der Aufgabe. Aus diesem Grund werden die zwei folgenden Hypothesen aufgestellt:

L1: Mit zunehmender Erfahrung in der Aufgabe (bessere Kenntnisse über Taskwork) wird die Leistung der Teams besser (weniger Konflikte, geringere Konfliktdauer, minimierte Flugzeiten).

L2: Teams, die nach jedem Durchgang neu zusammengestellt werden und damit keine Erfahrung als Team entwickeln können, können ihre Leistung weniger stark steigern, als Teams mit gleichbleibenden Teampartnern.

5.2 OPERATIONALISIERUNG

5.2.1 Unabhängige Variablen

Erfahrung im Team: Die unabhängige Variable „Erfahrung im Team“ wurde durch den Wechsel des Teampartners zwischen den einzelnen Versuchsdurchgängen realisiert. Teams, welche über gemeinsame Erfahrung verfügen sollten, absolvierten dieselbe Versuchsaufgabe dreimal in Folge mit dem identischen Teampartner. Teams, welche diese Teamerfahrung nicht aufbauen sollten, wechselten zwischen den Versuchsdurchgängen den Teampartner. Eine vergleichbare Operationalisierung der Teamerfahrung nutzte Kim {, 1997 #650} um Teamerfahrung zu manipulieren.

Aufgabenerfahrung: Durch die Wiederholung der Versuchsaufgabe konnten Teams Erfahrung in der Aufgabe sammeln. Dieses Lernen konnte unabhängig von der gemeinsamen Erfahrung als Team erfolgen. Das notwendige Wissen zur Bewältigung der Aufgabe wurde durch Instruktionen, einen Wissenstest und Training vermittelt. Dennoch bedeuten Wiederholungen einer Aufgabe einen Zugewinn an Aufgabenerfahrung. Das Verkehrsszenario wurde variiert, indem die Bezeichnung der Luftfahrzeuge geändert wurde. Außerdem wurde das gesamte Szenario um 90 Grad rotiert sowie die Zuteilung der Luftfahrzeuge zu den Arbeitspositionen Lotse 1 und Lotse 2 getauscht. Die zeitlichen Abläufe der Luftfahrzeuge, und damit die Anforderungen an das Überwachen, die Situationsanalyse und die Implementierung von Lösungen, waren in allen drei Szenarien und damit allen drei Durchgängen identisch.

5.2.2 Abhängige Variablen

Für jeden Versuchsdurchgang wurden die Teamleistung, die individuelle Leistung, das Kommunikationsverhalten sowie die subjektive Bewertung der Beanspruchung und der Teamarbeit erhoben. Die Metriken für Leistung und Kommunikationsverhalten sind in Kapitel 4.4 detailliert dargestellt.

Als Kontrollvariablen wurden vorab in einem Demographischen Fragebogen Einstellung zur Teamarbeit, Persönlichkeit, Erfahrung mit Teamarbeit und Erfahrung mit Luftfahrt erfasst. Im Anschluss der Studie wurde erfasst, ob sich die Teammitglieder bereits kannten.

5.2.3 Experimentelles Design

Die Studie verwendete ein gemischtes Design mit dem dreifach gestuften Innersubjekt-Faktor „Aufgabenwiederholung“ und dem zweifach-gestuften zwischensubjekt-Faktor „Wechsel des Teampartners“ mit den Bedingungen „Wechsel des Teampartners“ (WJ) und „Kein Wechsel des Teampartners“ (WN). Der Terminus „subjekt“ bezieht sich dabei auf ein Team aus zwei Personen.

Das Schema des experimentellen Designs für eine prototypische Gruppe aus drei Teams ist in Tabelle 24 dargestellt. Die Begriffe „L1“ und „L2“ stehen dabei für die beiden Teamarbeitspositionen. Die Versuchspersonen wurden in Gruppen getestet. Für einen Versuchsdurchgang der Bedingung „WJ“ wurden drei Teams parallel getestet, für die

Bedingung „WN“ variierte die Gruppengröße zwischen zwei und drei Teams, je nachdem ob alle Versuchspersonen zu dem vereinbarten Termin erschienen.

Der Faktor „Wechsel des Teampartners“ wurde deshalb am Tag des Versuchs nach der Verfügbarkeit der Versuchspersonen entschieden. Der zwischensubjekt-Faktor „Wechsel des Teampartners“ war insoweit kontrolliert, dass die zwei Unterstichproben eine gleiche Fallzahl erreichten. Im Folgenden werden die Stufen des zwischensubjekt-Faktors als Subsamples beziehungsweise Unterstichprobe bezeichnet.

Die Zuordnung der Versuchspersonen zu den Teams und Arbeitspositionen erfolgte vor dem ersten Durchgang zufällig. Die Teams wiederholten die Aufgabe dreimal mit einer Variation desselben Verkehrsszenarios. Die Reihenfolge der Szenarien wurde zwischen den Teams in den Durchgängen ebenfalls variiert, damit die Teams nicht gleichzeitig identische Konfliktsituationen mit identischen Callsigns verwendeten.

Tabelle 22 Schema des Experimentellen Designs

Aufgaben-wiederholung	Wechsel Nein (WN)									Wechsel Ja (WJ)								
	Team 1			Team 2			Team 3			Team 1			Team 2			Team 3		
	Sz.	L1	L2	Sz.	L1	L2	Sz.	L1	L2	Sz.	L1	L2	Sz.	L1	L2	Sz.	L1	L2
Durchgang 1	1	A	B	2	C	D	3	E	F	1	G	H	2	I	J	3	K	L
Durchgang 2	3	A	B	1	C	D	2	E	F	3	G	L	1	I	H	2	K	J
Durchgang 3	2	A	B	3	C	D	1	E	F	2	G	J	3	I	L	1	K	H

5.2.4 Datenanalyse

Aus dem Studiendesign ergeben sich Implikationen für die anwendbaren Verfahren zur Datenauswertung. Die maßgeblich relevante Untersuchungseinheit ist das Team, bestehend aus zwei Personen. Für die Unterstichprobe WN sind die Teams über alle drei Durchgänge konstant, so dass hier ein Versuchsdesign mit Messwiederholung auf dem Faktor Aufgabenerfahrung vorliegt. In der Unterstichprobe WJ ändert sich die Zusammensetzung der Teams in jedem Durchgang, so dass die Teams nicht identisch, aber auch nicht unabhängig sind. Die Stichproben sind, bezogen auf die individuellen Versuchspersonen, identisch und die drei Durchgänge stellen auf subjektiver Ebene ebenfalls ein Design mit Messwiederholung auf dem Faktor Aufgabenerfahrung dar. Auf Team-Ebene erfüllen die drei Durchgänge der Bedingung WJ nicht die Anforderungen einer Messwiederholung, andererseits erfüllen sie auch nicht das Kriterium der Unabhängigkeit, da die Teams immer wieder aus dem gleichen Pool an Individuen rekrutiert wurden.

Für Ergebnisse auf Individual-Ebene, wie Bewertung der Teamarbeit und Beanspruchung, wird eine zweifaktorielle Varianzanalyse mit dem Faktor „Wechsel des Teampartners“ und mit Messwiederholung auf dem Faktor Aufgabenerfahrung gerechnet. Der erste Wechsel des Teampartners erfolgt nach Durchgang 1, so dass die Unterstichproben im Durchgang 1 keine signifikanten Unterschiede aufweisen sollten, um Unterschiede in den Durchgängen zwei und drei auf den Wechsel des Teampartners zurückzuführen. Für Vergleiche zwischen den Unterstichproben wird demnach der dritte Durchgang berücksichtigt. Die beiden Gruppen „WN“ und „WJ“ werden mit einem t-Test auf signifikante Unterschiede geprüft.

Für die Beantwortung der Fragestellung, in welchen Metriken des Kommunikationsverhaltens sich gute und schlechte Teams unterscheiden, wird der Datensatz der Studie nach der Leistung gruppiert. Der gesamte Datensatz dieser Studie wird anhand des Schweregrads der

aufgetretenen Konflikte in drei Gruppen mit guter, mittlerer und schlechter Leistung aufgeteilt. Die beiden Gruppen „gut“ und „schlecht“ werden über einen t-Test auf signifikante Unterschiede in den Kennwerten des Kommunikationsverhaltens geprüft.

5.3 VERSUCHSAUFBAU

Der Versuchsaufbau verwendete die Aufgabe TeamCom, (Vgl. Kapitel 4.1.2) wobei drei 2er-Teams gleichzeitig die Aufgabe bearbeiteten. Der schematische technische Aufbau ist in Kapitel 4.1.2 dargestellt. Um Doppelungen zu vermeiden, sind die technischen Details der einzelnen Arbeitsplätze hier nicht dargestellt. Die Teams kommunizierten über Headsets miteinander, der Aufbau entspricht der Kommunikationsbedingung „Funk“. Alle sechs Versuchspersonen saßen in einem Raum, wobei die einzelnen Teammitglieder keinen direkten Sichtkontakt hatten und möglichst mit großem Abstand zueinander saßen, so dass die Kommunikation über den Kommunikationsserver erfolgen musste und damit auch korrekt aufgezeichnet werden konnte.

Alle Computerarbeitsplätze waren durch die Verwendung eines gemeinsamen Zeitservers zeitlich synchronisiert, so dass auch die verschiedenen Logfiles zeitsynchron waren. Die Aufzeichnung der Kommunikationsdaten erfolgte über den Versuchsleiter-Computer. Es liefen drei Images der Versuchsumgebung TeamCom, mit drei Variationen des Grundszenarios.

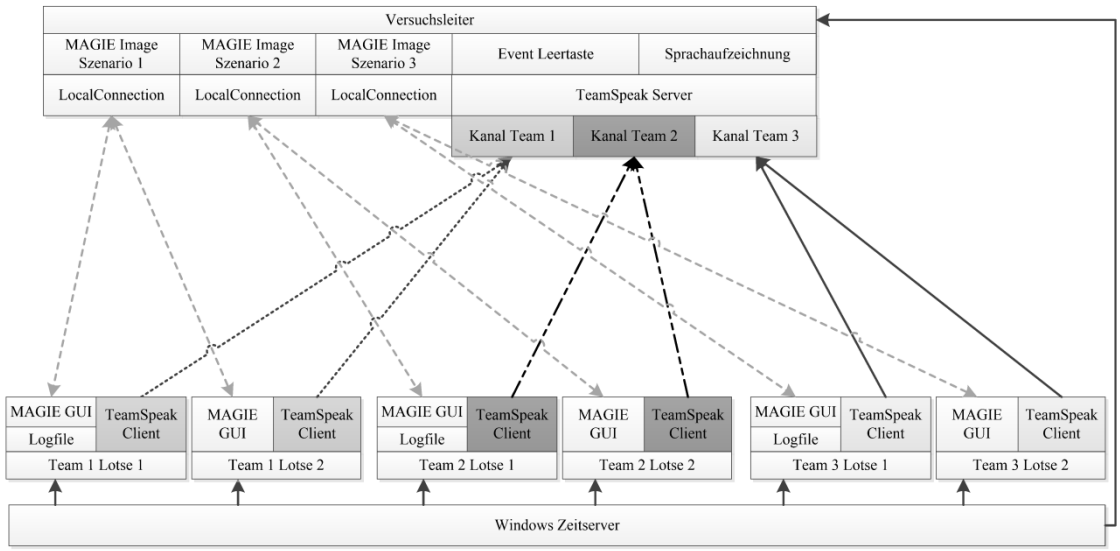


Abbildung 32 Versuchsaufbau Studie Erfahrung

5.4 PROZEDUR

5.4.1 Vorab-Fragebögen

Die Versuchspersonen meldeten sich per Email für die Teilnahme an dem Versuch an und gaben bereits einen präferierten Versuchstermin an. Bei der Bestätigung des Termins erhielten sie per Email einen Link auf einen Online-Fragebogen zur Erfassung der demographischen Daten sowie der Skalen zur Teambereitschaft. Durch den Vorab-Fragebogen sollte das eigentliche Untersuchungsziel des Versuchs maskiert werden um sozial erwünschtes Verhalten hinsichtlich Teamarbeit zu verhindern.

5.4.2 Am Versuchstag

Je nachdem, ob planmäßig alle sechs Probanden an dem Tag erschienen, wurde über die Durchführung der Bedingung „Wechsel des Teampartners“ entschieden. Waren weniger als sechs Versuchsteilnehmer erschienen, wurde die Bedingung „WN“ durchgeführt, andernfalls

die Bedingung „WJ“. Die Versuchspersonen wurden zufällig den Arbeitspositionen zugewiesen, es gab kein explizites Kennenlernen innerhalb der Teams. Der Ablauf des Versuchs ist in Abbildung 33 dargestellt.

Im Anschluss startete eine circa einstündige Trainingsphase. Dieser bestand aus den schriftlichen Instruktionen, einem Wissenstest und einem 30-minütigem Trainingsszenario. Die schriftlichen Instruktionen unterschieden sich für den Faktor „Wechsel des Teampartners“ dahingehend, dass Teams in der Bedingung WJ darüber informiert wurden, dass sie die Aufgabe mit wechselndem Teampartner bearbeiten. Der genaue Wortlaut für die Bedingungen ist im Anhang E zu finden. Im Anschluss erfolgten Detailinformationen zum Wechsel der Arbeitsposition. Die Instruktionen enthielten keine Hinweise zu erwarteten Arbeitsweisen oder wertende Aussagen zur Zusammenarbeit im Team.

Nach dem Trainingsszenario erfolgten die drei Versuchsdurchgänge, welche aus dem 30-minütigen Szenario sowie anschließenden Fragebögen zur Beanspruchung und zum Erleben der Teamarbeit (Vgl. Kapitel 4.4.4) bestanden. Während der Szenarien wurden die Funkdaten, der Tastendruck der Leertaste und alle Eingaben in „TeamCom“ von allen sechs Arbeitspositionen aufgezeichnet. Nach dem ersten Versuchsdurchgang gab es eine kurze Pause. In der Bedingung WJ erfolgte im Anschluss an jede Datenerhebung der Wechsel des Teampartners. Zum Abschluss des Versuchs gab es einen finalen Fragebogen und die Aufklärung über die Fragestellung. Der Versuch dauerte insgesamt 3.5 Stunden, für welche die Probanden eine Aufwandsentschädigung von 28 Euro erhielten.

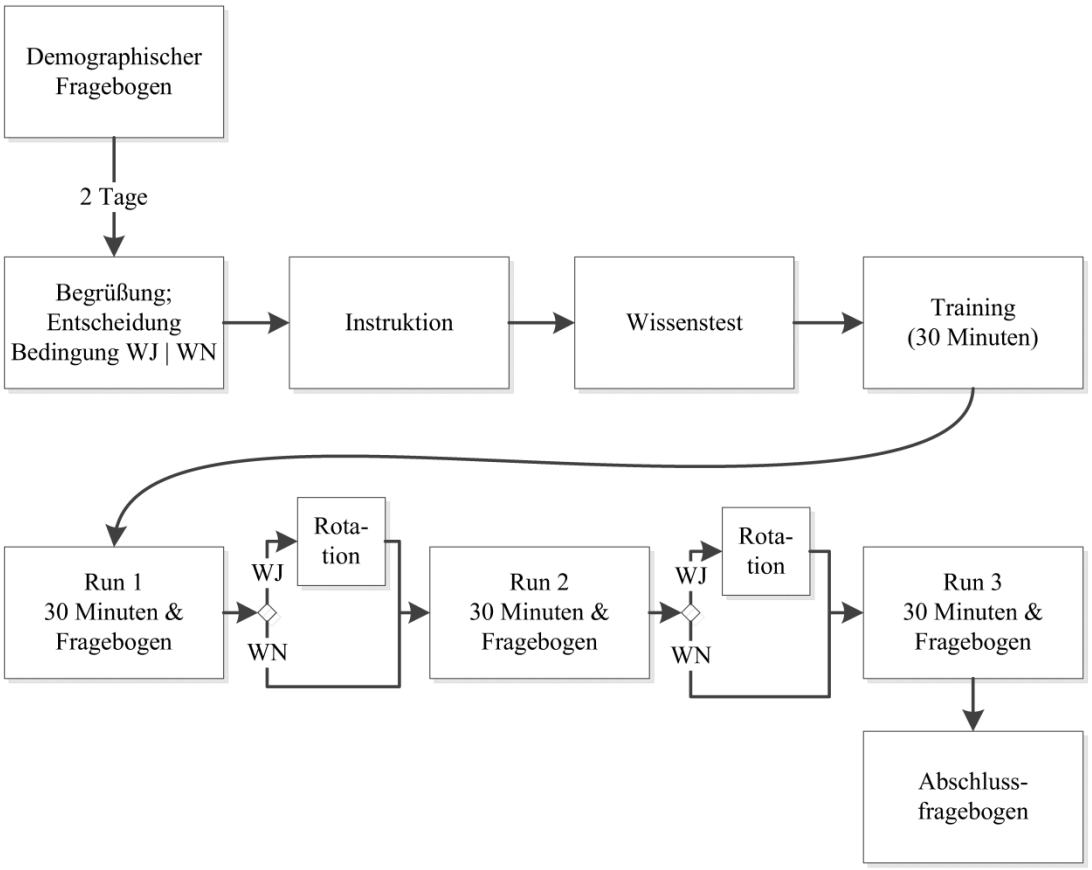


Abbildung 33 Prozedur der Studie "Erfahrung"

5.5 STICHPROBE

Insgesamt nahmen 58 Versuchspersonen an der Studie teil, welche in 29 Teams zu zwei Personen jeweils dreimal die Aufgabe bearbeiteten. Es liegen damit auf Teamlevel 87 Datensätze vor, wobei 45 unter der Bedingung WN und 42 unter der Bedingung WJ erhoben wurden. In der Bedingung WN gab es 15 Teams, welche in der gleichen Konstellation je drei Durchgänge der Versuchsaufgabe absolvierten. Insgesamt bestand diese Unterstichprobe auf Individualebene aus 30 Personen. In der Bedingung WJ gab es 42 verschiedene Teamkonstellationen, pro Durchgang jeweils 14 Teams. Insgesamt waren 28 Versuchspersonen der Bedingung WJ zugeordnet. Auf Individual-Ebene sind die Kennwerte der Stichprobe in Tabelle 23 zusammen gefasst.

Tabelle 23 Kennwerte zur Stichprobe der Studie "Erfahrung" auf Individualebene, Gesamt und für die Unterstichproben WN und WJ

	Gesamt	WN	WJ
N	58	30	28
Alter (MW, SD)	23.6 (3.3)	24.0 (3.7)	23.2 (2.9)
Weiblich (%)	38%	43%	32%
Vorerfahrung Luftfahrt (%)	36%	30%	43%
Grad Vorkenntnisse (1 = gering, 5 = sehr hoch)	4	4	4
Erfahrung Teamarbeit (%)	91%	93%	89%

Das durchschnittliche Alter der Versuchspersonen lag bei 24 Jahren (*SD* = 3 Jahre), 38 % der Versuchsteilnehmer waren weiblich. 36 Prozent der Versuchsteilnehmer verfügten über Vorkenntnisse im Bereich Luftfahrt, diese Vorkenntnisse wurden in der Selbsteinschätzung als eher hoch eingeschätzt. 91% der Versuchsteilnehmer gaben an, bereits über Erfahrung mit Teamarbeit zu verfügen. Der Median der Zustimmung zur Aussage, dass diese Personen im Allgemeinen gern im Team arbeiten, war hoch. Die Personen gaben an, öfters in Teams zu arbeiten. Die beiden Unterstichproben, deren Zusammensetzung wie oben beschrieben nicht nach demographischen Merkmalen kontrolliert wurde, sind hinsichtlich dieser Merkmale vergleichbar.

Da der Faktor „Wechsel des Teampartners“ keine nachweisbaren Leistungsunterschiede erzeugte, wurde der gesamte Datensatz dieser Studie anhand der gewichteten Konfliktdauer, dem Schweregrads der aufgetretenen Konflikte, in drei Gruppen aufgeteilt. Als Kriterium zur Unterteilung der Stichprobe wurde das 33% und 66%-Perzentil der Variable verwendet. Damit lag das Kriterium für gute Leistung bei einer gewichteten Konfliktdauer kleiner 16, für die mittlere Leistung bei 16 bis 60 und bei der Gruppe mit schlechter Leistung bei einem Schweregrad größer 60. Zur Überprüfung der Hypothesen zum Kommunikationsverhalten werden die Kennwerte der Gruppe „Gut“ mit der Gruppe „Schlecht“ über einen t-Test verglichen.

5.6 Leistungskennwerte der Gruppen

25 Datensätze wurden der Gruppe „Gut“ zugeordnet, 31 Datensätze der Gruppe „Mittel“ und 31 Datensätze der Gruppe „Schlecht“. Die Leistungskennwerte sind in Tabelle 24 dargestellt. Während die mittlere Anzahl von Konflikten bei Teams mit guter Leistung bei zwei Separationsverletzungen lag, hatte die Gruppe mit schlechter Leistung im Mittel dreimal so viele Separationsverletzungen.

Tabelle 24 Kennwerte zu den Unterstichproben im Kriterium Leistung

	Gut	***Mittel***	**Schlecht**
n	25	*31*	31
Gewichtete Konfliktdauer	6.29	*31.18*	97.48
Anzahl Konflikte	1.92	*3.13*	6.13
Kriterium	0-16 s	*16 – 60 s*	60 – 160 s

Mit einem Chi-Quadrat-Test wurde anschließend geprüft, ob sich die Gruppen hinsichtlich der Zusammensetzung der Separationsverletzungen unterschieden. Summierte Werte wurden verwendet, um die erforderliche Zellbelegung größer fünf zu erreichen. Die Kategorie „Neue Teamkonflikte“ wurde deshalb nicht verwendet, da diese in der Gruppe „Gut“ insgesamt nur einmal auftrat. Der Test zeigt, dass sich die Verteilungen tendenziell signifikant unterscheiden (χ^2 (2, n = 207) = 5.85, p = .054). Die Häufigkeit individueller Konflikte war in der Gruppe mit guter Leistung höher als erwartet. Der Anteil der geplanten Konflikte an allen Konflikten unterschied sich allerdings nicht signifikant in den beiden Gruppen.

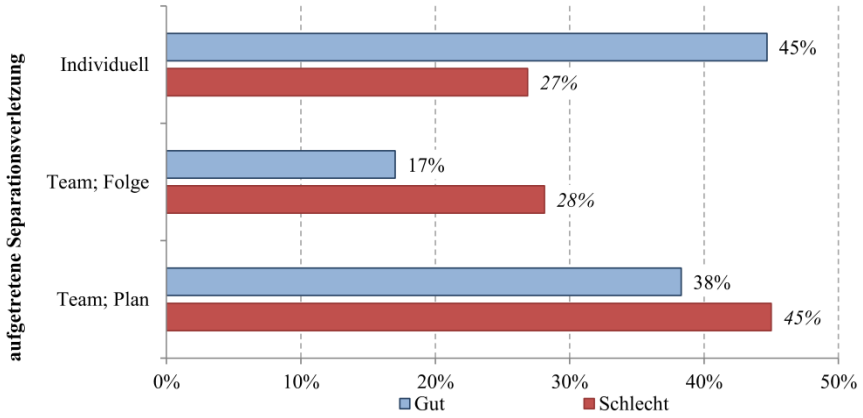


Abbildung 34 Zusammensetzung der Separationsverletzungen in den Gruppen mit guter und schlechter Leistung

5.7 Darstellung der Ergebnisse zum Kommunikationsverhalten

5.7.1 Deskriptive Ergebnisse

Vor der Überprüfung der Hypothesen wird das zugrunde liegende Kommunikationsverhalten, beschrieben. Teams mit guter Leistung tauschten durchschnittlich 226 Interaktionsevents aus (*SD* = 95), Teams mit schlechter Leistung 197 (*SD* = 65).

Tabelle 25 Deskriptive Werte zum Profil der Teamkommunikation

Kategorie	Gut	*SD*	Schlecht	*SD*
Kein Konflikt	18.92	*11.78*	15.45	*8.43*
Lösungsvorschlag	48.84	*22.38*	45.07	*21.37*
Austausch von Flugdaten	92.08	*32.54*	84.28	*21.45*
Rückmeldung	36.40	*16.09*	27.21	*15.93*
ohne Aufgabenbezug	35.00	*36.64*	26.45	*26.07*
Kommentiere Benutzereingaben	27.36	*12.76*	25.31	*12.66*

In Tabelle 25 sind die Häufigkeiten in den Kategorien des Kodierschemas zu finden. In beiden Gruppen war der Austausch von Flugdaten („Monitoring“ genannt) am häufigsten zu beobachten. Kommunikation, dass kein Konflikt vorlag und der Austausch von Absichten über Benutzereingaben waren im Durchschnitt am seltensten vertreten. Die Anteile der Kategorien am beobachteten Kommunikationsverhalten sind in Abbildung 35 visualisiert. Gute und schlechte Teams unterschieden sich nicht im Schwerpunkt der Kommunikationsinhalte ($\chi^2(5, n = 428) = 0.93$, $p = .968$). Die hohen Standardabweichungen in den Inhaltskategorien zeigen, dass die Kommunikationsprofile innerhalb der beiden Gruppen heterogen waren. Auch deshalb sind sie nicht geeignet, gute und schlechte Teams mach ihrem Kommunikationsverhalten zu differenzieren.

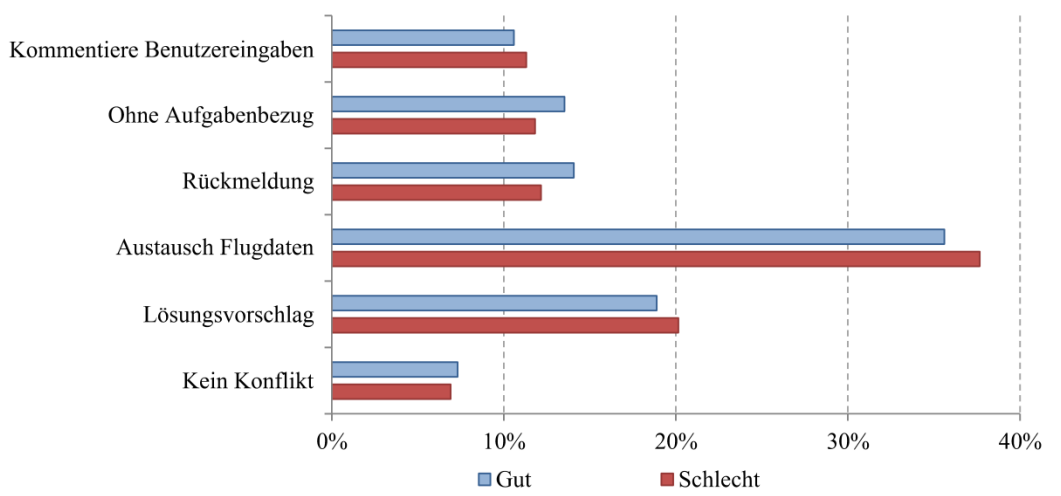


Abbildung 35 Das Kommunikationsprofil guter und schlechter Teams

Die spezifischen Verhaltensweisen, die als potentiell leistungssteigernd identifiziert wurden, werden im Folgenden überprüft. Die vollständige Tabelle mit allen berechneten Metriken ist im Anhang D dargestellt.

5.7.2 Komponenten-Komplexität

H1: Teams mit guter Leistung in der Konflikterkennung tauschen überwiegend relevante Informationen aus.

Teams mit einer guten Leistung zeigten in ihrem Kommunikationsverhalten keine stärkere Selektion, beziehungsweise stärkeres Fokussieren auf die relevant kategorisierten Luftfahrzeuge. Die Ergebnisse zeigen entgegengesetzt zur Hypothese an, dass Teams mit guter Leistung signifikant mehr Kommunikationsevents Flugzeugen widmeten, welche dem Aufgabenschema nach als irrelevant bewertet wurden (MW_{Gut} = 21.04, SD = 9.79, $MW_{Schlecht}$ = 16.10, SD = 6.52, t(40.76) = 2.14, p = .038). Tendenziell tauschten Teams mit guter Leistung auch zu weniger Luftfahrzeugen gar keine Flugdaten aus (MW_{Gut} = 4.12, SD = 3.99, $MW_{Schlecht}$ = 6.21, SD = 4.19, t(51.44) = -1.87, p = .067), wobei sich die Anzahl fälschlicherweise ignorierter Flugzeuge zwischen beiden Gruppen nicht signifikant unterschied (MW_{Gut} = 1.28, SD = 1.14, $MW_{Schlecht}$ = 1.55, SD = 1.90, t(46.96) = -0.65, p = .521).

Zusammenfassung: Die Hypothese, dass das Verhalten von Teams mit guter Leistung durch eine stärkere Selektion gekennzeichnet ist, kann nicht bestätigt werden. Teams mit guter Leistung in der Fluglotsenaufgabe kommunizierten zu mehr Flugzeugen als erwartet.

5.7.3 Dynamische Komplexität

H2: Teams mit guter Leistung in der Konflikterkennung tauschen Informationen frühzeitiger aus als Teams mit schlechter Leistung.

Teams mit guter Leistung tauschten Flugdaten im Mittel 4.34 Sekunden nach Erscheinen der Flugzeuge im Luftraum aus (SD = 28.18), Teams mit schlechter Leistung nach 14.49 Sekunden (SD = 28.13). Der relativierte Zeitpunkt des Monitorings unterschied sich zwischen beiden Gruppen signifikant (MW_{Gut} = 1.58, SD = 0.52, $MW_{Schlecht}$ = 1.33 Sekunden, SD = 0.43, t(46.45) = 1.92, p = .061), wobei dennoch bei beiden Gruppen das Monitoring früher erfolgte, als vom Aufgabenschema erwartet. Deswegen wurde im weiteren Verlauf der Datenanalyse der Erstkontakt für ein Flugzeug getrennt vom nachfolgenden Datenaustausch betrachtet, indem die Kategorien „initiales Monitoring“ und „weiterer Flugdatenaustausch“ eingeführt wurden. Das beobachtete Verhalten eines früher als erwarteten Datenaustauschs wird abschließend in Kapitel 8.1.3 unter dem Begriff des „Aktiven Monitorings“ diskutiert.

Bezüglich des klassifizierten Zeitpunkts des initialen Monitorings der Flugzeuge wurde ein Chi-Quadrat Test gerechnet, welcher eine signifikante Abweichung der beobachteten von den erwarteten Häufigkeiten in den fünf Zeitkategorien zeigte (χ^2(4, n = 1782) = 16.79, p = .002). Teams mit guter Leistung tauschten insgesamt häufiger als erwartet Flugdaten aus und hatten deshalb, im Vergleich mit schlechten Teams, eine signifikant geringere Häufigkeit in der Kategorie „nicht kommuniziert“. Allerdings unterschieden sich die Teams nicht in der Häufigkeit der Zeitkategorien bezogen auf den weiteren Flugdatenaustausch (χ^2(3, n = 190) = 0.45, p = .929).

Explorativ wurde die Interaktionshäufigkeit des initialen Monitorings auf Unterschiede geprüft. Teams mit guter Leistung hatten signifikant mehr Interaktionen, welche als Erstkontakt gezählt werden können, als schlechte Teams (MW_{Gut} = 48.32, SD = 11.25, $MW_{Schlecht}$ = 42.34, SD = 7.96, t(42.41) = 2.22, p = .032). Da die Anzahl der Flugzeuge jeweils bei 33 lag, kann diese veränderte Häufigkeit nur darauf zurückgeführt werden, dass gute Teams häufiger initial Flugdaten, wie Höhe oder Geschwindigkeit, zu Flugzeugen des Teampartners anfragten.

Zusammenfassung: Teams mit guter Leistung tauschten die initialen Flugdaten zu Flugzeugen früher aus, als Teams mit schlechter Leistung. Außerdem fragten Teams mit guter Leistung häufiger die ersten Flugdaten an. Die Hypothese kann für das Kriterium zum Zeitpunkt des initialen Informationsaustauschs angenommen werden.

H3: Teams mit einem höheren Anteil an pro-aktivem Informationsaustausch haben eine bessere Leistung.

Keine der Metriken zur Häufigkeit pro-aktiven Kommunizierens zeigte einen signifikanten Unterschied zwischen Teams mit guter und schlechter Leistung. In der Gruppe mit guter Teamleistung lag die Menge pro-aktiver Kommunikation bei 30.48 Interaktionen (SD = 20.22), bei Teams mit schlechter Leistung bei 28.21 (SD = 17.32). Die sich daraus ergebenden Anteile zeigen ebenfalls keine Unterschiede bei Teams mit guter und schlechter Leistung.

Zusammenfassung: Die Hypothese muss abgelehnt werden, dass pro-aktiver Informationsaustausch ein Merkmal der Kommunikation guter Teams ist.

5.7.4 Koordinative Komplexität

H4a: Teams, die einem rationalen Vorgehen in der Aufgabenbearbeitung folgen, haben eine bessere Leistung.

Von den 15 identifizierten prototypischen Transitionen verwendeten sowohl Teams mit guter Leistung und schlechter Leistung im Mittel zwölf Transitionen (MW_{Gut} = 11.88, SD = 2.7, $MW_{Schlecht}$ = 12.17, SD = 2.19). Teams mit guter Leistung hatten tendenziell einen geringeren Anteil an prototypisch erwarteten Transitionen (MW_{Gut} = 0.52, SD = 0.06, $MW_{Schlecht}$ = 0.55, SD = 0.07, $t(51.62) = -1.72$, $p = .091$). Der Unterschied zwischen den Gruppen zeigte allerdings in eine Richtung, die nicht erwartet war. 48% aller beobachteten Transitionen waren von dem prototypischen Ablauf nicht vorgesehen. Bei Teams mit schlechter Leistung lag dieser Anteil bei 45 Prozent. In beiden Gruppen war die Häufigkeit von Sequenzen, die als explizite und implizite Koordination klassifiziert wurden, nahezu identisch. Explizite Sequenzen wurden im Durchschnitt 3.4-mal bei guten Teams (SD = 2.12) und 3.62 (SD = 2.23) bei Teams mit schlechter Leistung beobachtet. Implizite Sequenzen wurden viermal (SD = 2.42) bei Teams mit guter Leistung und 3.97-mal (SD = 2.23) bei Teams mit schlechter Leistung.

Zusammenfassung: Es zeigten sich keine Unterschiede in der mittleren Häufigkeit von Sequenzen expliziter und impliziter Koordination. Beide Sequenztypen wurden insgesamt betrachtet seltener verwendet als erwartet, explizite Koordination war achtmal erwartet. Die Anteile erwarteter Phasenwechsel war bei Teams mit guter Leistung sogar tendenziell geringer, als bei Teams mit schlechter Leistung. Die Hypothese muss abgelehnt werden, dass Teams mit guter Leistung häufiger dem rationalen Vorgehen der Aufgabebearbeitung folgen.

H4b: Teams mit guter Leistung kommunizieren häufiger Situationsanalysen, als Teams mit schlechter Leistung.

Die erhobenen Metriken zur Häufigkeit von Situationsanalyse und Chunks, die Situationsanalysen beinhalten, zeigen keine signifikanten Unterschiede zwischen den Gruppen mit guter und schlechter Leistung. Da Teams mit guter Leistung weniger Separationsverletzungen hatten als Teams mit schlechter Leistung, war die Menge von Separationsverletzungen ohne Situationsanalyse signifikant unterschiedlich (MW_{Gut} = 0.52, SD = 0.65, $MW_{Schlecht}$ = 1.86, SD = 1.36, $t(41.59) = -4.73$, $p < .001$). Der Anteil von Konflikten, für die keine explizite Situationsanalyse erfolgte, lag bei guten Teams im Mittel bei 27%, bei schlechten Teams bei 30%. Die Verteilung der Häufigkeiten innerhalb der Kategorien der

Separationsverletzung „Analysiert“ versus „Nicht Analysiert“ unterschied sich nicht zwischen Teams mit guter und schlechter Leistung ($\chi^2(1, n = 222) = 0.28$, $p = .598$).

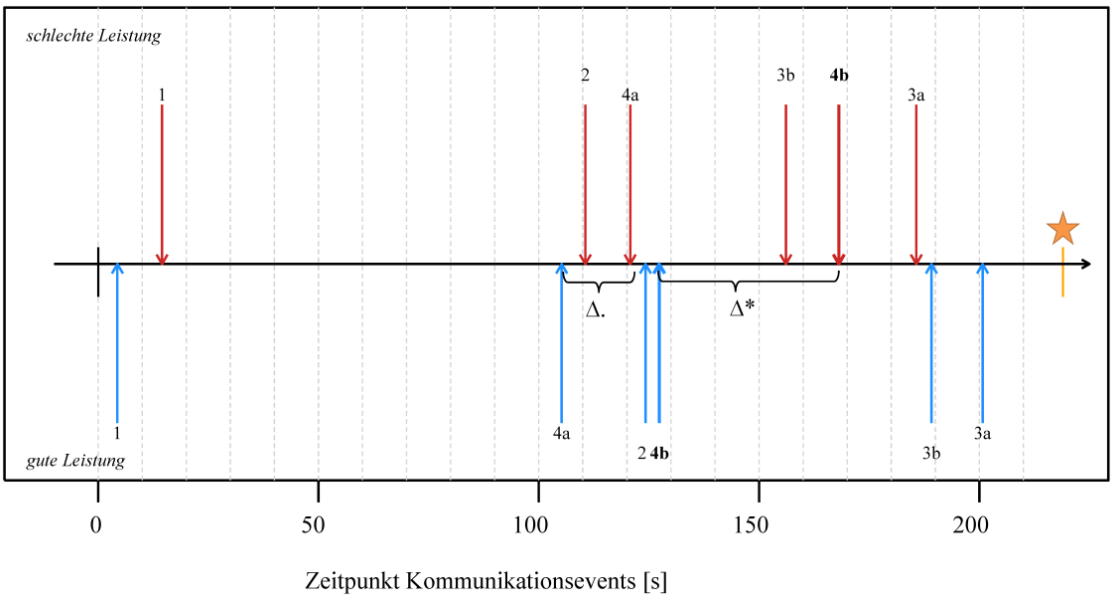


Abbildung 36 Unterschiede im Zeitpunkt der Situationsanalysen (4a, 4b) guter und schlechter Teams

Teams mit guter Leistung unterschieden sich im Zeitpunkt der Kommunikation von Konfliktlösungen von Teams mit schlechter Leistung. Ein Zeitstrahl (Abbildung 36) stellt die Zeitpunkte und Differenzen dar. Die Situationsanalyse für die analysierten Konflikte (Event 4b) erfolgte bei guten Teams im Mittel 40 Sekunden früher als bei Teams mit schlechter Leistung. Die Zeitdifferenz zum Auftreten des Konflikts (mit Stern markiert) betrug bei guten Teams 92 Sekunden ($SD = 58$) bei schlechten Teams 51 Sekunden, ($SD = 37$), der Unterschied wurde signifikant ($t(20.49) = 2.48$, $p = .022$). Teams, welche eine gute Leistung erzielten, kommunizierten tendenziell auch frühzeitiger Situationsanalysen zu den geplanten Konflikten (Event 4a, $MW_{Gut} = 114$ Sekunden, $SD = 31$, $MW_{Schlecht} = 98$ Sekunden, $SD = 26$, $t(46.81) = 1.98$, $p = .054$), wobei der mittlere Unterschied zwischen den beiden Gruppen 15 Sekunden betrug. Die Zeitabstände des Flugdatenaustauschs (Event 3a und 3b) zeigten dagegen keine signifikanten Unterschiede im Kommunikationsverhalten guter und schlechter Teams.

Zusammenfassung: Die Hypothese muss abgelehnt werden. Die Häufigkeit von Kommunikation über Lösungsmöglichkeiten von Konflikten unterscheidet nicht gute von schlechten Teams. Teams mit guter Leistung kommunizierten jedoch frühzeitiger Situationsanalysen. Dennoch traten bei beiden Gruppen Separationsverletzungen auf, für die im Vorfeld eine Situationsanalyse erfolgte. Bei Teams mit guter Leistung erfolgten diese Situationsanalysen jedoch signifikant früher.

H4c: Teams, welche ihre vorgenommen Veränderungen kommunizieren, haben eine bessere Leistung.

Um die Hypothese zu prüfen, wird zuerst der Kommunikationsbedarf durch die Analyse der vorgenommenen Benutzereingaben erfasst. Teams mit guter und schlechter Leistung unterschieden sich nicht bezüglich der mittleren Anzahl der vorgenommenen Benutzereingaben. In 30 Minuten Aufgabenzeit nahmen gute Teams im Mittel 91.16 Eingaben vor ($SD = 27.49$), Teams mit schlechter Leistung 82 (SD = *35*). Zwingend notwendig zur Lösung der geplanten Konflikte und zum Erreichen der korrekten Übergabehöhe waren minimal 12 Höhenänderungen (Vergleich Kapitel B.3). Bezüglich der Implementierungen nahmen Teams mit guter Leistung

bei signifikant mehr Flugzeugen Manipulationen des Flugstatus vor (MW_{Gut} = 31.20, SD = 3.14, $MW_{Schlecht}$ = 27.03 Sekunden, SD = 5.98, t(43.52) = 3.26, p = .002) wobei sie signifikant mehr Anpassungen der Geschwindigkeit vornahmen (MW_{Gut} = 53.64, SD = 15.04, $MW_{Schlecht}$ = 40.03 Sekunden, SD = 14.42, t(50.13) = 3.38, p = .001).

Teams mit guter Leistung hatten, bei vergleichbarer Gesamtzahl an Benutzereingaben, insgesamt tendenziell signifikant mehr Benutzereingaben, denen keine Interaktion zugeordnet werden konnte (MW_{Gut} = 34.96, SD = 13.07, $MW_{Schlecht}$ = 27.90, SD = 17.05, t(51.35) = 1.72, p = .091). Der Chi-Quadrat-Test zeigte jedoch, dass keine systematische Verlagerung zur impliziten Manipulation der Versuchsumgebung vorlag (χ^2(1, n= 114.24) = 1.1, p = .294). Teams mit guter und schlechter Leistung unterschieden sich außerdem nicht signifikant hinsichtlich der Anzahl der Höhenänderungen, für die keine Kommunikation identifiziert wurde. Teams mit guter Leistung nahmen mehr Veränderungen der Geschwindigkeit vor. Dieses veränderte Verhalten wirkte sich jedoch nicht auf das sekundäre Leistungsmaße der mittleren Flugzeiten der Luftfahrzeuge aus (MW_{Gut} = -9.96, SD = 375.14, $MW_{Schlecht}$ = 11.03, SD = 258.83, t(41.72) = -0.24, p = .851). Explorativ wurde geprüft, ob sich die Häufigkeit impliziter und expliziter Geschwindigkeitsveränderungen änderte. Der der Chi-Quadrat-Test zeigte, dass sich die Häufigkeiten der kommunizierten Eingaben nicht zwischen guten und schlechten Teams unterschied (χ^2(1, n= 90.68) = 0.02, p = .887).

Zusammenfassung: Die Hypothese, dass Teams mit guter Leistung alle ihre Benutzereingaben kommunizieren, kann nicht angenommen werden. Teams mit guter Leistung unterscheiden sich nicht signifikant in der Häufigkeit der Kommunikation von Absichten von Teams mit schlechter Leistung.

H4d: Teams mit geringerer Zeitdifferenz zwischen vorgenommener Veränderung und Kommunikation über die Veränderung haben eine bessere Leistung.

Teams mit guter Leistung kommunizierten ihre Benutzereingaben signifikant früher als Teams mit schlechter Leistung (MW_{Gut} = 5.13 Sekunden, SD = 10.84, $MW_{Schlecht}$ = -1.68 Sekunden, SD = 14.48, t(51.06) = 1.97, p = .054). Wie die Mittelwerte zeigen, lag bei Teams mit schlechter Leistung die mittlere Distanz nach der Benutzereingabe, das heißt die Information an den Teampartner erfolgte, nachdem die Manipulation vorgenommen wurde.

Zusammenfassung: Die Hypothese kann nicht angenommen werden, da die Zeitdifferenz bei Teams mit guter Leistung größer ist als bei Teams mit schlechter Leistung. Allerdings erfolgte bei Teams mit guter Leistung die Kommunikation im Mittel kurz vor der eigentlichen Benutzereingabe, während Teams mit schlechter Leistung kurz nach der vorgenommenen Manipulation diese kommunizierten.

H5: Teams, welche Bestätigungen austauschen, haben eine bessere Leistung, als Teams, die keine Bestätigungen austauschen.

Teams mit guter Leistung verbalisierten insgesamt signifikant mehr Bestätigungen als Teams mit schlechter Leistung (MW_{Gut} = 36.40, SD = 16.09, $MW_{Schlecht}$ = 27.21, SD = 15.93, t(50.68) = 2.10, p = .040) und hatten insgesamt mehr Interaktionssituationen (Chunks), in denen eine Rückmeldung enthalten war (MW_{Gut} = 23.32, SD = 8.22, $MW_{Schlecht}$ = 18.79, SD = 8.73, t(51.57) = 1.96, p = .055).

Zusammenfassung: Die Hypothese, dass das Kommunikationsverhalten von guten Teams mehr Rückmeldungen enthält, kann angenommen werden.

5.8 Das Kommunikationsverhalten guter und schlechter Teams

In Tabelle 26 sind die überprüften Hypothesen des Rahmenmodells der Kommunikation in einer Lotsenaufgabe und die wichtigsten Ergebnisse im Überblick dargestellt. Insgesamt wurden acht Hypothesen zu den erwarteten Verhaltensweisen und ihre Ausprägung bei Gruppen unterschiedlicher Leistung getestet. Von den acht Hypothesen konnten zwei bestätigt werden, zu drei weiteren Hypothesen zeigten die analysierten Indikatoren Unterschiede im Kommunikationsverhalten guter und schlechter Teams, welche jedoch nicht erwartet wurden.

Tabelle 26 Überblick über die getesteten Hypothesen und die Ergebnisse zum Rahmenmodell der Kommunikation in einer Lotsenaufgabe

	Hypothese		Ergebnis
1	Teams mit guter Leistung in der Konflikterkennung tauschen überwiegend relevante Informationen aus.	x	Teams mit guter Leistung kommunizieren häufiger irrelevant-klassifizierte Informationen
2	**Teams mit guter Leistung in der Konflikterkennung tauschen Informationen frühzeitiger aus als Teams mit schlechter Leistung.**	✓	**Zustimmung**
3	Teams mit einem höheren Anteil an pro-aktivem Informationsaustausch haben eine bessere Leistung.	x	
4a	Teams, die einem rationalen Vorgehen in der Aufgabenbearbeitung folgen, haben eine bessere Leistung.	x	
4b	Teams mit guter Leistung kommunizieren häufiger Situationsanalysen, als Teams mit schlechter Leistung.	x	aber Teams mit guter Leistung kommunizieren Lösungen frühzeitiger
4c	Teams, welche ihre vorgenommen Veränderungen kommunizieren, haben eine bessere Leistung.	x	
4d	Teams mit geringerer Zeitdifferenz zwischen vorgenommener Veränderung und Kommunikation über die Veränderung haben eine bessere Leistung.	(x)	aber weil die Zeitdifferenz bei Teams mit schlechter Leistung negativ ist, d.h. nachträglich zur Benutzereingabe erfolgte.
5	**Teams, welche Bestätigungen austauschen, haben eine bessere Leistung, als Teams, die keine Bestätigungen austauschen.**	✓	**Zustimmung**

Teams mit guter Leistung tauschen Informationen früher aus und kommunizieren mehr Bestätigungen. Allerdings zeigten gute und schlechte Teams keine Unterschiede in der Häufigkeit pro-aktiver Kommunikation von Informationen. Die Kommunikationshäufigkeit und Kommunikationsdauer allgemein hatte in der Studie keinen Einfluss auf die Teamleistung und ist keine geeigneten Metriken, um gute von schlechten Teams zu unterscheiden.

Teams mit guter Leistung folgten in dem beobachtbaren Kommunikationsverhalten ebenfalls nicht stärker dem prototypischen Ablauf der Entscheidungsfindung, als Teams mit schlechter Leistung. Entgegen der Annahme, kommunizierten Teams mit guter Leistung tendenziell seltener die Eingaben, welche sie vornahmen. Dieser Effekt ist nicht konform mit den Annahmen des Rahmenmodells, nach denen alle Benutzereingaben kommuniziert werden sollten, da diese den gemeinsamen Bezugsraum des Teams verändern. Teams mit guter Leistung kommunizierten allerdings frühzeitiger die initialen Informationen zu neuen Flugzeugen sowie die vorgenommenen Situationsanalysen. Außerdem kommunizierten Teams mit guter Leistung ihre Benutzereingaben tatsächlich als Absichten, das heißt, kurz bevor sie diese entsprechenden Manipulationen vornahmen. Teams mit schlechter Leistung informierten den Teampartner nachträglich über Änderungen, nämlich kurz nachdem sie diese vorgenommen hatten.

Die Ergebnisse der Studie ermöglichen es, die Verhaltensweisen von Teams mit guter Leistung stärker zu präzisieren. Die Teams mit guter Leistung unterschieden sich hauptsächlich im Zeitpunkt ihrer Kommunikation von Teams mit schlechter Leistung sowie in der Intensität des Austauschs von Flugdaten, was der Überwachung des Luftraums zugeordnet werden kann. Allgemein differenzierten Metriken zum Zeitpunkt des ersten Flugdatenaustauschs, zur Analyse von Konflikten und zur Kommunikation von Absichten Teams mit guter Leistung in der

abstrahierten Fluglotsenaufgabe von Teams mit schlechter Leistung. Metriken zur Häufigkeit der Kommunikation in bestimmten Inhaltskategorien differenzieren nicht gute und schlechte Teams. Die Ergebnisse werden abschließend in Kapitel 8.1 hinsichtlich der Validierung des Rahmenmodells diskutiert.

6 DER EINFLUSS VON ERFAHRUNG IM TEAM

6.1 ÜBERPRÜFUNG DER EXPERIMENTELLEN MANIPULATION

Erfahrung im Team wurde in der Studie über den Wechsel des Teampartners operationalisiert. Teams ohne Wechsel des Teampartners sollten durch die wiederholte Bearbeitung der Aufgabe gemeinsame Erfahrung aufbauen. Die gemeinsame Erfahrung sollte die Koordination innerhalb des Teams erleichtern und sich so positiv auf Teamleistung auswirken. Teams mit Wechsel des Teampartners sollten nur Erfahrung in der Aufgabe aufbauen, nicht jedoch mit dem spezifischen Teampartner. Der Erfolg dieser Manipulation wird im Folgenden überprüft und bewertet.

Nach jedem Durchgang füllten die Versuchspersonen individuell einen Fragebogen zur Einschätzung der Routine, der Teamleistung, Teamarbeit und der empfundenen Beanspruchung aus. Die deskriptiven Werte sind in Tabelle 27 dargestellt. Die Werte wurden auf Ebene der individuellen Teammitglieder erfasst. Damit liegt ein zweifaktorielles experimentelles Design mit Messwiederholung auf dem Faktor „Aufgabenerfahrung“ und dem Zwischensubjekt-Faktor „Wechsel des Teampartners“ vor. Es wurde eine zweifaktorielle Varianzanalyse mit dem dreifach-gestuften Faktor Aufgabenerfahrung und dem zweifach-gestuften zwischensubjekt-Faktor Wechsel des Teampartners durchgeführt. Die Teststatistiken für die Faktoren Aufgabenerfahrung (A) und Wechsel des Teampartners (W) sind im zweiten Teil der Tabelle dargestellt.

Tabelle 27 Metriken zur subjektiven Einschätzung der Teamleistung

		R1	*SD*	R2	*SD*	R3	*SD*	Fa*	F	*p*	η^2
1: In diesem Versuchsdurchgang erfolgte die Bearbeitung der Aufgabe routiniert	WJ	3.73	*0.91*	3.83	*1.05*	4.53	*0.73*	**A**	**14.39**	**<.001**	**.20**
	WN	3.79	*0.88*	4.07	*0.98*	4.57	*0.63*	W	0.56	.456	<.01
2: In diesem Durchgang erfolgte die Bearbeitung der Aufgabe routinierter als im vorherigen Durchgang.	WJ	4.53	*0.57*	3.63	*1.22*	4.37	*1.00*	**A**	**7.03**	**.001**	**.11**
	WN	4.14	*0.97*	3.82	*1.19*	4.25	*0.93*	W	0.47	.496	<.01
3: Insgesamt haben wir die Aufgabe erfolgreich bewältigen können.	WJ	4.27	*0.69*	4.30	*0.88*	4.57	*0.63*	**A**	**5.64**	**.004**	**.09**
	WN	4.32	*0.86*	4.07	*1.05*	4.64	*0.56*	W	0.05	.824	<.01
Subjektive Einschätzung der Teamarbeit (STQ)	WJ	5.76	0.91	5.71	0.94	6.01	0.79	**A**	**7.48**	**<.001**	**.12**
	WN	5.78	0.78	5.48	1.33	6.07	0.84	W	0.06	.809	<.01
Beitrag Bewusstsein im Team zu mentaler Beanspruchung (AIM Team)	WJ	12.63	*3.82*	14.00	*5.63*	11.23	*5.26*	**A**	**6.53**	**.002**	**.13**
	WN	12.27	*4.4*	11.12	*4.68*	10.27	*4.56*	W	1.62	.209	.03

* Faktor A = Aufgabenerfahrung F(1,54), W = Wechsel, F(2,108)

Ein Vergleich der Mittelwerte zeigt, dass die zunehmende Aufgabenerfahrung in beiden Bedingungen zu einer linear ansteigenden, besseren Bewertung führt (Item 1). Wenn Teammitglieder nach einem direkten Vergleich der empfundenen Routine mit dem vorherigen Versuchsdurchgang gefragt werden (Item 2), so zeigt sich bei beiden Bedingungen eine schlechtere Bewertung des zweiten Durchgangs. Während die Gruppe mit gleichbleibendem Teampartner ihren Erfolg in der Aufgabe ebenfalls linear ansteigend besser bewertete, bewertete die Gruppe mit wechselndem Teampartner ihren Erfolg im zweiten Durchgang schlechter als im ersten und dritten Durchgang. Die Aufgabenerfahrung führte bei allen drei Items zu einem signifikanten Unterschied in der Bewertung; der Wechsel des Teampartners wiederum hatte keinen signifikanten Effekt auf die subjektive Bewertung der Team-Routine und Teamleistung.

Die subjektive Einschätzung der Teamarbeit (STQ) zeigte in den deskriptiven Werten für beide Gruppen das Muster, dass der zweite Durchgang die schlechteste Bewertung zeigte. Die Ergebnisse waren ebenfalls nicht durch den Wechsel des Teampartners beeinflusst, aber

signifikant durch die Aufgabenwiederholung. Der post-hoc Test zeigte, dass dies auf den Anstieg in der Bewertung zwischen Durchgang 2 und drei zurück zu führen ist (p = .002). Die deskriptiven Werte zeigen jedoch, dass es keinen linearen Anstieg gab, sondern Durchgang zwei schlechter bewertet wurde als der erste und der letzte Durchgang.

Für die mentale Beanspruchung durch den Aufbau von Teambewusstsein (AIM Team) zeigte sich ein tendenziell signifikanter Interaktionseffekt der Aufgabenwiederholung und des Wechsels des Teampartners (F(2,108) = 2.76, p = .068, η^2 = .05), wobei im Post-Hoc-Test keine der Vergleiche das geforderte Signifikanzniveau erreichte (Holms-korrigiert). Für die Sub-Skala Teambewusstsein war der Einfluss auf mentale Beanspruchung im Sample mit wechselndem Teampartner im zweiten Durchgang maximal. Das heißt, nach dem Wechsel des Teampartners wurde hier die größte Beanspruchung gemessen. Im zweiten Durchgang war die Bewertung der Teams mit wechselndem Teampartner signifikant schlechter als die Bewertung des dritten Durchgangs. Dieses Muster zeigt sich nicht für die Teams mit gleichbleibendem Teampartner.

Zusammenfassung: Die Bewertung der Routine steigerte sich vom ersten zum dritten Durchgang. Ebenso verringerte sich in der Gruppe mit gleichbleibendem Teampartner linear die empfundene mentale Beanspruchung, um Teambewusstsein aufzubauen. Die Gruppe mit wechselndem Teampartner zeigte jedoch ein anderes Muster. Deskriptiv führte der erste Wechsel des Teampartners zu einer höheren empfundenen Beanspruchung auf der Skala Teambewusstsein.

Im zweiten Durchgang bewerteten Teams ihren Erfolg und ihre Zusammenarbeit am schlechtesten. Der Wechsel des Teampartners hatte tendenziell Einfluss auf die empfundene Beanspruchung durch den Aufbau von Teambewusstsein. Die experimentelle Manipulation der Erfahrung als Team über die mehrfache Bearbeitung der Aufgabe mit gleichem und wechselndem Teampartner zeigte in den subjektiven Werten nicht in allen Skalen den erwarteten linearen Verlauf und auch nicht in allen Skalen den erwarteten Unterschied zwischen den Gruppen.

6.2 Einfluss von Erfahrung auf Leistung

6.2.1 Gleiche Ausgangsbedingungen

Bezüglich der Teamleistung wurde die Hypothese aufgestellt, dass die Leistung der beiden Unterstichproben im ersten Durchgang vergleichbar ist.

> *L3: Zu Beginn sind die Leistung und das Kommunikationsverhalten der beiden experimentellen Gruppen vergleichbar.*

Für das globale Leistungsmaß der gewichteten Konfliktdauer wurden die deskriptiven Lagemasse bestimmt. In der Bedingung „WN“ lag der Median bei 87.47; im Sample „WJ“ bei 143.35. In der Unterstichprobe „WN“ wurde ein Ausreißer identifiziert. Das entsprechende Team wurde aus der weiteren Analyse komplett ausgeschlossen. Zur Überprüfung der Hypothese wurde ein t-Test gerechnet. Die vollständige Tabelle mit den deskriptiven Werten zu allen erhobenen Metriken ist im Anhang E.2 zu finden. Zur besseren Übersicht sind hier nur die Metriken mit signifikanten Unterschieden dargestellt.

In den primären Zielen der Anzahl und des Schweregrads der Konflikte unterscheidet sich die Leistung der beiden Unterstichproben im ersten Durchgang nicht signifikant. Auch in der individuellen Leistung der Teammitglieder sind beide Durchgänge vergleichbar.

Die Häufigkeit der Separationsverletzungen in den vier Kategorien Geplant – Folge – Neu – Individuell wurde mit einem Chi-Quadrat-Test verglichen. Die Kategorie der neuen Teamkonflikte wurde ausgeschlossen, da im gesamten Sample im ersten Durchgang nur 2 bzw. 3 dieser Konflikte auftraten. Summenwerte wurden verwendet, um die erforderliche Zellbelegung größer fünf zu erreichen. Der Test zeigt keine signifikant unterschiedlichen Häufigkeiten in den Kategorien für die beiden Unterstichproben $\chi^2(3, n= 108) = 2.06, p = .357$.

Allerdings hatte die Unterstichprobe mit Wechsel des Teampartners (WJ) bereits im ersten Durchgang tendenziell mehr individuelle Konflikte, als die Unterstichprobe WN ($MW_{WN} = 0.92$, $SD = 0.64$, $MW_{WJ} = 1.40$, $SD =0.74$, $t(26) = 1.83$, $p = .078$), mit einem signifikant höheren Schweregrad ($MW_{WN} = 22.59$, $SD = 16.21$, $MW_{WJ} = 52.75$, $SD = 46.91$, $t(17.73) = -2.33$, $p = .032$).

Zusammenfassung: Die Anzahl der Team-Separationsverletzungen der Unterstichproben war im ersten Durchgang vergleichbar. Ebenso war die Leistung in den zwei individuellen Zielen Flugdauer und Übergabehöhe vergleichbar und es ist keine systematisch andere Gewichtung dieser Ziele zu beobachten. Die Schwerpunkte der Separationsverletzungen unterscheiden sich ebenfalls nicht signifikant. Die Unterstichprobe mit wechselndem Teampartner hatte schwerwiegendere, individuelle Konflikte. Dennoch kann die Hypothese, dass die Team-Leistung der Unterstichproben im ersten Durchgang vergleichbar ist, angenommen werden.

6.2.2 Einfluss von Aufgabenerfahrung und Teamerfahrung auf die Leistung

Für die Aufgabenerfahrung wurde die Hypothese aufgestellt, dass mit zunehmender Erfahrung in der Aufgabe die Leistung des Teams besser wird. Zusätzlich wurde die Hypothese aufgestellt, dass Teams, die einen Wechsel der Teampartner erfahren, ihre Leistung weniger stark steigern können, als Teams mit gleichbleibendem Teampartner.

> *L1: Mit zunehmender Erfahrung in der Aufgabe (bessere Kenntnisse über Taskwork) wird die Leistung der Teams besser (weniger Konflikte, geringere Konfliktdauer, minimierte Flugzeiten).*
>
> *L2: Teams, die nach jedem Durchgang neu zusammengestellt werden und damit keine Erfahrung als Team entwickeln können, können ihre Leistung weniger stark steigern, als Teams mit gleichbleibenden Teampartnern.*

Die vollständigen deskriptiven Ergebnisse der Leistungsmetriken für die Durchgänge zwei und drei der Studie sind in Tabelle 41 im Anhang E.2 dargestellt. Zur Überprüfung der ersten Hypothese wurde eine Varianzanalyse mit Messwiederholung auf dem dreifach-gestuften Faktor „Aufgabenerfahrung“ für die Unterstichprobe „WN“ gerechnet. Die Hypothese ist gerichtet und sieht vor, dass die Leistung in jedem Durchgang besser wird. Abbildung 37 zeigt die Zusammensetzung des Schweregrads in den beiden Bedingungen. Auf der x-Achse sind jeweils die drei Versuchsdurchgänge dargestellt, die y-Achse zeigt den summierten Schweregrad.

Ein tendenziell signifikanter Effekt der Wiederholung wurde für die Unterstichprobe mit gleichbleibendem Teampartner (WN) nur für die Anzahl neuer, individueller Konflikte gefunden $F(2,24) = 3.32$, $p = .053$. Dieser Effekt beruht darauf, dass diese Unterstichprobe im zweiten Durchgang eine erhöhte Anzahl individueller, neuer Konflikte hatte. Der erste und dritte Durchgang zeigen dagegen keine signifikanten Unterschiede.

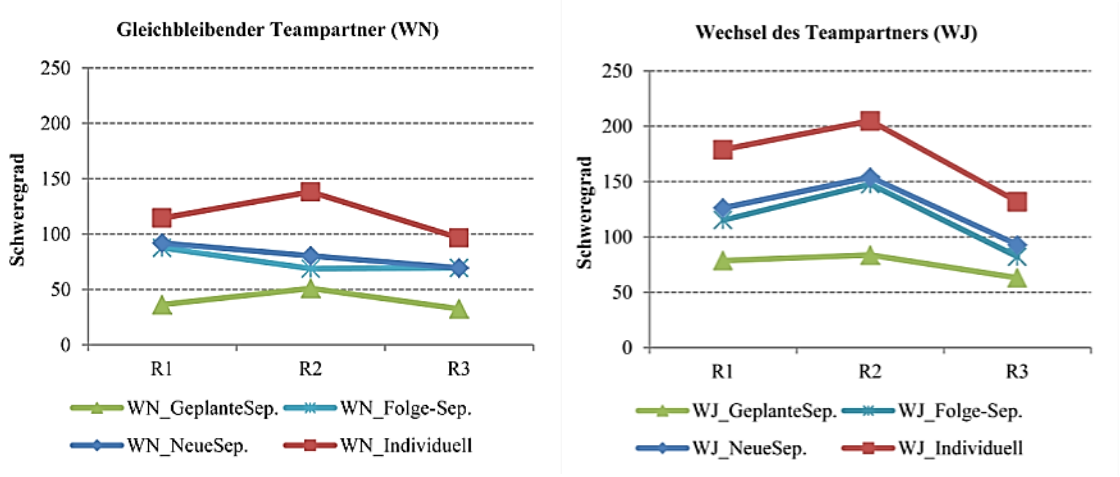


Abbildung 37 Zusammensetzung des Schweregrads der aufgetretenen Separationsverletzungen; links in der Bedingung mit gleichbleibendem Teampartner, rechts in der Bedingung mit wechselndem Teampartner

Um Hypothese L_1 zu überprüfen, wurden die Leistungsmetriken des dritten Durchgangs mit einem t-Test mit der Leistung der Teams in der Bedingung „WJ“ verglichen. Die Hypothese ist ebenfalls gerichtet, dass die erreichte Leistung der Teams der Bedingung WJ geringer ist als in der Bedingung WN. Der dritte Durchgang der Unterstichproben unterscheidet sich jedoch nicht signifikant, sowohl in den primären Leistungsmaß als in den beiden sekundären Maßen Flugzeit und korrekte Übergabehöhen.

Tendenziell unterschiedlich ist die Anzahl neuer Teamkonflikte, wobei diese in der Unterstichprobe WN gar nicht auftraten (MW_{WN} = 0, MW_{WJ} = 0,20, SD =0.41, $t(14) = 1.87$, p = .082). Der Chi-Quadrat-Test der summierten Häufigkeiten in den Konflikt-Kategorien zeigte keine signifikant unterschiedlichen Verteilungen der Konfliktarten zwischen den beiden Unterstichproben ($\chi^2(2, n = 82) = 0.72$, p = .696).

Allerdings unterscheidet sich die Stichprobe in der Heterogenität individueller Konflikte, das heißt, wie gleichmäßig beide Teampartner die aufgetretenen individuellen Konflikte verursachten. Dabei war die Heterogenität in der Gruppe mit gleichbleibendem Teampartner geringer als in der Gruppe mit wechselndem Teampartner (MW_{WN} = 0.31, SD = 0.48, MW_{WJ} = 0.76, SD =0.43, $t(34.29) = -2.59$, p = .016). In den Teams mit gleichbleibendem Teampartner trugen die Teampartner gleichmäßiger zu den individuellen Konflikten bei, als in den Teams mit wechselndem Teampartner.

Zusammenfassung: Der angenommene leistungsmindernde Effekt des Wechsels der Teampartner konnte nicht bestätigt werden. Allerdings konnte auch keine kontinuierliche Verbesserung der Leistung mit steigender Aufgabenerfahrung beobachtet werden. Die Hypothese L1, dass mit zunehmender Erfahrung in der Aufgabe, die Leistung des Teams besser wird, muss abgelehnt werden. Es wurde keine, wie in der Hypothese angenommen, lineare Leistungssteigerung gefunden. Für die gewichtete Konfliktdauer sind die deskriptiven Werte im zweiten Durchgang (nicht signifikant) höher als im ersten und dritten Durchgang. Die Hypothese L2, dass Teams, die einen Wechsel der Teampartner erfahren, ihre Leistung weniger stark steigern können, trifft nicht für die Haupt-Leistungsmetriken im dritten Durchgang zu.

Die Effekte des Wechsels des Teampartners auf die Anzahl, die Heterogenität und den Schweregrad individueller Konflikte können nicht als Auswirkung des physikalischen Wechsels gewertet werden, da sich die Unterstichproben darin bereits im ersten Durchgang unterschieden.

6.3 Einfluss von Erfahrung auf das Kommunikationsverhalten

6.3.1 Komponenten-Komplexität - Kommunikationshäufigkeit

6.3.1.1 Kommunikationshäufigkeit

E1: Teams mit gleichbleibendem Teampartner (WN) kommunizieren insgesamt kürzer als Teams mit wechselndem Teampartner (WJ).

Tabelle 28 Metriken zur Kommunikationshäufigkeit

Metrik		R1	*SD*	R2	*SD*	R3	*SD*
Anzahl Interaktionen	WJ	183.33	*71.12*	187.07	*55.38*	213.20	*87.31*
	WN	198.85	*80.44*	207.08	*80.40*	218.92	*73.13*
Dauer der Interaktion [s]	WJ	596.11	*267.30*	629.37	*239.98*	650.14	*254.88*
	WN	679.03	*294.84*	798.27	*416.52*	749.04	*291.93*
Anzahl Chunks	WJ	32.67	*10.40*	31.47	*9.56*	35.53	*11.13*
	WN	35.46	*13.55*	37.31	*12.88*	36.92	*12.54*
n Interaktionen pro Chunk	WJ	6.51	*1.13*	7.11	*1.30*	6.78	*1.49*
	WN	6.73	*1.03*	6.41	*1.19*	7.06	*1.07*

Die deskriptiven Werte zur Kommunikationshäufigkeit und Dauer sind in Tabelle 28 dargestellt. Der erste Lauf zeigt keine statistisch signifikanten Unterschiede zwischen den beiden Subsamples, so dass gleiche Startbedingungen gegeben sind.

In den deskriptiven Werten zeigt sich ein Trend, dass innerhalb der Subsamples die mittlere Anzahl der Interaktionen mit zunehmender Aufgabenerfahrung ansteigt. Die durchschnittliche Dauer der Interaktionen steigt dabei jedoch nicht an. Auch die Anzahl der Chunks ist bei beiden Subsamples im dritten Durchgang deskriptiv höher als im ersten Durchgang, wobei der Anstieg in der Gruppe mit gleichem Teampartner etwas höher ist. Für das Subsample WN wurde ein Varianzanalyse mit Messwiederholung auf dem Faktor Aufgabenerfahrung gerechnet. Für keine der Metriken zur Interaktionshäufigkeit zeigte sich ein signifikanter Einfluss der Wiederholung.

Für den dritten Durchgang wurde ein t-Test gerechnet, um Unterschiede zwischen den Subsamples WN und WJ zu bestimmen. Es wurden keine signifikanten Unterschiede zwischen den beiden Subsamples für die Metriken der Kommunikationshäufigkeit und Kommunikationsdauer gefunden, deskriptiv kommunizierten Teams mit gemeinsamer Erfahrung im Mittel 100 Sekunden länger als Teams ohne gemeinsame Erfahrung.

Zusammenfassung: Die Hypothese E1 zum Einfluss der Teamerfahrung Kommunikationsdauer kann nicht angenommen werden. In der Studie war kein signifikanter Effekt zu beobachten, dass gemeinsame Erfahrung als Team zu kürzerer Kommunikation führt.

6.3.2 Dynamische Komplexität

6.3.2.1 Pro-aktives Monitoring

E2: Teams mit gleichbleibendem Teampartner haben einen stärker pro-aktiven Informationsaustausch als Teams mit wechselndem Teampartner.

Die beiden Unterstichproben zeigten im ersten Versuchsdurchgang identisches Verhalten bezogen auf Häufigkeiten und Anteile pro-aktiven Informationsaustauschs beim Monitoring der Flugzeuge. Insgesamt informierten die Teampartner pro-aktiv die initialen Daten für 17 Flugzeuge, was einem Anteil von 61% aller Flugzeuge entspricht, die von den Teams überwacht wurden. 25.39 Interaktionen (SD = 17.05) mit insgesamt 35.07 Flugzeugdaten (SD = 24.18) wurden insgesamt pro-aktiv, d.h. ohne vorherige Anfrage, mitgeteilt. Dabei war in beiden

Unterstichproben das individuelle Verhalten der Teammitglieder, das heißt die Heterogenität, leicht vorhanden (MW_{Run1} = 0.29, SD = 0.28). Die hohen Standardabweichungen dieser Metrik weisen auf große Unterschiede in den Teams hin.

Die dreifache Wiederholung der Aufgabe wirkte sich in der Unterstichprobe mit gleichbleibendem Teampartner nicht signifikant auf das pro-aktive Interaktionsverhalten aus. Deskriptiv stieg der Anteil pro-aktivem Monitorings von 30% auf 39% im dritten Durchgang an. Im dritten Durchgang zeigten sich keine signifikanten Unterschiede zwischen den Unterstichproben WN und WJ.

Es wurde mit einem Chi-Quadrat-Test geprüft, ob sich der Schwerpunkt des Informationsaustauschs auf pro-aktives Kommunizieren verlagerte. Die Mittelwerte pro Versuchsbedingung wurden gewählt, da in allen Zellen damit eine Häufigkeit größer 5 erreicht werden konnte. Der Test zeigte, dass sich der Schwerpunkt des Informationsaustauschs (pro-aktiv versus angefragte Informationen) nicht signifikant innerhalb der Versuchsdurchgänge verlagerte ($\chi^2(5, n = 655) = 7.898, p = .162$).

Zusammenfassung: Die Hypothese E2 muss abgelehnt werden. Der Wechsel des Teampartners wirkte sich nicht signifikant auf das pro-aktive Kommunikationsverhalten der Teams aus. Der Anteil pro-aktiv ausgetauschter Informationen stieg im zweiten Durchgang auf 33% und im dritten Durchgang auf 40%. Die Heterogenität der Teammitglieder war nicht durch die Aufgabenerfahrung oder den Wechsel des Teampartners beeinflusst.

6.3.2.2 Frühzeitige Konflikterkennung

E3: Teams mit gleichbleibendem Teampartner erkennen Konflikte frühzeitiger als Teams mit wechselndem Teampartner.

Die Hypothese, dass Erfahrung mit dem Teampartner dazu führt, dass Konflikte früher erkannt werden, wird für den absoluten und den kategorisierten Zeitpunkt des Austauschs von Flugdaten und der Kommunikation von Situationsanalysen analysiert. Es werden die Zeitpunkte für die vier Events 1 „Austausch Flugdaten Initial“, 2 „Austausch Flugdaten“, 3a „Letzter Austausch Flugdaten vor Konflikt“ und 4a „Situationsanalyse für geplante Konflikte“ berechnet. Die deskriptiven Kennwerte zu diesen Metriken sind im Anhang E.3 zusammengestellt. Die berechneten Zeitpunkte für die beiden Versuchsgruppen sind in Abbildung 38 auf einem Zeitstrahl abgetragen. In blau sind jeweils die drei Zeitpunkte für die vier Events für die Gruppe mit wechselndem Teampartner dargestellt, in rot die entsprechenden Zeitpunkte der Gruppe mit gleichbleibendem Teampartner.

Die t-Tests zur Vergleichbarkeit der Unterstichproben im ersten Durchgang zeigten, dass keine signifikanten Unterschiede hinsichtlich des Zeitpunkts des Erstkontakts für Flugzeuge bestanden. Für die Unterstichprobe mit gleichbleibendem Teampartner wurde eine Varianzanalyse mit Messwiederholung auf dem Faktor Aufgabenerfahrung für die Metriken zum Zeitpunkt des Monitorings (Event 1, 2 und 3a) gerechnet. Für keine der Metriken erreichten die Mittelwert-Unterschiede zwischen den drei Messzeitpunkten das erforderliche Signifikanzniveau. Deskriptiv erfolgt der Erstkontakt in jedem Durchgang früher und im letzten Durchgang sogar vor dem angenommen, frühesten Zeitpunkt (Event 1). Allerdings verringert sich deskriptiv auch der Zeitabstand des Monitorings vor den geplanten sowie den real aufgetretenen Konflikten (Event 3a) von MW_{R1} = 45.41 Sekunden (SD = 8.31) auf 31.05 Sekunden (SD = 31.42).

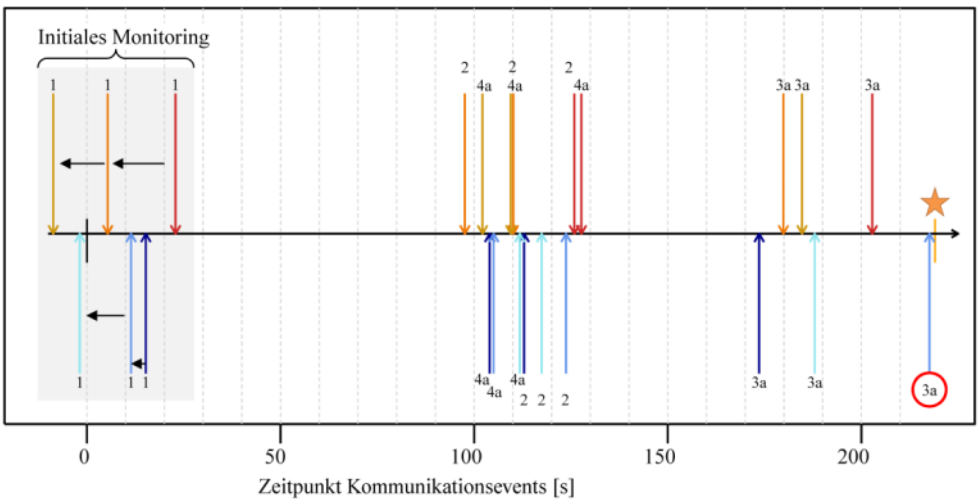


Abbildung 38 Zeitpunkte des Kommunikationsverhaltens - Einfluss der Aufgabenerfahrung

Im dritten Durchgang wiesen die beiden Unterstichproben keine signifikanten Unterschiede in den Metriken zum Zeitpunkt des Monitorings auf. Allerdings war das Kommunikationsverhalten der Unterstichproben im zweiten Durchgang bezüglich der Frühzeitigkeit der Konflikterkennung signifikant verschieden. Die Teams mit gleichbleibendem Teampartner kommunizierten tendenziell signifikant früher (geringe zeitliche Distanz) nach dem initialen Kontakt Daten zu Flugzeugen mit geplantem Konflikt (Event 3a), als Teams mit wechselndem Teampartner (MW_{WN} = 1.42, SD = 63.72, MW_{WJ} = 39.15, SD = 43.45, t(20.73) = -1.8, p = .086). In Abbildung 38 ist das Event 3a der Bedingung WN rot markiert. Das Ergebnis zeigt allerdings entgegen der Hypothese, dass mit gleichbleibendem Teampartner die Kommunikation früher erfolgt. Diese Unterschiede im Verhalten traten im dritten Durchgang nicht mehr auf.

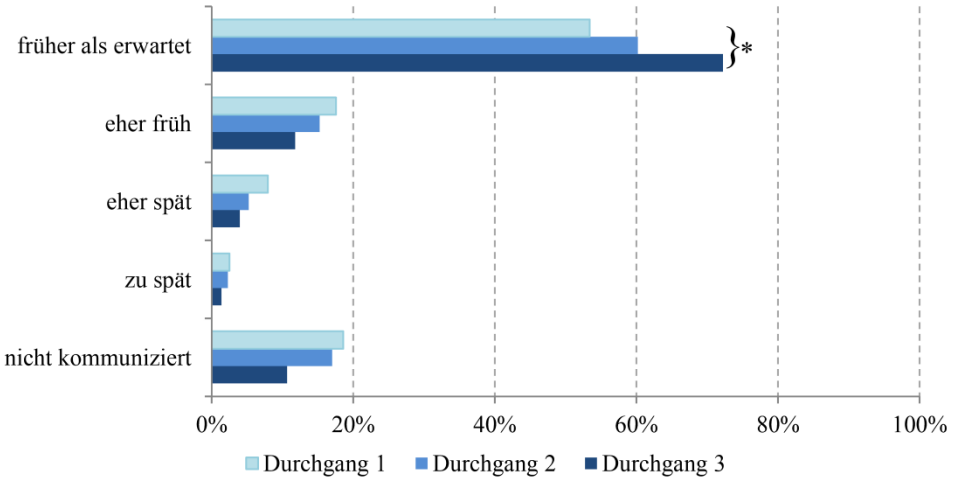


Abbildung 39 Prozentuale Anteile in den Kategorien zum Zeitpunkt der Informationsübermittlung - Erstkontakt

Um zu überprüfen, ob sich die Aufgabenerfahrung auf die Zeitkategorien des Erstkontakts für die Flugzeuge auswirkt, wurde ein Chi-Quadrat-Test mit den Häufigkeiten des kategorisierten Erstkontakts der Flugzeuge, gerechnet. Dieser zeigte, dass die Aufgabenerfahrung im zweiten und dritten Durchgang dazu führte, dass Teams immer mehr Flugzeuge früher als erwartet kommunizierten (χ^2(8, n = 2772) = 75.54, p < .001). Waren es im ersten Durchgang noch 53% der Flugzeuge, lag der Anteil im dritten Durchgang bei 72%. Die Verschiebung innerhalb der Kategorien hin zu der Kategorie „früher als erwartet“ mit zunehmender Aufgabenerfahrung ist

im Balkendiagramm in Abbildung 39 dargestellt. Diese Verschiebung war jedoch nur für den Erstkontakt festzustellen. Bezogen auf das gesamte Monitoring der Flugzeuge fand sich keine Verschiebung innerhalb der Zeitkategorien ($\chi^2(6, n = 288) = 0.88$, $p = .990$). Dieser Effekt ist ebenfalls in Abbildung 38 zu sehen. Das initiale Monitoring erfolgt immer früher (Event 1), das weitere Monitoring (Event 2, Event 3) ist nicht systematisch beeinflusst.

Zusammenfassung: Mit zunehmender Erfahrung in der Aufgabe kommunizieren Teams immer frühzeitiger die Erstinformation über Flugzeuge, wobei sich diese Änderung im Kommunikationsverhalten nicht auf das weitere Monitoring der Flugzeuge auswirkte. Hier konnten keine Einflüsse der Faktoren Aufgabenerfahrung und Wechsel des Teampartners dahingehend beobachtet werden, dass auch das weitere Monitoring insgesamt frühzeitiger erfolgte. Der Wechsel des Teampartners wirkte sich nicht signifikant darauf aus, wie Teams auf die dynamische Komplexität der Aufgabe reagierten. Teams mit gleichbleibendem Teampartner tauschten im zweiten Durchgang kurz vor geplanten Konflikte Informationen zu Flugzeugen mit geplantem Konflikt aus. Der Zeitpunkt des Monitorings kann ein Indikator für Veränderungen in der Strategie der Aufgabenbearbeitung sein.

6.3.3 Koordinative Komplexität

6.3.3.1 Stärkere Standardisierung

E4: Teams mit gleichbleibendem Teampartner entwickeln ein standardisiertes Kommunikationsverhalten.

E5 : Teams mit gleichbleibendem Teampartner koordinieren sich stärker implizit.

Die Übersicht über die erhobenen Metriken sind im Anhang E.3 zu finden. Die t-Tests zur Vergleichbarkeit der Unterstichproben im ersten Durchgang zeigten keine signifikanten Unterschiede, bis auf die häufigere Verwendung der Sequenz expliziter Koordination „Monitoring – Situationsanalyse – Implementierung“ in der Unterstichprobe mit gleichbleibendem Teampartner ($MW_{WN} = 4.46$, $SD = 1.81$, $MW_{WJ} = 3.13$, $SD = 2.17$, $t(25.97) = 1.77$, $p = .089$). Die Subsamples unterschieden sich jedoch nicht signifikant hinsichtlich der Häufigkeit der Sequenz impliziter Koordination „Monitoring – Implementierung“ ($MW_{WN} = 3.15$, $SD = 2.64$, $MW_{WJ} = 3.80$, $SD = 2.88$, $t(25.90) = -0.62$, $p = .542$)

Für die Unterstichprobe WN wurde der Einfluss der Erfahrung mit Hilfe einer Varianzanalyse mit Messwiederholung auf dem Faktor Aufgabenerfahrung bestimmt. Für keine der Metriken wurden signifikante Unterschiede der Simulationsruns gefunden. Im dritten Durchgang zeigten sich keine signifikanten Unterschiede zwischen den beiden Unterstichproben; auch die Häufigkeiten für die Sequenz „Monitoring – Situationsanalyse – Implementierung“ lagen in der Gruppe WN bei 3 ($SD = 2.55$), in der Gruppe WJ bei 2.93 ($SD = 2.37$) pro Simulationsdurchgang. Der t-Test zeigte keinen signifikanten Unterschied ($t(24.81) = 0.07$, $p = .944$). Der Anteil prototypischer Transitionen, das heißt Phasenwechsel, welche der erwarteten Aufgabensequenz entsprechen, war über alle Versuchsdurchgänge stabil und lag zwischen 54% und 50%.

Zusammenfassung: Die Erfahrung im Team wirkte sich nicht systematisch auf Anzahl oder Anteile verwendeter, erwarteter Transitionen aus. Diese Metrik wäre ein Indikator für die Entwicklung von Strategien. Die Hypothese E4 muss abgelehnt werden. Auch Hypothese E5 muss abgelehnt werden. Teams mit gleichbleibendem Teampartner koordinieren sich nicht stärker implizit als Teams mit wechselndem Teampartner.

6.3.3.2 Kommunikation von Absichten

E6: Teams mit gleichbleibendem Teampartner kommunizieren häufiger ihre Absichten, das heißt Benutzereingaben, als Teams mit wechselndem Teampartner.

Die Übersicht über die erhobenen Metriken sind im Anhang E.3 in Tabelle 45 zu finden. Die t-Tests zur Vergleichbarkeit der Unterstichproben im ersten Durchgang zeigten keine signifikanten Unterschiede, so dass von gleichem Verhalten ausgegangen werden kann.

Im dritten Durchgang wurden bei Teams mit gleichbleibendem Teampartner signifikant mehr Änderungen der Flughöhe von Flugzeugen beobachtet, die nicht kommuniziert wurden, als bei Teams mit wechselndem Teampartner (MW_{WN} = 21.54, SD = 8.38, MW_{WJ} = 16.27, SD = 6.16, $t(21.77) = 1.87$, $p = .075$). Allerdings zeigte der Effekt in die andere Richtung, dahin dass Teams mit wechselnden Teampartnern häufiger ihre Absicht der Höhenänderung kommunizierten. Bezüglich der Anzahl der vorgenommenen Höhenänderungen wurde kein signifikanter Unterschied gefunden, wobei die Anzahl an Höhenänderungen bei Teams mit gleichbleibendem Teampartner deskriptiv etwas größer war (MW_{WN} = 28.46, SD = 8.66, MW_{WJ} = 23.93, SD = 8.08).

Ein weiterer Effekt des wechselnden Teampartners wurde für die absolute, mittlere Distanz zwischen Benutzereingabe und Kommunikation der Benutzereingabe gefunden. Für Teams mit gleichbleibendem Teampartner war diese Distanz geringer als für Teams mit wechselndem Teampartner (MW_{WN} = 22.31 Sekunden, SD = 6.06, MW_{WJ} = 28.90 Sekunden, SD = 12.61). Dieser Unterschied wurde auf dem 10%-Fehlerniveau signifikant ($t(20.73) = -1.80$, $p = .087$).

Zusammenfassung: Die Hypothese E6, dass Teams mit gleichbleibendem Teampartner häufiger ihre Absicht kommunizieren, kann nicht angenommen werden. Wenn Teampartner ihre Absichten kommunizieren, dann erfolgt das bei Teams mit gleichbleibendem Teampartner allerdings mit geringerem zeitlichen Abstand zur eigentlichen Manipulation.

6.3.3.3 Lösungsstrategien für Konflikte

E7: Teams mit gleichbleibendem Teampartner entwickeln Lösungsstrategien und kommunizieren deshalb kürzer über Konfliktlösungen, im Vergleich zu Teams mit wechselndem Teampartner.

Um diese Hypothese zu prüfen, wurde die absolute Häufigkeiten der Kommunikation in den Inhaltskategorien und in den Gesprächssituationen betrachtet. Der Vergleich der Häufigkeiten in den Inhaltskategorien im ersten Durchgang zeigt, dass sich die beiden Unterstichproben nicht signifikant unterscheiden. Allerdings kommunizierten Teams mit gleichbleibendem Teampartner tendenziell mehr Chunks, welche die Situationsanalyse „kein Konflikt“ enthielt (MW_{WN} = 13.62 Sekunden, SD = 6.32, MW_{WJ} = 9.53 Sekunden, SD = 6.27, $t(25.37) = 1.71$, $p = .099$).

Die Häufigkeiten der Inhaltskategorien in der Unterstichprobe mit gleichbleibendem Teampartner (WN) zeigten außerdem keinen signifikanten Einfluss der Aufgabenwiederholung. Auch im dritten Durchgang (maximale Erfahrung) zeigten sich keine signifikanten Unterschiede in den Häufigkeiten der Inhaltskategorien zwischen den beiden Unterstichproben.

Die Verteilung der Häufigkeiten in den Kategorien wurde für die zwei Unterstichproben über alle drei Aufgabendurchgänge mit einem Chi-Quadrat-Test verglichen. Es konnte keine signifikante Veränderungen der Gesprächsanteile mit zunehmender Aufgabenerfahrung identifiziert werden ($\chi^2(25, n = 1385) = 12.46$, $p = 982$). Die meisten Gesprächsanteile fallen auf die Kategorie Monitoring, gefolgt von der Kategorie Situationsanalyse. Feedback, Aussagen

über Implementierung sowie Aussagen ohne direkten Aufgabenbezug sind ungefähr gleich häufig, gefolgt von Situationsanalysen, dass kein Konflikt vorliegt.

Die Metriken Länge der Phase Situationsanalyse sowie die Anzahl an explizit analysierten geplanten und real aufgetretenen Konfliktsituationen zeigten im ersten Durchgang keine signifikanten Unterschiede. Allerdings unterschieden sich die beiden Unterstichproben im ersten Durchgang signifikant darin, wie frühzeitig über Konfliktlösungen von real aufgetretenen Separationsverletzungen kommuniziert wurden. Bezüglich der real aufgetretenen Separationsverletzungen, für die trotzdem eine Konfliktanalyse erfolgte, lag die Distanz in der Gruppe mit gleichbleibendem Teampartner bei 99.39 Sekunden (SD = 55.21), in der Gruppe mit wechselndem Teampartner eine Minute später bei 34.14 Sekunden (SD = 26.24). Dieser Unterschied ist signifikant ($t(13.34) = 3.53$, $p = .004$).

Die Unterstichproben unterschieden sich tendenziell in der Frühzeitigkeit der Kommunikation über Konfliktlösung vor dem im Szenario geplanten Konfliktzeitpunkt. Hier lag die Distanz in der Gruppe mit gleichbleibendem Teampartner bei 115.52 Sekunden (SD = 26.90), in der Gruppe mit wechselndem Teampartner bei 91.31 Sekunden (SD = 35.78), $t(25.36) = 2.01$, p = .055. Eine größere Distanz bedeutet dabei, dass die Konfliktanalyse früher kommuniziert wurde.

Die zunehmende Erfahrung mit der Aufgabe und dem Teampartner wirkte sich auf die Unterstichprobe ohne wechselnden Teampartner (WN) tendenziell signifikant auf die Anzahl der real aufgetretenen Konflikte ohne explizite Analyse aus ($F(2,33) = 2.92$, p = .068). Die deskriptiven Werte zeigen, dass dieser Effekt auf den zweiten Durchgang zurückzuführen ist, wo im Mittel 1.62 Konflikte (SD = 1.71) auftraten, für die keine Situationsanalyse beobachtet werden konnte. Dieser Wert war im zweiten Durchgang höher als im ersten und dritten Durchgang. Für den dritten Durchgang wurden die beiden Unterstichproben ebenfalls verglichen. Hier zeigen sich für keine der Metriken signifikante Unterschiede zwischen den Teams mit gleichbleibenden und wechselnden Teampartnern.

Zusammenfassung: Die Aufgabenerfahrung und der Wechsel des Teampartners wirkten sich nicht signifikant auf die Häufigkeit der Kommunikation über Konfliktlösungen aus. Es wurden auch keine signifikanten Veränderungen der Anteile der Konfliktlösung an der gesamten Teaminteraktion beobachtet. Die Hypothese, dass Erfahrung zu geringeren Häufigkeiten und Kommunikationsanteilen im Bereich Konfliktlösung führt, muss abgelehnt werden.

Die Unterstichproben hatten bezüglich des Zeitabstands der Situationsanalyse zu realen und geplanten Konflikten nicht identische Startbedingungen. Diese Unterschiede traten im dritten Durchgang nicht mehr auf. Teams mit gleichbleibendem Teampartner zeigten Unterschiede im zweiten Durchgang bezüglich der Anzahl von Konflikten mit expliziter Analyse. Mit maximaler Aufgaben- und Teamerfahrung (Durchgang 3) unterschieden sich die Metriken zur effizienten Konfliktlösung nicht von Teams mit wechselndem Teampartner. Ein Einfluss der zunehmenden Erfahrung mit dem Teampartner auf die Kommunikation von Konfliktlösungen konnte nicht bestätigt werden.

6.4 Zusammenfassung des Einflusses von Erfahrung

Für die Analyse des Einfluss von Erfahrung auf das Interaktionsverhalten von Teams wurden sieben Hypothesen geprüft. In Tabelle 29 sind die Ergebnisse zusammen gefasst. Keine der Hypothesen zum Einfluss von Erfahrung mit dem Teampartner auf das beobachtbare Kommunikationsverhalten konnte dabei in dieser Studie bestätigt werden. Es zeigten sich Effekte der experimentellen Manipulation, wobei diese Unterschiede in den früheren Phasen der Zusammenarbeit, d.h. im ersten und zweiten Versuchsdurchgang, zwischen den Unterstichproben auftraten. Mit zunehmender Erfahrung in der Aufgabe und Erfahrung mit dem Wechsel des Teampartners zeigte das Verhalten der Unterstichproben keine signifikanten Unterschiede. Dieses Muster zeigte sich ebenfalls im Einfluss der Erfahrung auf die Teamleistung. Unterschiede bestanden zwischen den Unterstichproben zu Beginn der Zusammenarbeit, relativierten sich aber mit zunehmender Erfahrung.

Tabelle 29 Überblick über die Hypothesen der Studie "Erfahrung"

	Hypothesen zum Einfluss von Erfahrung		
	Komponenten-Komplexität		
E1	Teams mit gleichbleibendem Teampartner kommunizieren insgesamt kürzer als Teams mit wechselndem Teampartner.	x	
	Dynamische Komplexität		
E2	Teams mit gleichbleibendem Teampartner haben einen stärker pro-aktiven Informationsaustausch als Teams mit wechselndem Teampartner.	x	kein Einfluss des Wechsel des Teampartners erkennbar
E3	Teams mit gleichbleibendem Teampartner erkennen Konflikte frühzeitiger.	x	Variationen im Verhalten erkennbar, aber kein systematischer Einfluss der Teamerfahrung
	Koordinative Komplexität		
E4	Teams mit gleichbleibendem Teampartner entwickeln ein standardisiertes Kommunikationsverhalten.	x	Keine Standardisierung erkennbar.
E5	Teams mit gleichbleibendem Teampartner koordinieren sich stärker implizit.	x	Teams mit gleichbleibendem Teampartner zeigen zu Beginn häufiger Formen expliziter Koordination, Unterschiede bei maximaler Aufgabenwiederholung nicht mehr beobachtbar. Stärkere implizite Koordination bei Kommunikation von Absichten erkennbar.
E6	Teams mit gleichbleibendem Teampartner kommunizieren häufiger ihre Absichten, als Teams mit wechselndem Teampartner.	x	Wechsel des Teampartners wirkte sich nur auf Zeitpunkt der Kommunikation von Benutzereingaben aus, gleichbleibender Teampartner führte zu mehr impliziter Koordination von Höhenänderungen
E7	Teams mit gleichbleibendem Teampartner entwickeln Lösungsstrategien und kommunizieren deshalb kürzer über Konfliktlösungen, im Vergleich zu Teams mit wechselndem Teampartner.	x	Anwendung von Strategien nicht in Kommunikationshäufigkeit und -anteilen zu Konfliktlösung erkennbar; Wissen über wiederholte Zusammenarbeit wirkt sich auf Intensität der Kommunikation über Lösung in frühen Phasen der Zusammenarbeit aus.

Hypothesenkonform konnte in der Studie gezeigt werden, dass die subjektive Beanspruchung mit zunehmender Aufgabenerfahrung geringer wird. Die zunehmende Aufgabenerfahrung führte nicht zu einer kontinuierlichen Verbesserung der Leistung. Ebenso wirkte sich die Bearbeitung der Aufgabe mit demselben Teampartner nicht nachweislich positiv auf die Leistung aus. Keine der weiteren Annahmen zum Einfluss von Erfahrung mit dem Teampartner auf das Kommunikationsverhalten konnte in dieser Studie bestätigt werden. Zum einen zeigten die Teams in den Bedingungen kein unterscheidbares Verhalten, zum anderen wirkte sich die Erfahrung als Team entgegensetzt zur Hypothese aus.

Eine Annahme ist, dass erfahrene Teams häufiger ihre Absichten kommunizieren. Es zeigte sich jedoch, dass Teams mit gleichbleibendem Teampartner seltener Höhenänderungen

kommunizierten. Teams mit Erfahrung hatten allerdings eine geringere zeitliche Distanz zwischen Kommunikation über Benutzereingaben und die jeweilige Eingabe. Der Unterschied betrug im Mittel 15 Sekunden. Speziell die Änderung der Höhe eines Flugzeugs kann der andere Teampartner nicht durch Beobachtung wahrnehmen und sollte der prototypischen Sequenz nach kommuniziert werden. Allerdings wird in der Literatur auch implizite Koordination als ein Merkmal erfahrener Teams angenommen. Die verringerte Kommunikationshäufigkeit von Benutzereingaben bei erfahrenen Teams kann deswegen als Zunahme impliziter Koordination gewertet werden. Die Motive hinter diesem Verhalten, das heißt die entsprechenden kognitiven Mechanismen, können jedoch nicht über die Analyse des Verhaltens erfasst werden.

Die Unterstichproben unterschieden sich von Beginn an in ihrem Kommunikationsverhalten. Dies kann nicht durch demographische Unterschiede der beiden Versuchsgruppen erklärt werden. Die Teams waren aber über die Instruktionen darüber informiert, ob sie längerfristig mit ihrem Teampartner zusammenarbeiten oder wechseln. Deshalb kann das „Teamsetting" das Verhalten der Teams im ersten Durchgang beeinflusst haben. Speziell zeigten Teams im Setting „kein Wechsel" häufiger Merkmale expliziter Koordination und kommunizierten häufiger, dass kein Handlungsbedarf vorliegt. Mit zunehmender Aufgabenerfahrung glichen sich die Versuchsgruppen in diesen Merkmalen an. Unabhängig vom Wechsel des Teampartners zeigten sich bei allen Teams Effekte der Aufgabenwiederholung in der Unteraufgabe „Überwachung". Alle Teams steigerten die Aktivität im Monitoring. Es wurde keine stärkere Selektion in der Informationsübermittlung beobachtet.

Der erste physikalische Wechsel des Teampartners führte bei den Teams in der Bedingung ohne Teamerfahrung zu einer stärkeren mentalen Beanspruchung. Der zweite Wechsel zeigte diesen Effekt nicht, so dass hier von einem Lerneffekt ausgegangen werden kann. Außerdem gibt es Indikatoren, dass Teams mit gleichbleibendem Teampartner im zweiten Durchgang der Aufgabe ihre Arbeitsweisen veränderten, welche zu einer deskriptiv schlechteren Leistung führten. Teams mit gleichbleibendem Teampartner zeigten mehr Variabilität in der Bearbeitung der Aufgabe, als Teams mit wechselndem Partner. Der Zeitpunkt der Kommunikation über Konfliktlösungen war bei Teams ohne Wechsel im zweiten Durchgang signifikant später, als in allen anderen Durchgängen. Diese Teams hatten auch in diesem Durchgang die höchste Anzahl neuer, individueller Konflikte. Diese Veränderung in der Aufgabebearbeitung verhinderte, dass sich die erwartete Leistungssteigerung zeigte.

Speziell die Metriken zum Zeitpunkt der Kommunikation aufgabenrelevanter Informationen konnten in dieser Studie Unterschiede im Verhalten der Teams aufzeigen. Der Effekt von Erfahrung im Team auf die Leistung von Teams konnte in dieser Studie allerdings nicht gezeigt werden. Lernen im Team, das Sammeln von Erfahrungen und die Anpassung der Arbeitsweisen scheint sich auf die beiden Unteraufgaben von „TeamCom" unterschiedlich auszuwirken. In der Unteraufgabe „Überwachen" wurden nur Effekte der Aufgabenerfahrung gefunden. Die Erfahrung im Team wirkte sich auf die Metriken im Bereich der Koordinativen Komplexität und die Aufgabe der Konfliktlösung aus. Hier führte Erfahrung im Team zu einer höheren Variabilität, nicht jedoch zu einer kontinuierlichen Verbesserung der Leistung.

7 DER EINFLUSS DES KOMMUNIKATIONSMEDIUMS

7.1 FRAGESTELLUNG DER STUDIE

Das Ziel dieser Studie war es, den Einfluss des verfügbaren Kommunikationsmediums auf das beobachtbare Kommunikationsverhalten und schlussendlich auf Teamleistung zu testen. Speziell werden die Auswirkungen der Kommunikationsmedien „Funk“ und „Chat“ auf die potentiell leistungssteigernden Verhaltensweisen verglichen. Die Fragestellung ist einerseits aus methodischen Gründen motiviert. Nutzen Teams textbasierte Medien zur Kommunikation, dann ist die Aufbereitung der Kommunikationsdaten erleichtert, da die Kommunikationsinhalte bereits transkribiert vorliegen. Andererseits ist die Frage der Kommunikationsmedien auch für die zukünftige Entwicklung der Flugverkehrskontrolle relevant. Teile der ursprünglich sprachbasierten Kommunikation zwischen Piloten und Lotsen wurden bereits auf textbasierte Kommunikation verlagert. Die textbasierte Kommunikation wird als Schlüssel für Konzepte zum zeitbasierten und damit effizienteren Fliegen angesehen. Aktuell gelten jedoch Empfehlungen, für zeitkritische Kommunikation weiterhin sprachbasierte Kommunikation zu verwenden. Der Einfluss des Kommunikationsmediums auf Teamverhalten und Leistung wurde bereits empirisch überprüft (Adams et al., 2005; Baltes et al., 2002; Fletcher & Major, 2006; Graetz et al., 1998; Purdy et al., 2000; Schneider et al., 2002; Urban et al., 1996; Vandergriff, 2006) und in Kapitel 2.3.2 dargestellt. Die Erkenntnisse dieser Studien legen nahe, dass textbasierte Kommunikation im Team die dynamische Komplexität einer Aufgabe erhöht. Vor allem die erhöhten Produktionskosten bei der Kommunikation über Chat wirken sich auf das beobachtbare Verhalten aus. Das Kommunikationsverhalten in der Chat-Bedingung sollte sich also von dem Kommunikationsverhalten in der Funkbedingung unterscheiden. Die erwarteten, veränderten Verhaltensweisen wurden in Kapitel 3.2.6 hergeleitet.

Allerdings zeigen empirische Befunde ebenfalls, dass sich Teams an veränderte situative Randbedingungen, wie beispielsweise Zeitdruck durch die Nutzung von textbasierter Kommunikation, durch eine Adaption ihrer Verhaltensweisen anpassen und dadurch gleiche Teamleistung erbringen können (Urban et al., 1995; Urban et al., 1996). Deshalb wird angenommen, dass Teams in „TeamCom“ ebenfalls eine solche Adaption in ihrem Kommunikationsverhalten zeigen. Aus diesem Grund sollte die Leistung nicht durch das Medium beeinflusst sein.

ML1: Die Leistung der Teams ist unabhängig vom Kommunikationsmedium, da Teams ihr Verhalten an die Möglichkeiten des Kommunikationsmediums anpassen.

Diese Veränderung der Verhaltensweisen sollte jedoch dazu führen, dass Teams beim Kommunizieren über Chat eine geringere Zufriedenheit mit dem Prozess der Teamarbeit haben (Adams et al., 2005; Straus & McGrath, 1994).

ML2: Teams bewerten die Teamarbeit in der Chat-Bedingung schlechter als in der Funk-Bedingung.

7.2 OPERATIONALISIERUNG

7.2.1 Unabhängige Variable

Für die Studie musste die Aufgabe TeamCom mit Hilfe von zwei verschiedenen Kommunikationsmedien bearbeitet werden. Die Kommunikation erfolgte dabei einmal textbasiert, was im Luftfahrtbereich prinzipiell dem Konzept des Datenlinks entspricht und allgemein der Benutzung eines Chats entspricht. Diese Bedingung wurde verglichen mit der Standard-Kommunikation zwischen Pilot und Lotse, welche über Funk erfolgt. Dabei kommunizieren die Teampartner verbal miteinander, wobei sie den Kommunikationskanal aktiv freischalten müssen. Para-verbale Merkmale wie Sprechgeschwindigkeit und Tonhöhe werden bei Funk ebenfalls übermittelt. Non-verbale Merkmale, wie Gestik oder Mimik werden von dem Medium jedoch, im Vergleich zur Präsenzkommunikation, nicht übermittelt.

7.2.2 Abhängige Variable

Für jeden Versuchsdurchgang wurden die in Kapitel 4.4 beschriebenen Metriken zum Kommunikationsverhalten, zur Teamleistung und zur individuellen Leistung erhoben. Als Kontrollvariablen wurden in einem Demographischen Fragebogen Einstellung zur Teamarbeit, Persönlichkeit sowie Erfahrung mit Teamarbeit und Erfahrung mit Luftfahrt erfasst. Im Anschluss der Studie wurde erfasst, ob sich die Teammitglieder bereits kannten

7.2.3 Experimentelles Design

Die Studie wurde als einfaktorielles Innersubjekt-Design konzipiert, mit dem zweifach gestuften Faktor Kommunikationsmedium (Chat – Funk). Die Zuteilung der Teams zu der Reihenfolge der Versuchsbedingungen erfolgte im Wechsel und unabhängig von anderen Faktoren. Somit kommunizierte die Hälfte der Stichprobe im ersten Durchgang über das Medium Chat und die andere Hälfte mit dem Medium Funk. Im zweiten Durchgang wurde jeweils das Kommunikationsmedium getauscht.

7.3 VERSUCHSAUFBAU

Für die Studie „Kommunikationsmedium“ wurde der technische Aufbau verwendet, wie er in Kapitel 4.1.2 beschrieben ist. Die Arbeitspositionen der beiden Versuchsteilnehmer waren durch schallisolierende Trennwände separiert. Der Versuchsleiter konnte alle Arbeitsplätze einsehen.

Chat: In der Bedingung „Chat“ nutzten die Teammitglieder die Chat-Funktion der TeamSpeak-Gruppe. Die Eingabe der Textnachrichten erfolgte über die Computer-Tastatur. Der Chatverlauf war permanent auf dem Bildschirm an der rechten Seite sichtbar. Die Benutzeroberfläche der Mikrowelt MAGIE war so skaliert, dass durch das Chatfenster keine anderen Informationen verdeckt wurden. Alle Kommunikationsprotokolle wurden auf dem Server gespeichert und enthielten den Zeitpunkt, an dem die Nachricht gesendet wurde, den Sender und den Inhalt der Nachricht.

Funk: In der Funk-Bedingung wurde die Voice-over-IP-Funktion der TeamSpeak-Gruppe verwendet. Die Teammitglieder trugen ein Headset der Marke „beyerdynamics“, um miteinander zu kommunizieren. Die Kopfhörer des Headsets hatten eine relativ hohe Schall-Isolierung. Die Software TeamSpeak war so konfiguriert, dass die Sprachsignale nur übermittelt wurden, wenn die Versuchspersonen die Leertaste drückten. Mit Hilfe eines Plug-Ins wurden die beiden Events „Drücken der Leertaste“ und „Loslassen der Leertaste“ in den Logdateien des Servers aufgezeichnet. Außerdem wurde eine Audio-Datei mit den Spracheingaben beider Teammitglieder aufgezeichnet.

7.4 PROZEDUR

7.4.1 Vorab-Fragebögen

Die Versuchspersonen meldeten sich per Email für den Versuch an und bekamen einen Versuchstermin zugewiesen. Sie erhielten bei der Anmeldung einen Link auf einen Online-Fragebogen, der ihre demographischen Daten erfasste sowie Skalen zur Teambereitschaft und Persönlichkeit. Es wurde darauf geachtet, dass mindestens ein Tag Abstand zum Versuchstag bestand.

Während des Versuchs war das Ziel der Untersuchung maskiert, die Probanden erhielten die Information, dass sie verschiedene Kommunikationsmedien testen. Sozial erwünschtes Verhalten sollte so vermieden werden.

7.4.2 Am Versuchstag

Die Probanden wurden begrüßt, aber es gab keine gesonderte Vorstellungsrunde im Team. Danach erhielten die Probanden die Instruktion zur Versuchsaufgabe TeamCom, zu ihren Aufgaben, sowie den Regeln der Mikrowelt MAGIE. Im Anschluss absolvierten die Probanden einen Wissenstest, welcher überprüfte, ob die Probanden das individuelle Vorgehen zur Konflikterkennung und Konfliktlösung verstanden hatten. Die Probanden bekamen direktes Feedback, ob ihre Antwort richtig war und hatten kein Zeitlimit beim Bearbeiten des Tests. Der Wissenstest enthielt außerdem einen Test zur Ermittlung der Tippgeschwindigkeit. Allerdings waren die in diesem Test ermittelten Geschwindigkeiten unterdurchschnittlich langsam, so dass für die Datenauswertung ein anderes Verfahren verwendet wurde (Vgl. Kapitel 4.4.3).

Im Anschluss absolvierten die Teampartner einen gemeinsamen Trainingslauf. In der Mitte des Trainings, nach 15 Minuten, wechselte das Kommunikationsmedium von Funk zu Chat. Der Trainingslauf hatte eine geringere Verkehrsmenge als die Versuchsszenarien, enthielt aber ähnliche Konfliktsituationen. Alle Teams wurden aufgefordert, zur Konfliktlösung mindestens einmal das Verändern der Route zu benutzen um diese Lösungsstrategie zu trainieren.

Insgesamt hatten die Probanden circa eine Stunden Zeit, sich mit der Versuchsaufgabe vertraut zu machen. Im Anschluss fand der erste Versuchsdurchgang statt, der nach 30 Minuten beendet wurde. Die Probanden beantworteten den Post-Run-Fragebogen. Danach wurde das Kommunikationsmedium gewechselt und der zweite Versuchsdurchgang fand statt, ebenfalls gefolgt von Fragebögen. Am Ende beantworteten die Versuchspersonen einen abschließenden Fragebogen und wurden über die Fragestellung der Studie aufgeklärt. Der Versuch dauerte insgesamt drei Stunden. Die Probanden erhielten eine Aufwandsentschädigung von 24 Euro.

7.5 STICHPROBE

An dem Versuch nahmen 58 Probanden teil, welche 29 Teams bestehend aus zwei Personen bildeten. Für ein Team waren aufgrund technischer Probleme nicht alle Daten komplett vorhanden, so dass die Stichprobe aus 28 Team-Datensätzen und 56 individuellen Datensätzen zur Bewertung der Teamarbeit und der Beanspruchung besteht. Jeweils 14 Teams absolvierten den Versuch in der Reihenfolge „Chat- Funk“ und 14 Teams in der Reihenfolge „Funk – Chat“.

Das Sample war sehr homogen, das durchschnittliche Alter lag bei 24 Jahren (SD = 3), 43% der Teilnehmer waren weiblich. Rekrutiert wurden überwiegend Studierende, von denen 41% über hauptsächlich geringe Vorkenntnisse in der Luftfahrt verfügten. Bei 31 Prozent der Teams kannten sich die Teilnehmer bereits vor dem Versuch.

Bezogen auf die subjektiven Erfahrungen mit Teamarbeit gaben nur zwei Probanden an, über keinerlei Erfahrung mit Teamarbeit zu verfügen. 63% der Probanden arbeiten manchmal beziehungsweise oft im Team. 64.2 % gaben an, im Allgemeinen gern im Team zu arbeiten, knapp ein Viertel (23.2 %) waren der Arbeit im Team gegenüber neutral eingestellt.

7.6 Einfluss des Kommunikationsmediums auf Leistung

ML1: Die Leistung der Teams ist unabhängig vom Kommunikationsmedium, da Teams ihr Verhalten an die Möglichkeiten des Kommunikationsmediums anpassen.

Bezüglich der Leistung der Teams in den zwei Kommunikationsbedingungen wurde die Annahme getestet, dass kein Leistungsunterschied erkennbar ist. Eine vollständige Übersicht der erhobenen Metriken zur Teamleistung ist in Anhang E.2 zu finden. Zur besseren Lesbarkeit werden die hier relevanten, signifikanten Metriken berichtet.

Ein t-Test mit gepaarter Stichprobe zeigte, dass in der Chat-Bedingung signifikant mehr Konflikte auftraten, als in der Funkbedingung ($t(27) = 3.36$, $p = .002$). Das Effekt-Stärkenmaß zeigt, dass es sich um einen Effekt mittlerer Stärke handelt (Cohens d = .56). In der Chat-Bedingung traten durchschnittlich drei geplante Konflikte pro Testdurchlauf auf, ein Folgekonflikt und in jedem zweiten Durchgang ein neuer Konflikt. Wenn Teams über Funk kommunizierten, dann traten durchschnittlich 1.8 geplante Konflikte, 0.7 Folgekonflikte und nur in jedem siebten Durchgang ein neuer Konflikt auf. In der Chatbedingung traten durchschnittlich 1.57 individuelle Separationsverletzungen auf ($SD = 1.17$), in der Bedingung Funk 1.64 ($SD = 1.37$). Das Kommunikationsmedium hatte keinen Effekt auf die Häufigkeit individueller Konflikte. Auch die sekundären Ziele Flugzeit und korrekte Übergabehöhe waren nicht vom Kommunikationsmedium beeinflusst.

Die Teamkonflikte wurden weiter nach den drei Kategorien Geplant, Folgekonflikte und Neue Konflikte unterschieden. Die mittlernen Schweregrade sind in Abbildung 40 dargestellt. Es wurde mit einem Chi-Quadrat-Test geprüft, ob sich das Kommunikationsmedium auf die Verteilung in den Kategorien auswirkte. Die Kategorie der neuen Konflikte hatte Zellenhäufigkeiten kleiner 5, so dass diese aus der Analyse ausgeschlossen wurde. Es gab keinen statistisch signifikanten Effekt zwischen Art des aufgetretenen Teamkonflikts und dem Kommunikationsmedium ($\chi^2(3, n = 180) = 1.42$, $p = .701$).

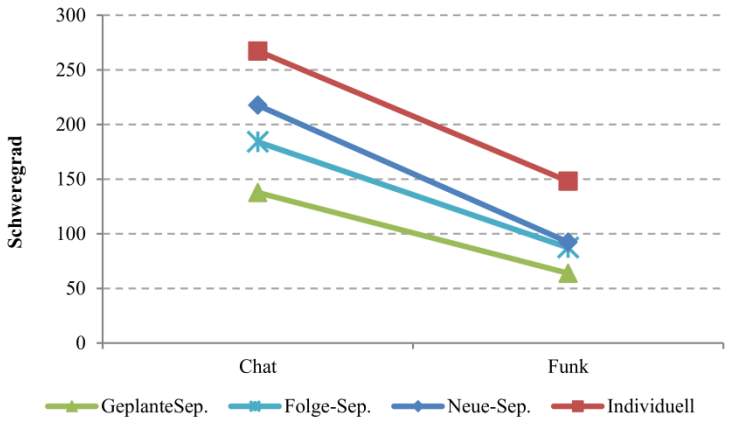


Abbildung 40 Zusammensetzung der Separationsverletzung in den Bedingungen Chat und Funk

Da die Teams aufgrund des Designs mit Messwiederholung den Versuch zweimal absolvierten, wurde kontrolliert, ob ein Lerneffekt in der Aufgabe TeamCom auftrat. Es wurde eine Varianzanalyse mit den Faktoren Durchgang und Medium berechnet. Die Analyse zeigte eine signifikante Interaktion der Faktoren Medium und Durchgang ($F(1,52) = 9.19$, $p = .004$, $\eta^2 = .15$) sowie einen signifikanten Haupteffekt des Kommunikationsmediums ($F(1,52) = 5.70$, $p = .021$, $\eta^2 = .10$). Der Effekt ist in Abbildung 41 visualisiert. Im jeweils ersten Durchgang war die Leistung zwischen den beiden Kommunikationsbedingungen vergleichbar ($t(26) = -0.44$, $p = .657$.). Nach dem Wechsel des Kommunikationsmediums trat ein signifikanter

Leistungsunterschied auf, welcher den Haupteffekt des Mediums erklärt. Konsistent zur Anzahl der Konflikte war auch bei dem summierte Schweregrad der Konflikte die Interaktion aus Medium und Durchgang signifikant ($F(1,52) = 5.89$, $p = .019$, $\eta^2 = .10$) sowie der Haupteffekt für das Kommunikationsmedium ($F(1,52) = 7.36$, $p = .009$, $\eta^2 = .12$). Dabei unterschied sich nur der Schweregrad im zweiten Durchgang zwischen den beiden Medien ($p = .004$).

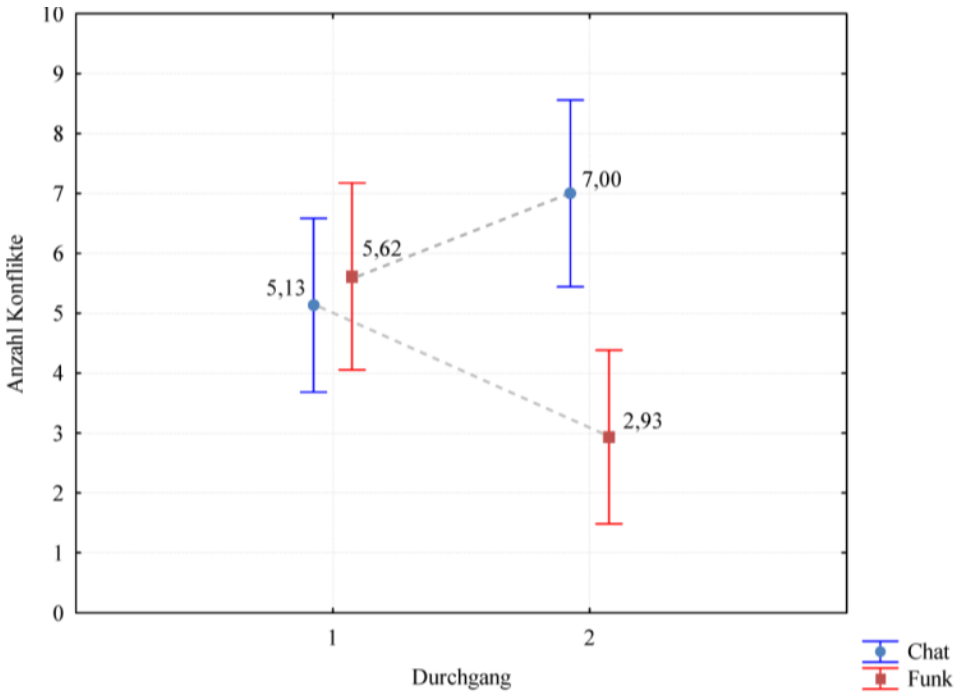


Abbildung 41 Effekt des Wechsels des Mediums auf mittlere Anzahl der Konflikte (Whisker zeigen das 95%-Konfidenzintervall)

Bezüglich der subjektiven Bewertung der Qualität der Teamarbeit wurde die Hypothese geprüft, dass Teams in der Chat-Bedingung die Teamarbeit schlechter bewerten, als in der Funk-Bedingung.

> *ML2: Teams bewerten die Teamarbeit in der Chat-Bedingung schlechter als in der Funk-Bedingung.*

Der Fragebogen STQ wurde für die subjektive Bewertung der Teamarbeit verwendet. Im Mittel lag die Bewertung der Teamarbeit in der Chat-Bedingung bei $MW_{Chat} = 4.06$ ($SD = 0.90$), in der Funkbedingung bei $MW_{Funk} = 4.77$ ($SD = 0.65$). Eine Varianzanalyse mit dem Faktor Durchgang und Medium zeigte, analog zu den Leistungskennwerten, einen signifikanten Interaktionseffekt ($F(1,104) = 7.9$, $p = .006$, $\eta^2 = .07$ und einen signifikanten Haupteffekt für das Medium $F(1,104) = 24.54$, $p < .001$, $\eta^2 = .19$). Die Post-Hoc Bonferroni-korrigierte Analyse zeigte, dass sich die Bewertung der beiden Chat-Läufe signifikant unterschieden ($p = .041$), die Bewertung der Funk-Bedingung war dagegen nicht vom Durchgang abhängig und auch die Bewertung im ersten Durchgang war nicht vom Medium beeinflusst ($p = .765$). Die subjektive Bewertung des zweiten Simulationslaufs unter der Chat-Bedingung war signifikant schlechter als alle anderen Läufe. Die Bewertung der Teamarbeit unter der Bedingung „Funk“ unterscheidet sich zwischen den Gruppen nicht signifikant, das heißt sie scheint eher unabhängig von den Reihenfolge-Effekten zu sein.

Das subjektive Erleben der Teamarbeit wurde zusätzlich mit sieben Items auf einer vierstufigen Likert-Skala bewertet (1 = trifft überhaupt nicht zu, 4 = trifft voll und ganz zu). Die Items waren

auf die Versuchsaufgabe angepasst, um den Einfluss des Kommunikationsmediums auf die Bearbeitung der Aufgabe abzufragen. Items, die mit einem Stern gekennzeichnet sind, wurden invertiert. Die Items eins bis fünf beziehen sich auf die Überwachungsaufgabe, die Items sechs und sieben auf die Lösung der Konflikte. Der Einfluss des Kommunikationsmediums wurde über eine Varianzanalyse mit Messwiederwiederholung auf dem Faktor Kommunikationsmedium bestimmt. Die deskriptiven Werte und die Kennwerte der F-Tests sind in Tabelle 30 zusammen gefasst.

Tabelle 30 Der Einfluss des Kommunikationsmediums auf die Bearbeitung der Versuchsaufgabe: deskriptive Werte und Kennwerte des Effekts des Kommunikationsmediums

Items	Chat	*SD*	Funk	*SD*	F	p	η^2
STQ Teamarbeit	4.06	0.90	4.77	0.65	24.54	<.001	.19
1) *Die Kommunikation über den Chat/Funk hat mich (nicht) belastet.	**2.98**	***0.84***	**3.70**	***0.46***	**28.97**	**<.001**	**.36**
2) Die Benutzung des Chats/Funk ist mir leicht gefallen.	**2.37**	***0.78***	**1.56**	***0.90***	**32.96**	**<.001**	**.39**
3) *Bei der Kommunikation über den Chat/Funk habe ich Informationen (nicht) übersehen/vergessen.	2.80	*0.83*	2.83	*0.77*	0.03	.861	<.01
4) Informationen wurden zum richtigen Zeitpunkt ausgetauscht.	2.26	*0.73*	1.98	*1.00*	2.92	.094	.05
5) *Die Kommunikation über den Chat/Funk hat (nicht) mehr Konzentration erfordert als die Konfliktlösung.	**3.15**	***0.83***	**3.48**	***0.57***	**8.59**	**.005**	**.14**
6) Ich bin mit den gemeinschaftlich gefundenen Konfliktlösungen zufrieden.	**2.28**	***0.92***	**1.72**	***0.96***	**10.32**	**.002**	**.17**
7) Die auftretenden beziehungsweise vorhersehbaren Konflikte konnten schnell gelöst werden.	**2.13**	***0.87***	**1.63**	***0.94***	**7.09**	**.010**	**.12**
Überwachungsaufgabe Gesamt	2.71	0.26	2.71	0.34	0.00	.996	<.01
Konfliktlösung Gesamt	**2.20**	**0.67**	**1.68**	**0.77**	**14.12**	**<.001**	**.21**

Die Ergebnisse zeigen ein differenzierteres Bild zum Einfluss des Kommunikationsmediums. Chat wurde signifikant als eher belastend bewertet als Funk, außerdem ist die Zustimmung signifikant höher, dass in der Funkbedingung der Informationsaustausch nicht mehr Konzentration erforderte als die Konfliktlösung. Generell wurde die Benutzung beider Kommunikationsmedien als schwierig empfunden, wobei die Benutzung des Funks signifikant als schwieriger empfunden wurde. Es gab keine Unterschiede in der Bewertung der Kommunikationsmedien bezüglich der Gefahr, Informationen zu übersehen sowie die Informationen zum richtigen Zeitpunkt auszutauschen. Diese Items wurden in beiden Kommunikationsbedingungen eher abgelehnt. In allen Kommunikationsbedingungen waren die Teams eher nicht mit den gemeinschaftlich gefundenen Konfliktlösungen zufrieden, aber die Ablehnung in der Funkbedingung war signifikant größer.

Zusammenfassung: Die Hypothese ML1 muss abgelehnt werden. Die Teamleistung ist in den beiden Kommunikationsbedingungen nicht vergleichbar. Das Kommunikationsmedium wirkt sich auf die Teamleistung aus. Wenn Teams chatteten, dann wurde eine signifikant höhere Anzahl an Konflikten nicht verhindert. Das Kommunikationsmedium wirkte sich tendenziell oder nicht auf die Häufigkeit von Separationsverletzung aufgrund von Folgekonflikten sowie neuen und individuellen Konflikten aus. Auch weitere individuelle Leistungsmetriken sind nicht durch das Kommunikationsmedium beeinflusst. Allerdings traten Leistungsunterschiede erst nach dem Wechsel des Mediums auf. Die Hypothese ML2 kann angenommen werden. Teams bewerten die Teamarbeit schlechter, wenn sie Chat als Kommunikationsmedium zur Verfügung haben. Sowohl bei der Leistung, als auch bei der Zufriedenheit, ist aber ein Effekt der Reihenfolge des Mediums ursächlich für die unterschiedliche Bewertung. Die Reihenfolge, in der Teams über Medien kommunizieren, scheint sich auf die Möglichkeiten zur Adaption der Verhaltensweisen auswirken. Dieser unerwartete Effekt wird jeweils im Anschluss an die

Prüfung der Hypothesen des Rahmenmodells analysiert. Die Zufriedenheit mit der Unteraufgabe Monitoring zeigte dabei keinen signifikanten Einfluss des Mediums. In der Unteraufgabe Konfliktlösung war die Zufriedenheit beim Arbeiten mit Chat signifikant höher als unter Funkbedingungen.

7.7 Einfluss des Mediums auf das Kommunikationsverhalten

7.7.1 Komponenten-Komplexität – Monitoring relevanter Luftfahrzeuge

Mit Bezug auf die Übermittlung relevanter Informationen wurden die Hypothesen aufgestellt, dass Teams unabhängig vom Kommunikationsmedium die gleiche Anzahl relevanter Fluginformationen übermitteln.

M1: Teams kommunizieren die gleiche Menge relevante Informationen in beiden Kommunikationsbedingungen.

Da von einer höheren Kommunikationshäufigkeit in der Bedingung Funk ausgegangen wird, sollte in der Chat-Bedingung der Anteil relevanter Informationen höher sein, als in der Funk-Bedingung. Außerdem sollten Teams beim Chatten Informationen stärker selektieren.

Das Kommunikationsmedium wirkt sich auf die absolute Menge verfügbarer relevanter Informationen aus (MW_{Chat} = 48.85, SD = 14.52, MW_{Funk} = 59.64, SD = 26.01, $t(27) = -3.16$, p = .004). Außerdem beeinflusste das Kommunikationsmedium die Anzahl irrelevanter Flugzeug-Informationen. Diese lag in der Chat-Bedingung bei 16.50 Informationen (SD = 10.21) und in der Funkbedingung bei 22.93 (SD = 14.31).

Der Chi-Quadrat-Test zeigte, dass sich das Kommunikationsmedium aber nicht auf die Verteilung der Häufigkeiten innerhalb der Kategorien relevanter und irrelevanter Kommunikation auswirkten ($\chi^2(1, n = 147) = 0.08$, p = .772).

Das genutzte Kommunikationsmedium wirkte sich aber auf die Anzahl der Luftfahrzeuge ohne Monitoring aus. Beim Chatten wurden signifikant mehr Flugzeuge ausgelassen (MW_{Chat} = 5.82, SD = 5.86, MW_{Funk} = 4.57, SD = 5.85, $t(27) = 2.28$, p = .031). und es gab signifikant weniger Monitoring zu irrelevanten Flugzeugen (MW_{Chat} = 6.93, SD = 2.68, MW_{Funk} = 7.64, SD = 3.08, $t(27) = 2.15$, p = .041). Dennoch unterschied sich die mittlere Anzahl fälschlicherweise ignorierter, relevanter Flugzeuge nicht signifikant zwischen den Bedingungen (MW_{Chat} = 2.75, SD = 3.24, MW_{Funk} = 2.21, SD = 2.90, $t(27) = 1.41$, p = .170). Werden die Anteile der Kategorien relevante und irrelevante Luftfahrzeuge betrachtet um einen veränderten Schwerpunkt festzustellen, dann zeigt der Chi-Quadrat-Test einen signifikanten Einfluss des Mediums ($\chi^2(2, n = 1848) = 6.05$, p = .049.). Dabei führt das Kommunikationsmedium Chat zwar häufiger als erwartet dazu, dass über ein Luftfahrzeug nicht gesprochen wird. Bezüglich der erwarteten Häufigkeiten der relevanten und irrelevanten Luftfahrzeuge gibt es dabei keinen signifikanten Einfluss des Mediums ($\chi^2(1, n = 1546) = 0.33$, p = .565).

Ein signifikanter Interaktionseffekt wurde für die durchschnittliche Anzahl der kommunizierten Routen-Informationen pro Luftfahrzeug gefunden ($F(1,52) = 5.90$, p = .019), wobei der post-hoc Test zeigte, dass der Unterschied im zweiten Durchgang zwischen Chat und Funk bestand (MW_{Chat_R2} = 0.71, SD = 0.30, MW_{Funk_R2} = 1.09, SD = 0.32, p = .010). Die Unterstichprobe Chat-Funk, welche die beste Leistung erzielte, kommunizierte häufiger den geplanten Flugweg der Flugzeuge. Außerdem wirkte die Interaktion auf die Anzahl von Luftfahrzeugen ohne Monitoring ($F(1,52) = 4.05$, p = .049), wobei im Post-hoc-Test keiner der Vergleiche signifikante Unterschiede zeigte. Die Analyse des Zeitpunkts des Monitorings zeigte jedoch in

Übereinstimmung zu diesem Ergebnis, dass im zweiten Durchgang unter der Bedingung Funk der Anteil von Luftfahrzeugen ohne Monitoring signifikant geringer war.

Der Interaktionseffekt der Metrik „Anzahl der initial ausgetauschten Flugdaten“ ($F(1,52) = 4.89$, $p = .031$) zeigte ebenfalls in den post-hoc Tests keine signifikanten Unterschiede in den Durchläufen. Die deskriptiven Daten zeigen jedoch, dass die Gruppe mit guter Leistung initial mehr Flugdaten austauschten, wobei dieser Wert ein Maximum im zweiten Durchgang unter der Bedingung Funk hatte.

Zusammenfassung: Unabhängig vom Kommunikationsmedium kommunizierten Teams über die gleiche Menge relevanter Luftfahrzeuge. Dies führte auch dazu, dass Teams bei der Verwendung des Mediums Chat absolut weniger irrelevante Informationen mit weniger Interaktionen zu irrelevanten Flugzeugen austauschten. Die Hypothese M1, dass Teams die gleiche Menge relevanter Informationen kommunizieren, kann für die Menge relevanter Flugzeuge angenommen werden, bezogen auf die Kommunikationshäufigkeit muss sie abgelehnt werden. Das Medium hatte dabei jedoch keinen Einfluss auf den Anteil relevanter Interaktion. Wenn Teams chatteten, führte dies nicht zu einer generell stärken Selektion zugunsten relevanter Informationen. Zusammenfassend tauschen die Teams, welche in allen Kommunikationsbedingungen die beste Leistung erzielten, mehr Daten, speziell Informationen zur Flugroute, zu mehr Flugzeugen aus.

7.7.2 Dynamische Komplexität

7.7.2.1 Bewertung der Beanspruchung

Chat soll zu erhöhten Produktionskosten führen, wodurch die dynamische Komplexität der Aufgabe vergrößert wird. Deshalb wurde die Hypothese aufgestellt, dass Team-Mitglieder die Chat-Bedingung beanspruchender bewerten als die Funk-Bedingung.

> *M2: Team-Mitglieder bewerten die Chat-Bedingung beanspruchender als die Funk-Bedingung.*

In der Bedingung Chat lag die gemittelte, subjektiv empfundene Beanspruchung, gemessen über den Fragebogen NASA-TLX, bei 5.14 ($SD = 1.59$), in der Bedingung Funk bei $MW = 3.5$ ($SD = 1.08$). Ein gepaarter t-Test zeigte einen signifikanten Unterschied in den Mittelwerten $t(53) = 8.25$, $p < .001$. Abbildung 42 zeigt, dass die Kommunikationsbedingung Chat auf allen sechs Dimensionen des NASA-TLX höher bewertet wurde. Bezogen auf die gemittelte Beanspruchung über alle sechs Dimensionen hatte das Kommunikationsmedium ebenfalls einen signifikanten Einfluss ($F(1,52) = 66.89$, $p < .001$, $\eta^2 = .56$).

Am größten ist die mittlere Differenz bezüglich der Beanspruchung auf der Sub-Skala „Zeitliche Anforderung“. Hier wird Kommunikation per Chat auf der 10-stufigen Skala zwei Skalenwerte beanspruchender bewertet. Absolut gesehen wurde in beiden Kommunikationsbedingungen die Beanspruchung, hervorgerufen durch geistige Anforderungen, am höchsten bewertet, die Beanspruchung durch körperliche Anforderungen am niedrigsten.

Bezogen auf die Wiederholung der Aufgabe und den Wechsel des Mediums zeigte die Varianzanalyse mit den Faktoren Durchgang und Medium einen signifikanten Interaktionseffekt mit kleiner Stärke $F(1,104) = 4.89$, $p = .030$, $\eta^2 = .04$. Die Bewertung der Beanspruchung war nicht allein vom Durchgang abhängig, im zweiten Durchgang war die empfundene Beanspruchung jedoch maximal verschieden.

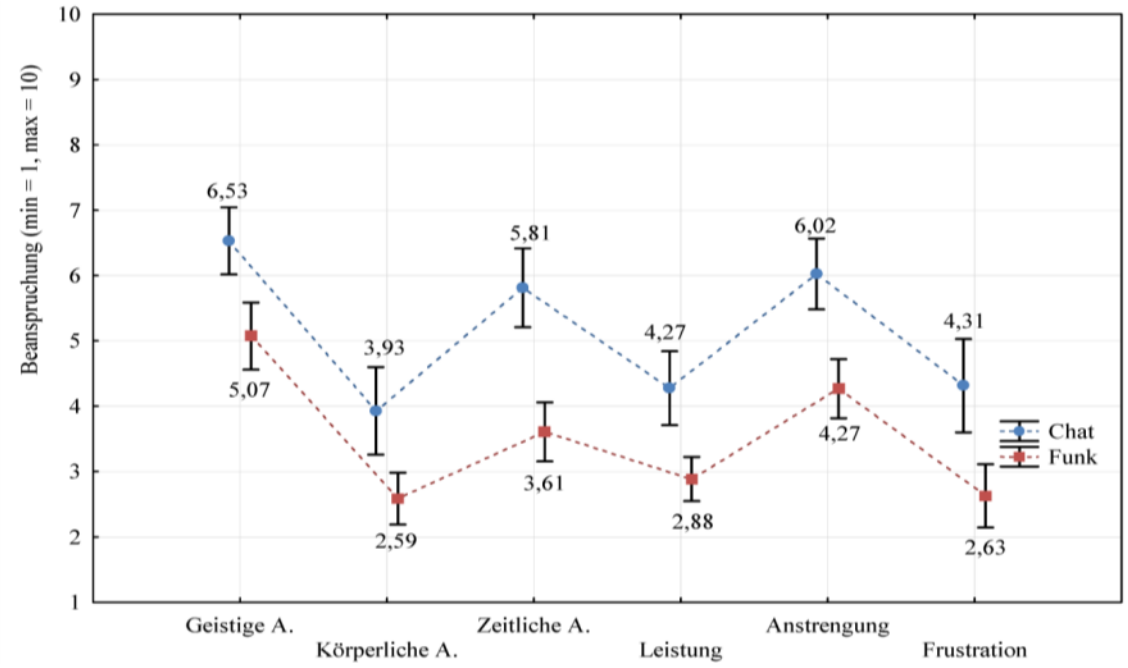


Abbildung 42 Mittelwerte und Konfidenzintervalle für die Dimensionen des Beanspruchungsmaß NASA-TLX

Zusammenfassung: Die Hypothese M2, dass die Chat-Bedingung als beanspruchender wahrgenommen wird, kann angenommen werden. Die Beanspruchung lag jedoch im mittleren Bereich der Skala, so dass auch in der Bedingung Chat die Beanspruchung nicht exzessiv war.

7.7.2.2 Kommunikationshäufigkeit

M3: Teams kommunizieren weniger in der Chatbedingung als in der Funkbedingung.

Für die Studie wurde die Hypothese aufgestellt, dass Teams in der Chatbedingung weniger kommunizieren, als in der Funkbedingung. In Tabelle 31 sind die zur Beantwortung verwendeten Kennwerte zusammen gefasst. Für alle Metriken wurden gepaarte t-Tests berechnet. Die Kennwerte und die Irrtumswahrscheinlichkeit p sind in der Tabelle angegeben.

Tabelle 31 Kennwerte zur Kommunikationshäufigkeit

Metrik	Chat	*SD*	Funk	*SD*	t	p
Anzahl Interaktionen	109.82	*50.26*	178.04	*98.33*	-5.21	<.001
Dauer der Interaktion [s]	477.63	*183.25*	527.89	*254.43*	-1.30	.206
Mittlere Dauer der Interaktionen [s]	4.78	*2.26*	3.13	*0.77*	4.22	<.001
Anzahl Chunks	27.89	*14.19*	35.89	*18.48*	-4.27	<.001
Mittlere Anzahl Interaktionen pro Chunk	4.08	*0.65*	4.97	*1.17*	-4.90	<.001

Bei der Kommunikation über Chat wird insgesamt signifikant weniger kommuniziert (MW_{Chat} = 109.82, *SD* = 50.26; MW_{Funk} = 178.04, *SD* = 98.33; $t(27) = -5.71$, $p < .001$); allerdings unterscheidet sich die Gesamtzeit, die auf Kommunikation verwendet wird, nicht signifikant (MW_{Chat} = 478 Sekunden, *SD* = 183; MW_{Funk} = 528 Sekunden, *SD* = 254, $t(27) = -1.30$, p = .206). Bezogen auf die Gesamtzeit der Versuchsaufgabe waren in der Funk-Bedingung 30% der Zeit mit Interaktionen belegt, in der Chat-Bedingung 27% der Zeit.

Dadurch ergibt sich, dass im Mittel eine Interaktion per Chat fünf Sekunden dauerte, eine Interaktion per Funk im Mittel drei Sekunden und damit signifikant kürzer ist ($t(27) = 4.22$, $p <$ .001). Insgesamt wurden in der Chat-Bedingung signifikant weniger Gesprächssituationen

initiiert (MW_{Chat} = 27.89 SD = 14.19, MW_{Funk} = 35.89, SD = 18.48, $t(27)$ = -4.27, $p < .001$), welche im Mittel vier Interaktionen umfassten, bei der Kommunikation über Funk umfassten die Chunks im Mittel fünf Interaktionen, der Unterschied wurde signifikant ($t(27)$ = -4.90, $p < .001$). Die mittlere Frequenz der Interaktion lag in der Bedingung Funk bei einer Interaktion alle zehn Sekunden, bei Chat wurde im Mittel alle 16 Sekunden eine Interaktion erzeugt.

Zusammenfassung: Die Hypothese M3 kann angenommen werden. Das Kommunikationsmedium wirkte auf die Kommunikationshäufigkeit. In der Bedingung Chat wurde signifikant weniger kommuniziert, sowohl bezogen auf die Chunks als Interaktionseinheiten, als auch auf die Gesamtmenge der Interaktionsevents. Die Gesamtzeit, welche Teams auf die Interaktion miteinander verwendeten, war in beiden Bedingungen nicht signifikant verschieden.

7.7.2.3 Zeitpunkt des Informationsaustauschs

M4: Der Informationsaustausch erfolgt unter Chat-Bedingungen später als in der Funkbedingung.

Die Anzahl der Flugzeuge, zu denen Informationen ausgetauscht wurden, unterschied sich zwischen beiden Kommunikationsmedien im Mittel um ein Flugzeug, ein gepaarter t-Test zeigte jedoch, dass dieser Unterschied zwischen den Kommunikationsmedien signifikant wurde (MW_{Chat} = 26.93 SD = 5.61, MW_{Funk} = 28.29, SD = 5.85, $t(27)$ = - 2.24, p = .033).

Im Mittel erfolgte die erste Kommunikation in der Bedingung Chat 67.96 Sekunden nach dem Erscheinen des Flugzeugs (SD = 35,09), in der Bedingung Funk fast 10 Sekunden früher (MW = 58.45, SD = 35.3). Der gepaarte t-Test zeigte jedoch, dass das geforderte Signifikanzniveau nicht erreicht wurde ($t(27)$ = 1.56, p = .13), so dass diese zeitliche Differenz nicht eindeutig auf den Effekt des Mediums zurückzuführen ist. Auch die relative Lage im definierten Interaktionsintervall unterschied sich nicht signifikant zwischen beiden Kommunikationsmedien (MW_{Chat} = 1.28 SD = 0.35, MW_{Funk} = 1.35, SD = 0.31, $t(27)$ = - 1.04, p = .307). Die Werte zeigen an, dass in beiden Bedingungen der Erstkontakt im Mittel vor dem definierten Interaktionsintervall erfolgte. Bezogen auf die zeitliche Distanz des Monitorings zu den geplanten Zeitpunkten der Separationsverletzungen zeigte sich ebenfalls kein Unterschied zwischen den Kommunikationsmedien (MW_{Chat} = 17.04 SD = 60.74, MW_{Funk} = 24.19, SD = 41.36, $t(27)$ = - 0.61, p = .546).

In Abbildung 43 sind die relativen Häufigkeiten des klassifizierten Kommunikationszeitpunkts für die Bedingung Chat und Funk dargestellt. In beiden Bedingungen erfolgte der erste Informationsaustausch zu einem Flugzeug in der Mehrheit eher als erwartet. In der Chat-Bedingung wurden jeweils 18% der Flugzeuge (entspricht sechs Flugzeugen) nicht kommuniziert, beziehungsweise eher früh kommuniziert. In der Funk-Bedingung wurden 17% der Flugzeuge eher früh und 14% (entspricht fünf) Flugzeuge nicht kommuniziert. In beiden Bedingungen wurde die geringste Anzahl initialen Informationsaustauschs als „zu spät“ kategorisiert, nur 2.3% in der Chat und 2.6% in der Funkbedingung fielen in diese Kategorie, was weniger als ein Flugzeug pro Simulationslauf entspricht.

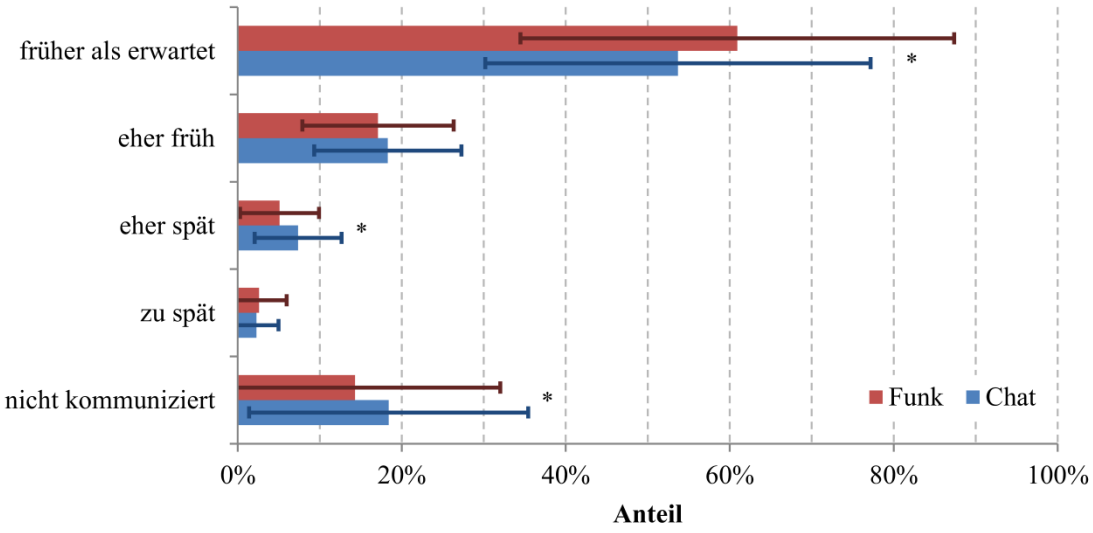


Abbildung 43 Prozentuale Anteil in den Kategorien zum Zeitpunkt der Informationsübermittlung

Der Effekt des Mediums auf den Zeitpunkt des Informationsaustauschs wurde mit dem Chi-Quadrat-Test nach Pearson bestimmt. Die Zellgröße lag immer über dem geforderten Minimum von fünf. Das Kommunikationsmedium hat einen signifikanten Effekt auf den Zeitpunkt, zu dem die initiale Information zu einem Flugzeug ausgetauscht wurde ($\chi^2(5, n = 1848) = 13.43, p = .009$). Der Chi-Quadrat-Test ergab einen signifikanten Einfluss des Kommunikationsmediums auf die Häufigkeiten in den Kategorien „früher als erwartet“, „eher spät“ und „nicht-kommunizierte“ Flugzeuge. Wenn Teams über Chat kommunizierten, wurden initiale Informationen zu mehr Flugzeuge eher später oder gar nicht kommuniziert. Wenn Teams miteinander über Funk redeten, wurden initiale Informationen zu Flugzeugen eher früher als erwartet im Team ausgetauscht.

Für den Zeitpunkt des initialen Monitorings wurde ebenfalls ein signifikanter Interaktionseffekt für die Faktoren Medium und Durchgang gefunden ($F(1,52) = 5.43, p = .024$). Post-hoc-Tests zeigten einen tendenziell signifikanten Unterschied für die Durchgänge Funk im ersten Durchgang (F_1) und Funk im zweiten Durchgang (F_2) ($p = .087$). Im Durchgang F_2 erfolgte dabei im Mittel das Monitoring bevor die Luftfahrzeuge in den Luftraum einflogen. Der relative Zeitpunkt des initialen Monitorings wurde für die Kategorisierung der Luftfahrzeuge des Szenarios verwendet. Um eine vom Wechsel des Mediums beeinflusste Verlagerung der Häufigkeiten in diesen Kategorien zu bestimmen, wurde ein Chi-Quadrat-Test über die vier Simulationsläufe sowie die fünf Kategorien des Zeitpunkts gerechnet. Summierte Häufigkeiten wurden verwendet, um die erforderliche Zellbelegung größer fünf zu erhalten. Die Testergebnisse zeigen einen signifikanten Unterschiede ($\chi^2(12, n = 1848) = 80.29, p < .001$). Einzelne Chi-Quadrat-Tests wurden gerechnet, um zu bestimmen, zwischen welchen Bedingungen der Unterschied auftrat. Dabei zeigte sich, dass in der Gruppe „Funk– Chat“ keine signifikanten Veränderungen der Häufigkeiten gefunden wurden. Für die Gruppe „Chat – Funk“ veränderten sich die Häufigkeiten in den Kategorien signifikant.

Die Veränderung in der Gruppe „Chat- Funk“ (Gruppe mit bester Leistung) bestand darin, dass frühzeitiges Monitoring (Kategorie „früher als erwartet“) zu mehr Flugzeugen als erwartet erfolgte (aktives Monitoring). Der Anteil lag in dieser Gruppe bei 72%. Außerdem wurden mehr Flugzeuge als erwartet überwacht und der Anteil von Flugzeugen, über die nicht kommuniziert wurde, sank auf 9 Prozent. Im ersten Durchgang unter der Bedingung Chat lag dieser Anteil bei 15% (entspricht fünf Flugzeugen).

Auch auf den Zeitpunkt des Monitorings vor potentiellen Konflikten wirkte die Interaktion aus Kommunikationsmedium und Durchgang ($F(1,50) = 8.04$, $p = .007$). Dabei erfolgte bei der Gruppe mit schlechter Leistung beim Chatten im zweiten Durchgang das Monitoring signifikant später, als bei der Gruppe mit guter Leistung in der Chat-Bedingung im ersten Durchgang ($p = .028$). Dabei war dieser Zeitpunkt bei den Teams mit Chat im ersten Durchgang sehr früh (im Mittel 130 Sekunden vor dem Konflikt), bei den Teams mit Chat im zweiten Durchgang lag dieser Zeitpunkt bei 25 Sekunden.

Zusammenfassung: Das Kommunikationsmedium wirkte sich nicht generell auf den Zeitpunkt der Überwachung aus. Allerdings erfolgte das Monitoring bei der Verwendung von Chat häufiger eher spät. Die unterschiedliche Reihenfolge, in der Teams die Kommunikationsmedien verwendeten, wirkte sich auf die Zeitpunkte des initialen Monitorings und der zeitlichen Distanz zu den Konflikten aus. Teams, welche Chat als zweites Medium nutzten, kommunizierten signifikant später Flugdaten im Team.

7.7.2.4 Zeitpunkt der Konflikterkennung

M5: In der Chat-Bedingung werden Konflikte später erkannt als in der Funk-Bedingung.

Für die Situationsanalysen, welche sich auf geplante Konflikte bezogen, wurde die mittlere zeitliche Distanz der Situationsanalyse zum geplanten Auftreten der Konflikte bestimmt (Event 4). Diese Distanz lag unter der Kommunikationsbedingung Funk bei 102.08 Sekunden ($SD = 30.40$), in der Chat-Bedingung mit 75.44 Sekunden ($SD = 39.98$) fast eine halbe Minute später. Der gepaarte t-Test zeigte einen signifikanten Unterschied der beiden Bedingungen an ($t(27) = -2.76$, $p = .010$).

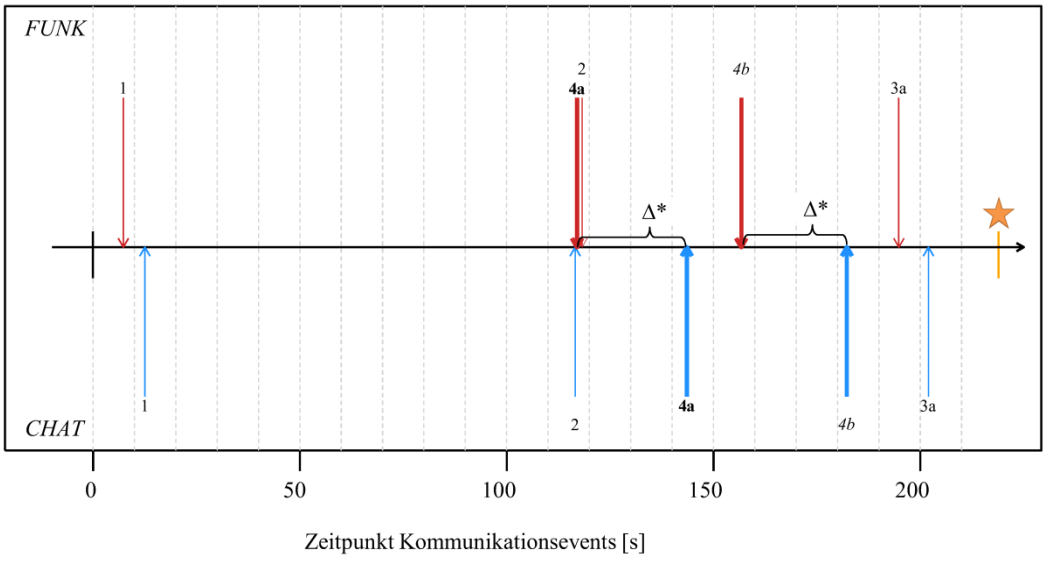


Abbildung 44 Zusammenfassung der mittleren Zeitpunkte der Teamkommunikation in den Kommunikationsbedingungen

Das Kommunikationsmedium wirkte sich auch auf die mittlere Distanz der Situationsanalyse vor einem möglichen Aufeinandertreffen der Flugzeuge aus (Event 4b). Diese Metrik berücksichtigt zusätzlich auch ungeplante Konfliktsituationen, indem der Zeitpunkt bestimmt wurde, wann sich die Routen der Flugzeuge ohne erneute Eingaben durch die Versuchspersonen schneiden würden. In der Kommunikationsbedingung Funk erfolgte die Analyse 97.58 Sekunden ($SD = 29.12$) vor dem potentiellen Konflikt, in der Chat-Bedingung im Mittel 76.45

Sekunden vor dem potentiellem Konflikt (*SD* = 31.04). Diese Zeitdifferenz wurde im gepaarten t-Test signifikant ($t(24) = -2.30$, $p = .030$.

Die Zeitpunkte der Kommunikation von Flugdaten und Situationsanalysen sind in Abbildung 44 grafisch dargestellt. Das Medium wirkte sich darauf aus, wie frühzeitig im Team Situationsanalysen zu sowohl geplanten Konflikten und möglichen Konflikten (Event 4b) erfolgten. Die Zeitpunkte des Informationsaustauschs (Monitoring) sind jedoch nicht systematisch vom Medium beeinflusst (Event 1, Event 2, Event 3a).

Zusammenfassung: Bei der Kommunikation über Chat erfolgte die Situationsanalyse zu Konflikten signifikant später als bei der Kommunikation über Funk. Die Hypothese M5 kann angenommen werden.

7.7.2.5 Pro-aktives Monitoring:

M6: Der Anteil pro-aktiven Informationsaustauschs ist unter Chat-Bedingung höher, als in der Funk-Bedingung.

Pro-aktives Verhalten in der Monitoring-Aufgabe wurde in absoluten und relativen Häufigkeiten ermittelt. Bezogen auf den initialen Kontakt für Flugzeuge zeigten die Indikatoren keinen Einfluss des Kommunikationsmediums. In der Chat-Bedingung erfolgte für 21.46 (*SD* = 9.36) Flugzeuge die initiale Informationsübermittlung pro-aktiv, das heißt ohne vorherige Anfrage. Wenn die Kommunikation über Funk erfolgte lag dieser Wert bei 22.68 (*SD* = 9.24). Die Häufigkeit unterscheidet sich nicht signifikant $t(27) = -1.15$, $p = .260$. Der Anteil der Flugzeuge, für welche der erste Informationsaustausch pro-aktiv erfolgte lag damit in der Chat-Bedingung bei 75% und in der Funk-Bedingung bei 76%, die Häufigkeiten in den Kategorien unterschieden sich nicht signifikant ($\chi^2(1, n = 55.21) = 1.39$, $p = .967$)

Die Kommunikationshäufigkeit in der Kategorie Monitoring war in der Kommunikationsbedingung Funk signifikant höher als in der Chat-Bedingung ($MW_{Chat} = 59.57$, $SD = 15.86$, $MW_{Funk} = 87.54$, $SD = 44.91$, $t(27) = 27.26$, $p < .001$). Die Menge an pro-aktiver Interaktion lag in der Bedingung Chat bei 32.00 Interaktionen (*SD* = 16.34), in der Funkbedingung bei 36.00 Interaktionen (*SD* = 17.56), der gepaarte t-Test zeigt, dass der Unterschied tendenziell signifikant ist ($t(27) = -1.74$, $p = .093$). Der Chi-Quadrat-Test zeigte für die Kategorien Kommunikation „pro-aktiv“ und „reaktiv“ keine signifikant unterschiedlichen Häufigkeiten (($\chi^2(1, n = 147.11) = 2.26$, $p = .133$).

Zusammenfassung: Das Kommunikationsmedium Chat führte nicht zu einem höheren Anteil pro-aktivem Informationsaustausch. In beiden Kommunikationsbedingungen wurden 75% der Flugzeuge pro-aktiv im Team kommuniziert. Die Hypothese M6 kann nicht angenommen werden.

7.7.3 Koordinative Komplexität

7.7.3.1 Implizite Koordination

M7: In der Chat-Bedingung sind im Bereich der Koordinativen Komplexität mehr Formen impliziter Koordination zu beobachten, als in der Funk-Bedingung.

Die prototypische Sequenz ist eine Form expliziter Koordination. Abweichungen von dieser Sequenz können deswegen als implizite Koordination bezeichnet werden. Zusätzlich wird geprüft, wie häufig Situationen explizit analysiert werden und wie häufig Absichten in Form von Benutzereingaben im Team kommuniziert werden.

Einhaltung der prototypischen Sequenz

Das Kommunikationsmedium Chat führte dazu, dass signifikant weniger der erwarteten Transitionen verwendet wurden (MW_{Chat} = 8.00, SD = 3.04, MW_{Funk} = 9.79, SD = 3.51, $t(27)$ = 3.23, p = .003). Absolut gesehen wurde ebenfalls die Häufigkeit der Transitionen, welche vorhergesehen wurden, vom Medium signifikant beeinflusst (MW_{Chat} = 44.25, SD = 12.53, MW_{Funk} = 76.82, SD = 37.94, t(27) = -5.44, p < .001). Die mittleren Häufigkeiten innerhalb der Kategorien erwartete und nicht erwartete Transitionen waren jedoch nicht signifikant durch das Kommunikationsmedium beeinflusst ($\chi^2(1, n = 332) = 0.20$, p = .652). In der Kommunikationsbedingung Chat entsprachen 35% der beobachteten Phasenwechsel den Vorgaben der prototypischen Sequenz, in der Kommunikationsbedingung Funk lag der Anteil bei 37%.

Wenn Teams über Funk kommunizierten, verwendeten sie signifikant häufiger die explizite Sequenz „Monitoring, Konfliktlösung, Implementierung“ (MW_{Chat} = 3.11, SD = 2.23, MW_{Funk} = 4.50, SD = 3.21, $t(27)$ = 2.31, p = .029). Auch die Häufigkeit an Feedback war signifikant höher, wenn Teams funkten (MW_{Chat} = 8.71, SD = 6.31, MW_{Funk} = 12.82, SD = 8.67, $t(27)$ = -2.96, p = .006).

Explizite Situationsanalyse im Team

Das Kommunikationsmedium wirkte sich signifikant auf die Anzahl der explizit analysierten, geplanten Konfliktsituationen aus. Im Durchschnitt wurden in der Bedingung Chat 4.29 verschiedene Situationen analysiert (SD = 2.89), in der Bedingung Funk 7.75 Situationen (SD = 3.13), $t(27)$ = -5.92, p < .001). Planmäßig traten in acht Situationen tatsächlich Konflikte auf. Weitere acht Situationen hatten potentielle Konflikte, das heißt nach Austausch relevanter Informationen konnte festgestellt werden, dass hier kein Eingreifen seitens des Teams notwendig ist. In der Funkbedingung wurde auch für eine signifikant höhere Anzahl der potentiellen Konfliktsituationen eine Konfliktlösung besprochen (MW_{Chat} = 1.36, SD = 1.03, MW_{Funk} = 2.86, SD = 1.51, $t(27)$ = -6.29, p < .001). Allerdings analysierten Teams im Funk auch signifikant mehr ungeplante Konfliktsituationen (MW_{Chat} = 1.64, SD = 1.62, MW_{Funk} = 4.89, SD = 5.02, $t(27)$ = -4.54, p < .001). Wenn Teams chatteten, wurde signifikant seltener verbalisiert, dass das Ergebnis der Situationsanalyse ist, dass kein Konflikt vorliegt (MW_{Chat} = 3.39, SD = 3.17, MW_{Funk} = 8.54, SD = 7.13, $t(27)$ = 5.75, p < .001).

In beiden Kommunikationsbedingungen gab es Konflikte, die analysiert wurden und dennoch auftraten. Die Häufigkeit dieser Konflikte war nicht signifikant durch das Medium beeinflusst (MW_{Chat} = 2.36, SD = 1.99, MW_{Funk} = 2.32, SD = 2.02, $t(27)$ = 0.11, p < .915). Auch die mittlere Zeitspanne, wie frühzeitig diese Analyse stattfand, war nicht durch das Kommunikationsmedium bedingt (MW_{Chat} = 55.98 s, SD = 47.49; MW_{Funk} = 74.64, SD = 46.56, $t(27)$ = -1.52, p = .140). In der Kommunikationsbedingung Funk traten jedoch signifikant weniger Konflikte auf, für die keine Analyse vorlag (MW_{Chat} = 3.82, SD = 2.68, MW_{Funk} = 1.68, SD = 1.63, $t(27)$ = 4.55, p < .001).

Kommunikation von Absichten - Benutzereingaben

Das Kommunikationsmedium wirkte sich nicht auf die mittlere Anzahl der Benutzereingaben der beiden Teammitglieder aus. Die Mittelwerte liegen in der Chat-Bedingung bei 73 Eingaben (SD = 31) und in der Funkbedingung bei 77 Eingaben (SD = 30). Allerdings wurden in der Chat-Bedingung signifikant weniger Luftfahrzeuge über Benutzereingaben manipuliert, als in der Funk-Bedingung (MW_{Chat} = 24.82, SD = 5.99; MW_{Funk} = 26.71, SD = 6.41, $t(27)$ = -3.13, p =

.004). In der Funkbedingung wurden außerdem gegenüber der Chat-Bedingung signifikant mehr Änderungen der Höhe (MW_{Chat} = 22.54, SD = 9.52; MW_{Funk} = 24.96, SD = 11.15, $t(27)$ = -2.37, p = .026) und der Geschwindigkeit (MW_{Chat} = 30.96, SD = 16.47; MW_{Funk} = 36.68, SD = 16.88, $t(27)$= -2.27, p = .031) beobachtet.

Die Menge explizit kommunizierter Benutzereingaben unterschied sich in den beiden Kommunikationsbedingungen nicht signifikant (MW_{Chat} = 38.79, SD = 23.99; MW_{Funk} = 46.32, SD = 25.07, $t(27)$ = -1.57, p = .127). Der Anteil an Benutzereingaben, die nicht kommuniziert wurden, lag in der Chat-Bedingung bei 53 % und in der Funk-Bedingung bei 57%. Das Kommunikationsmedium wirke sich nicht signifikant auf den Anteil explizit kommunizierter Benutzereingaben aus ($\chi^2(1, n= 149.83) = 2.82$, p = .421). Es wurde speziell geprüft, wie viele Änderungen der Höhe dem Teampartner unbekannt bleiben, da sie nicht explizit kommuniziert wurden. Es zeigte sich kein signifikanter Effekt des Kommunikationsmediums auf diese Kennzahl.

Für alle explizit kommunizierten Benutzereingaben wurde der zeitliche Abstand zwischen Eingabe und Kommunikation bestimmt. In der Funk-Bedingung war die mittlere Distanz zwischen Kommunikationsevent und Benutzereingabe signifikant geringer als in der Chat-Bedingung (MW_{Chat} = -16.80, SD = 15.89; MW_{Funk} = 1.34, SD = 20.28, $t(26)$ = -3.77, $p < .001$). Die Daten zeigen, dass im Mittel in der Funkbedingung das Kommunikationsevent und die Benutzereingabe nahezu zeitgleich erfolgte. In der Chat-Bedingung dagegen erfolgte die Kommunikation im Mittel 17 Sekunden nach der Benutzereingabe.

Wenn Teams Chat als Kommunikationsmedium verwenden, sind die Interaktionsphasen, die sich auf die Implementierung von Eingaben beziehen, signifikant länger (MW_{Chat} = 1.03, SD = 0.07; MW_{Funk} = 1.00, SD = 0.01, $t(26)$ = 2.27, p = .031).

Zusammenfassung: Die Hypothese M7, dass das Medium Chat häufiger zu Formen impliziter Koordination führt, kann angenommen werden. Das Kommunikationsmedium wirkte sich auf den Anteil der prototypisch erwarteten Interaktionsverläufe aus. Wenn Teams funkten, führte dies zu einer häufigeren Abarbeitung der Aufgabe nach dem prototypischen Vorgehen. Außerdem analysierten Teams in der Bedingung Funk häufiger explizit die im Szenario definierten Konflikte. Allerdings erfolgte auch häufiger eine Analyse für ungeplante Konflikte. Es traten in der Kommunikationsbedingung Funk weniger Konflikte auf, für die keine Analyse vorlag, die Anzahl an Konflikten, die auftraten aber vorher analysiert wurden, war in beiden Kommunikationsbedingungen gleich. Außerdem kommunizierten Teams in der Bedingung Funk häufiger, dass kein Lösungsbedarf vorliegt. Das Kommunikationsmedium wirkt sich außerdem nicht auf die Häufigkeit der expliziten Kommunikation von Absichten aus, sondern auf den Zeitpunkt. Im Mittel erfolgte die Kommunikation über die Benutzereingabe in der Chat-Bedingung erst nachdem die Eingabe erfolgte.

Werden alle Metriken in Kombination betrachtet, so ist die Koordination der Konfliktlösungen beim Funken intensiviert und stärker explizit. Das Kommunikationsmedium wirkte überwiegend auf das Erkennen von Konflikten und das explizite Kommunizieren von Situationsanalysen. Die eigentliche Umsetzung der Konfliktlösungen war nicht durch das Kommunikationsmedium beeinflusst. Teams koordinierten, unabhängig vom Kommunikationsmedium, die Hälfte ihre Benutzereingaben explizit. Allerdings wurde in der Bedingung Chat der Teampartner nachträglich über die vorgenommene Änderung informiert. Die absolute Anzahl an Konflikten, die trotz Situationsanalyse nicht verhindert wurden, ist bei beiden Kommunikationsmedien, absolut gesehen, identisch.

7.7.3.2 Fokussierung auf Lösungsmöglichkeiten im Funk

M8: In der Funk-Bedingung werden mehr Kommunikationseinheiten für Lösungsmöglichkeiten verwendet als in der Chat-Bedingung.

In der Funkbedingung verwendeten Teams durchschnittlich 40.86 Interkationen für Konfliktlösungen (*SD* = 29.64), in der Chat-Bedingung dagegen nur 16.18 (*SD* = 10.54). Dieser Unterschied wurde signifikant ($t(27) = -4.87$, $p < .001$). Da die Kommunikationsmenge aber generell vom Kommunikationsmedium beeinflusst war, wurde für die Analyse der Hypothese außerdem das Kommunikationsprofil der beiden Kommunikationsbedingungen verglichen. Die prozentualen Anteile der Kategorien sind in Abbildung 45 dargestellt. Die absoluten Zahlen sind in Anhang F.2 zu finden. Die Veränderung des inhaltlichen Schwerpunkts der Teamkommunikation wurde mit einem Chi-Quadrat-Test geprüft. Aufgrund der hohen Fallzahl wurde mit den gemittelten Werten pro Versuchsdurchlauf gerechnet. Es wurde kein allgemeiner Einfluss des Kommunikationsmediums auf den inhaltlichen Schwerpunkt der Kategorien festgestellt ($\chi^2(8, n = 332) = 5.65$, $p = .342$). Nur für die Kategorien „Implementierung“ und „Situationsanalyse – kein Konflikt“ wurden ein signifikanter Einfluss des Kommunikationsmediums auf die mittleren Häufigkeiten festgestellt ($\chi^2(1, n = 102) = 4.69$, $p = .030$). Die Häufigkeit der Kategorie Lösungsmöglichkeiten und Feedback war nicht vom Kommunikationsmedium beeinflusst.

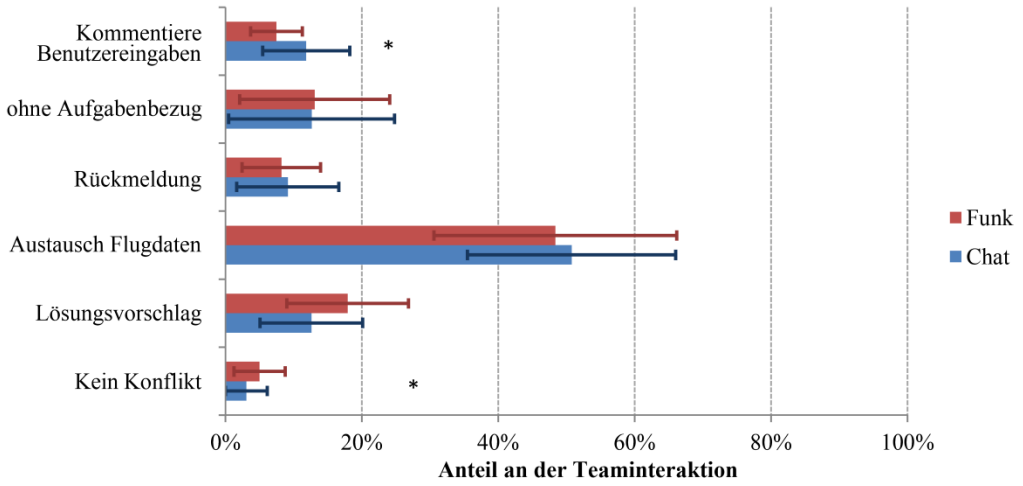


Abbildung 45 Kommunikationsprofile - Prozentuale Anteile in den Inhaltskategorien

Zusammenfassung: Die Hypothese M8 kann angenommen werden. Bei Verwendung des Mediums Funk wird in den Kategorien zur Konfliktlösung absolut gesehen mehr kommuniziert. Der Anteil, das heißt der Schwerpunkt der Kommunikation, ist aber nicht vom Medium beeinflusst. Funk führt zur häufigeren Kommunikation dass kein Konflikt vorliegt.

7.7.4 Effekt der Reihenfolge auf Adaption

Die Reihenfolge, in der Teams die Kommunikationsmedien nutzten, wirkte sich auf die Teamleistung aus. Teams, welche zuerst Chat und dann Funk nutzen, konnten ihre Leistung steigern und erzielten in beiden Kommunikationsbedingungen die beste Leistung. Teams, die erst Funk nutzten und dann Chat, hatten trotz Wiederholung der Aufgabe im zweiten Durchgang die schlechteste Leistung. Dieser Effekt der Reihenfolge war nicht erwartet. Explorativ wurde geprüft, ob der Leistungsunterschied aufgrund einer unterschiedlichen Bearbeitung der Aufgabe erfolgte und durch die Art der aufgetretenen Separationsverletzungen erklärt werden kann. Die Zusammensetzung des Schweregrads der Separationsverletzungen ist in Abbildung 46 dargestellt.

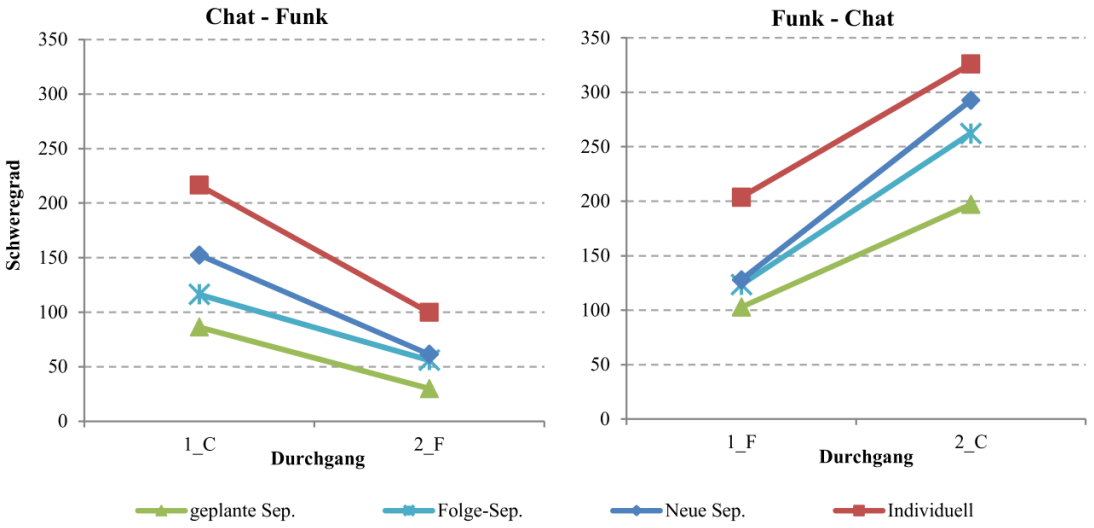


Abbildung 46 Zusammensetzung der Separationsverletzungen in den Unterstichproben

Es wurde ein signifikanter Interaktionseffekt der Faktoren Durchgang und Medium für die Anzahl der Teamkonflikte gefunden ($F(1,52) = 12.53$, $p < .001$, $\eta^2 = .19$). Auf die absolute Anzahl individueller Konflikte hatte das Kommunikationsmedium allerdings keinen Einfluss. Deskriptiv verringerte sich die Anzahl individueller Konflikte im zweiten Durchgang von durchschnittlich 1.93 ($SD = 1.27$) auf 1.29 ($SD = 1.18$), der Effekt des Durchgangs verfehlte in der Varianzanalyse knapp das erforderliche Signifikanzniveau ($F(1,52) = 3.79$, $p = .057$, $\eta^2 = .07$). Für die sekundären Maße der korrekten Übergabehöhe sowie der zusätzlichen Flugzeit wurden keine signifikanten Effekte des Kommunikationsmediums und des Durchgangs gefunden.

Ein Chi-Quadrat-Test wurde für Separationsverletzungs-Kategorien „Team“ und „Individuell“ berechnet. Alle Zellhäufigkeiten waren größer als 5. Das Kommunikationsmedium hatte in Abhängigkeit vom Durchgang einen Einfluss auf den Konfliktschwerpunkt ($\chi^2(3, n = 285) = 10.78$, $p = .013$). Im ersten Durchgang wurde jedoch kein signifikanter Unterschied zwischen den Medien gefunden. Teams, welche erst über Funk kommunizierten und dann miteinander chatteten, hatten im zweiten Durchgang unter Chatbedingung signifikant mehr Teamkonflikte als erwartet ($\chi^2(1, n = 169) = 6.96$, $p = .008$). Darin unterschieden sich auch die beiden Chat-Durchgänge signifikant voneinander ($\chi^2(1, n = 168) = 5.47$, $p = .019$).

Die Hypothese, dass die Teamleistung aufgrund von Adaption der Teams unabhängig vom Kommunikationsmedium ist, kann nicht angenommen werden. Allerdings traten die Leistungsunterschiede in den Kommunikationsbedingungen erst nach dem Wechsel des Mediums auf. Die Reihenfolge der Kommunikationsmedien beeinflusste die Adaptionsfähigkeit der Teams. Das Verhalten der Untergruppen unterschied sich dahingehend, dass die Teams mit guter Adaption im Kommunikationsmedium Funk zu mehr Flugzeugen mehr Informationen, insbesondere Informationen zu den geplanten Flugrouten, austauschten. Speziell das initiale Monitoring erfolgte bei den Teams mit guter Adaption früher als erwartet und das Monitoring erfolgte insgesamt frühzeitiger als bei den Teams mit schlechter Leistung. Allerdings tauschten die Teams mit guter Adaption auch häufiger Flugdaten später als erwartet aus. Diese Teams wiesen außerdem signifikante Unterschiede im Zeitpunkt des Monitorings zwischen den beiden Kommunikationsbedingungen auf, was als Adaption interpretiert werden kann. Für die Teams, welche nach dem Wechsel des Mediums die schlechteste Leistung erzielten, konnten keine Veränderungen des Monitoring-Zeitpunkts zwischen den Kommunikationsbedingungen gefunden werden.

7.8 Zusammenfassung des Einflusses des Mediums auf die Lotsenaufgabe

In Tabelle 32 sind die Hypothesen der Studie „Medium“ sowie die Haupterkenntnisse der jeweiligen Analysen zusammenfassend dargestellt. Es ist gekennzeichnet, ob die Hypothese abgelehnt oder angenommen werden konnte. Insgesamt wurden sechs der 8 Hypothesen bestätigt.

Tabelle 32 Übersicht der Hypothesen zur Studie "Medium"

	Hypothesen		
	Komponenten-Komplexität		
M1	Teams kommunizieren die gleiche Menge relevante Informationen in beiden Kommunikationsbedingungen.	✓	aber keine stärkere Selektion beim Medium Chat beobachtbar
	Dynamische Komplexität		
M2	Team-Mitglieder bewerten die Chat-Bedingung beanspruchender als die Funk-Bedingung.	✓	
M3	Teams kommunizieren weniger in der Chatbedingung als in der Funkbedingung.	✓	
M4	Der Informationsaustausch erfolgt unter Chat-Bedingungen später, als in der Funk-Bedingung.	✓	
M5	In der Chat-Bedingung werden Konflikte später erkannt, als in der Funk-Bedingung.	✓	
M6	Der Anteil pro-aktiven Informationsaustauschs ist unter Chat-Bedingung höher, als in Funk-Bedingungen.	x	Anteile sind in beiden Kommunikationsmedien vergleichbar.
	Koordinative Komplexität		
M7	In der Chat-Bedingung sind im Bereich der Koordinativen Komplexität mehr Formen impliziter Koordination zu beobachten, als in der Funk-Bedingung.	✓	häufiger explizite Situationsanalysen und Lösungsvorschläge bei Medium Funk, bei Chat werden Benutzereingaben häufiger nachträglich kommuniziert es ist jedoch kein Einfluss auf die Güte der Lösungsumsetzung vorhanden zu sein
M8	In der Funk-Bedingung werden mehr Kommunikationseinheiten für Lösungsmöglichkeiten verwendet als in der Chat-Bedingung.	x	Anteile für Analyse der Situation und Konfliktlösung nicht verschieden, bei Funk höherer Anteil, dass kein Handlungsbedarf besteht

Die Ergebnisse zu den Hypothesen im Bereich der dynamischen Komplexität (M2 bis M5) bestätigen dabei die Erkenntnisse der Literatur. Wenn Teams Chat zur Kommunikation nutzen, dann kommunizieren sie seltener, sowohl bezogen auf Kommunikationssituationen (Chunks) als auch Kommunikationsevents. Diese Hypothese konnte in der Studie bestätigt werden und repliziert die Ergebnisse der Literatur (Straus & McGrath, 1994). Die Gesamtdauern, welche Teams auf die Kommunikation miteinander verwendeten, waren in beiden Bedingungen jedoch nicht signifikant verschieden. Insgesamt lag der Anteil der Interaktionsdauer an der gesamten Versuchszeit bei 29.3 % in der Funkbedingung sowie 26.5 % in der Chat-Bedingung. Auf eine halbe Stunde Versuchszeit entfielen in beiden Kommunikationsbedingungen jeweils 8 Minuten rein für die Kommunikation mit dem Teampartner. Die Teammitglieder bewerten die Chat-Bedingung signifikant beanspruchender als die Funk-Bedingung. Die größte Differenz in der Beanspruchung liegt auf der Skala „zeitliche Anforderungen“ des NASA-TLX. Dies ist ein Indikator, dass tatsächlich die höheren Produktionskosten ursächlich für die höher empfundene Beanspruchung sind. Es kann angenommen werden, dass die absolute Zeit, die Teams für Interaktion bzw. Kommunikation verwenden können oder wollen, begrenzt ist. Innerhalb dieser Zeitspanne konnte in der Chat-Bedingung, aufgrund der höheren Produktionskosten für das Erzeugen eines Chat-Events, nicht mehr interagiert werden, so dass damit die geringere Kommunikationshäufigkeit begründet werden kann.

Das Kommunikationsmedium Chat wirkte sich neben der Kommunikationshäufigkeit auch auf die Zeitpunkte der Kommunikation aus. Das Melden der geplanten Konflikte erfolgte beim

Chatten signifikant später, ebenso wie das Überwachen der Flugzeuge. Außerdem wurde der Teampartner nachträglich über Benutzereingaben informiert, das heißt über Veränderungen an der gemeinsamen Aufgabe. Das Kommunizieren über Chat wirkte sich jedoch nicht darauf aus, dass seltener die Benutzereingaben kommuniziert wurden. Damit wurde beim Chatten der Partner über Veränderungen am gemeinsamen Bezugsraum informiert, aber der Partner konnte die Eingabe nicht mehr kommentieren beziehungsweise eigene Randbedingungen vorab kommunizieren.

Das Kommunikationsmedium wirkte sich weiterhin auf die Kommunikationsinhalte aus. Allerdings wurde nicht die erwartete stärkere Selektion im Überwachen bestätigt. Keine der Metriken zur Selektion und Relevanz der Informationen zeigte Unterschiede zwischen den Medien dahingehend, dass bei Chat stärker bewusst irrelevante Informationen ausgelassen wurden. Allerdings wurden, trotz erhöhter Produktionskosten, weiterhin die relevanten Informationen kommuniziert. Die mittlere Anzahl an Luftfahrzeugen mit einem geplanten Konflikt, über die nicht kommuniziert wurde, unterscheidet sich in beiden Bedingungen nicht. Die geringere Kommunikationshäufigkeit beim Chatten führte also nicht dazu, dass notwendige Informationen zum Erkennen der Konflikte ausgelassen wurden. Allerdings wurden in der Chat-Bedingung seltener, über den pro-aktiven Austausch von Flugzeugdaten hinaus, Informationen zu Flugzeugen des Teampartners angefragt. In der Kommunikationsbedingung Funk wurden signifikant mehr Konfliktsituationen explizit analysiert. Die verringerte Kommunikationshäufigkeit beim Chatten führt also dazu, dass Teams eher ein Kommunikationsverhalten zeigen, dass als implizite Koordination bezeichnet wird. Diese beobachtete Art der Koordination kann als eine Form der Adaption an die Möglichkeiten des Kommunikationsmediums bezeichnet werden. Diese Adaptionsfähigkeit der Teams konnte mit dieser Studie bestätigt werden.

Die stärker implizite Koordination der Teams bei Verwendung des Kommunikationsmedium Chat wirkte sich jedoch nicht nachweislich auf die Umsetzung der Konfliktlösungen aus. Die Leistungsmetriken zeigen, dass der Schwerpunkt aufgetretener Separationsverletzungen auf geplanten Konflikten lag und die Häufigkeit der Arten von Separationsverletzungen nicht durch das Kommunikationsmedium beeinflusst wurde. So ist auch die absolute Anzahl an Separationsverletzungen, die trotz Situationsanalyse nicht verhindert wurden, in beiden Kommunikationsmedien absolut gesehen, identisch. Dieser Befund zeigte sich auch bei Straus und McGrath {, 1994 #644}, wobei in den Studien unter der Bedingung Chat im Vergleich zur F2F-Kommunikation weniger Lösungen gefunden wurden, aber die gefundenen Lösungen hatten die gleiche Güte. Dieses Ergebnis findet sich auch in der subjektiven Bewertung der Teamarbeit wieder. Die Ergebnisse der Studie zur Bewertung der Teamarbeit sowie zur erlebten Beanspruchung reproduzieren den aus der Literatur bekannten Einfluss von Chat. Beim Chat besteht zwar eine geringere Zufriedenheit mit der Teamarbeit. Allerdings wurde der Einfluss des Kommunikationsmediums Chat nicht bei allen Aufgabenbereichen als negativ empfunden. Der Einfluss des Kommunikationsmediums auf das Informationsmanagement wurde im Mittel gering empfunden. Dies ist jedoch vor allem darauf zurückzuführen, dass die Bedienung des Funk als schwieriger (weil ungewohnter) als Chatten beschrieben wurde. Insgesamt zeigten sich die Teammitglieder jedoch signifikant zufriedener mit den Konfliktlösungen, die in der Chat-Bedingung getroffen wurden.

Der Einfluss des Kommunikationsmediums, welcher Leistungsunterschiede erklären kann, ist die veränderte Durchführung der Überwachungsaufgabe (Monitoring, Informationsaustausch). In dieser Unteraufgabe zeigen sich auch die unterschiedlichen Adaptionen der Unterstichproben, welche durch die Reihenfolge der Kommunikationsmedien hervorgerufen

wurde. Während die Gruppe, welche von Chat auf Funk wechselte, die Intensität des Monitorings steigerte, war bei der Gruppe welche von Funk auf Chat wechselte, keine Veränderung des Monitoring-Verhaltens erkennbar. Eine Erklärung könnte sein, dass die Adaption an die geringeren Produktionskosten beim Funken intuitiver war, als eine stärkere Selektion beim Informationsaustausch. Insgesamt selektierten alle Teams weniger stark als erwartet. Diese Selektion wäre eine Form der Adaption, erfordert aber Entscheidungsregeln, beziehungsweise entsprechende mentale Modelle. Da es sich bei den Teams in der Studie um Laien handelte, ist eine Erklärung, dass die Entwicklung dieser Entscheidungsregeln mehr Zeit beziehungsweise Erfahrung erfordert. Die Adaption dieser Teams bestand eher darin, auch unter erschwerten Kommunikationsbedingungen weiterhin die individuellen Ziele zu berücksichtigen und zu verfolgen. Die Teammitglieder waren jedoch mit dieser Arbeitsweise nicht zufrieden und bewerteten die Teamarbeit schlecht.

8 DISKUSSION DER ERGEBNISSE DER ARBEIT

8.1 VALIDIERUNG DES RAHMENMODELLS FÜR LOTSENKOMMUNIKATION

Zuerst erfolgt ein Überblick über die Metriken und Verhaltensweisen, anhand derer sich in den empirischen Studien Teamleistung differenzieren ließ. Im Anschluss werden Abweichungen im beobachteten Verhalten zum prädizierten, prototypischen Kommunikationsverhalten herausgearbeitet. Der Effekt dieser Verhaltensweise auf Teamarbeit und Teamleistung wird dargestellt. Im Anschluss werden die Grenzen der Kommunikationsanalyse diskutiert.

8.1.1 Welche Metriken differenzieren Leistungsunterschiede?

Für die Analyse des Kommunikationsverhaltens wurden potentiell leistungssteigernde Verhaltensweisen identifiziert. Wenn, so die Annahme, Teams diese Verhaltensweisen zeigen, dann sollten sie eine gute Leistung in der Aufgabe „TeamCom“ erzielen. Da „TeamCom“ eine Untermenge der Aufgaben eines Fluglotsen darstellt, sind die Verhaltensweisen auf die Fluglotsenaufgabe übertragbar. Zusätzliche, relevante Verhaltensweisen können durch die Unteraufgaben bedingt sein, die nicht in der Versuchsumgebung abgebildet wurden. Ein Beispiel ist die Routine-Kommunikation mit Piloten, welche aktuell zu einem großen Teil über Sprache abgewickelt wird (Vgl. Kapitel 4.1.3). In ihren Merkmalen der dynamischen, der koordinativen und der Komponenten-Komplexität ist die Versuchsumgebung „TeamCom“ vergleichbar zur Fluglotsenaufgabe. Fünf Verhaltensweisen wurden identifiziert, welche geeignet sind, den Anforderungen der Fluglotsenaufgabe in den drei Komplexitätsbereichen zu begegnen: Selektion relevanter Informationen, pro-aktives Kommunizieren, frühzeitige Konflikterkennung, Austausch aufgabenrelevanter Informationen und Closed-Loop-Kommunikation. Die aufgabenrelevanten Informationen wurden durch eine Analyse der Versuchsumgebung TeamCom bestimmt und eine prototypische Sequenz der Kommunikation wurde erstellt. Für jeden potentiellen Konflikt, sollte das Team Kommunikationsinhalte in den Kategorien „Austausch von Flugdaten“ – „Melde kein Konflikt / Konfliktlösung“ – „Rückmeldung“ – „Kommentiere Benutzereingabe“ produzieren.

Für die Überprüfung des Rahmenmodells wurden Teams aus je zwei Versuchsteilnehmern gebildet. Diese waren keine Fluglotsen. Die Teams wurden über das Ziel der Aufgabe informiert. Sie erhielten die notwendigen Informationen um Konflikte zwischen Flugzeuge durch Überwachen zu erkennen und Lösungen zu implementieren. Die Versuchspersonen erhielten kein Training oder Feedback zu ihrem Kommunikationsverhalten innerhalb des Teams. Die Kommunikation zwischen den Teammitgliedern wurde aufgezeichnet, aufbereitet und Metriken zu potentiell leistungssteigernden, vorab definierten Verhaltensweisen wurden berechnet.

Tabelle 33 zeigt im Überblick die leistungssteigernden Verhaltensweisen, die Operationalisierung, die abgeleiteten Metriken sowie die Ergebnisse der drei Analysen. Metriken wurden fett hervorgehoben, bei denen die empirischen Daten signifikante Unterschiede zwischen den Versuchsbedingungen zeigten. Generell war das empirische Kommunikationsverhalten sehr variabel. Die Verhaltensweisen sind nach den drei Ebenen der Komplexität gegliedert.

Die Aufgabe der Fluglotsen ist dadurch gekennzeichnet, dass verschiedene Informationen zu einer Situationsbewertung integriert werden müssen. Da der zur Verfügung stehende Zeitrahmen begrenzt ist, sollte die Selektion relevanter Informationen ein geeigneter Mechanismus sein, dieser Komponenten-Komplexität gerecht zu werden. In TeamCom wird Selektion über die Häufigkeit als relevanter und irrelevanter klassifizierter Flugzeugdaten

gemessen. In diesen Merkmalen unterschieden sich gute und schlechte Teams. Allerdings war die Richtung des Effekts nicht hypothesenkonform. Teams mit guter Leistung kommunizierten zu mehr Flugzeugen mehr irrelevante Informationen, das heißt sie selektierten weniger.

Tabelle 33 Metriken und Verhaltensweisen des Rahmenmodells, welche Teams mit guter und schlechter Leistung differenzieren und von den Faktoren Erfahrung und Kommunikationsmedium beeinflusst sind

Ebene der Komplexität [Wood, 1986]	Merkmale in der Kommunikation von Lotsenteams	Operationalisierung	Metrik	Ergebnisse
Komponenten-Komplexität	*Selektion relevanter Informationen; verhindert „information overload“*	Irrelevanter Informationsaustausch	Anzahl irrelevanter Interaktionen	nicht hypothesenkonform; keine Selektion sondern „**Aktives Monitoring**“ als leistungsfördernde Verhaltensweise, Teams mit guter Leistung passen Aktivität an Möglichkeit des Kommunikations-mediums an
		Schwerpunkt der übermittelten Informationen	durchschnittliche Anzahl Routeninformationen pro LFZ	
		LFZ mit geplantem Konflikt ohne Monitoring	Flugzeuge ohne Monitoring	
Dynamische Komplexität	*Pro-aktives Informieren spart Zeit*	Häufigkeit pro-aktiver Flugdatenaustausch	Anzahl Ereignisse Flugdatenaustausch pro-aktiv Anzahl Flugdaten pro-aktiv Anzahl initialer Kontakt pro-aktiv	keine der Metriken differenziert Teams
	Frühzeitige Konflikterkennung - Zeitpunkt der Kommunikation ist wichtig	**Zeitpunkt – Monitoring der Flugzeuge**	**mittlerer Distanz Erstkontakt** mittlerer Distanz Datenaustausch nach Erstkontakt mittlere relative Distanz	als Teilaspekt der Verhaltensweise „Aktives Monitoring“ – viele Flugzeuge früh kommunizieren Datenaustausch kurz vor geplantem Konflikt (Rückversicherung), Teams mit guter Leistung passen sich an Möglichkeit des Kommunikationsmediums an
Koordinative Komplexität	Austausch aufgabenrelevanter Informationen notwendig	explizite Kommunikation von Lösungen	Lösungsvorschlag für geplante Separationsverletzung	Häufigkeit durch Kommunikationsmedium beeinflusst; Indikator für Änderungen der Lösungsstrategien
		Frühzeitige Lösungsvorschläge	**Zeitdifferenz Lösungsvorschlag – Separationsverletzung**	Zeitpunkt der Lösungskommunikation als Indikator verschiedener Teamstrategien, gute Teams kommunizieren Lösungen frühzeitiger
		explizite Kommunikation von Absichten	**Anzahl LFZ mit Benutzereingaben** **Anzahl Änderung der Geschwindigkeit** Länge der Kommunikationsphase Implementierung	erhöhte implizite Aktivität bei Teams mit guter Leistung (nicht hypothesenkonform)
	Bestätigung von Anweisungen / Absprachen (Closed-Loop-Communication)	**Kommunikationsinhalt Rückmeldung**	**Anzahl Rückmeldungen**	Teams mit guter Leistung kommunizieren häufiger Rückmeldungen
	implizite Koordination ist sehr wahrscheinlich	--	--	*Nicht direkt erhoben; implizite Koordination durch Kommunikationsmedium beeinflusst, Ausdruck verschiedener Lösungsstrategien*

Dieses Verhalten steht in Verbindung zur Verhaltensweisen der frühzeitigen Konflikterkennung, speziell dem Zeitpunkt der Informationsübermittlung. Insgesamt betrachtet erfolgte der Informationsaustausch bei allen Teams früher als erwartet. Teams mit guter Leistung kommunizierten die Informationen jedoch einerseits sehr frühzeitig und andererseits wiederholt kurz vor dem bestehenden Konflikt. Teams mit guter Leistung adaptiertem außerdem den Zeitpunkt des Informationsaustauschs an die Möglichkeiten des Kommunikationsmediums. Da das häufige, sehr frühe Kommunizieren von Flugdaten in beiden empirischen Studien ein Merkmal von Teams mit guter Leistung war, wird es in Kapitel 8.1.3 als „aktives Monitoring" ausführlicher diskutiert.

Die Verhaltensweise des pro-aktiven Informationsaustauschs war dagegen kein Alleinstellungsmerkmal von Teams mit guter Leistung. Alle Teams tauschten Informationen ohne vorherige explizite Anfrage aus, unabhängig von ihrer Leistung. Hauptsächlich war der initiale Informationsaustausch zu Flugzeugen pro-aktiv. Das heißt; Das Teammitglied, welches die Kontrolle über das Flugzeug hatte, informierte den Partner über das neue Flugzeug. In der Literatur zu Aktionsteams wird dagegen pro-aktiver Informationsaustausch als Merkmal guten Teamverhaltens beschrieben, da dies Ausdruck der Antizipation des Informationsbedarfs des Teampartners darstellen soll (Entin & Serfaty, 1999). Insoweit war dieses Ergebnis nicht erwartet. Allerdings stellt pro-aktives Informieren nicht sicher, dass die übermittelten Informationen tatsächlich von Relevanz für den Teampartner sind. In der Aufgabe „TeamCom" kann das Anfragen von Information zu Flugzeugen den Effekt haben, dass beide Teampartner ihre Aufmerksamkeit auf die gleichen Flugzeuge fokussieren. Darüber können Teampartner sicherstellen, dass sie die gleiche Konfliktsituation analysieren. Um zu erfassen, inwieweit der Informationsbedarf des Teampartners korrekt eingeschätzt wird, könnte die Metrik der Selektion relevanter Informationen eine bessere Aussagekraft haben. Allerdings zeigen die Ergebnisse, dass die Teams zum Erreichen der guten Teamleistung nicht selektieren mussten. Um diese Metrik weiter zu prüfen, sollte die Menge an Flugzeugen und zur Verfügung stehenden Informationen weiter erhöht werden. Dafür spricht, dass in keiner Studie die Beanspruchung als exzessiv eingeschätzt wurde.

Im Bereich der Koordinativen Komplexität wurde die leistungssteigernde Verhaltensweise der Bestätigung von Anweisungen und Absprachen als Merkmal von Teams mit guter Leistung angenommen. Wie erwartet, kommunizierten Teams mit guter Leistung signifikant häufiger Rückmeldungen (Feedback), als Teams mit schlechter Leistung. Rückmeldungen sollen in der professionellen Lotsen-Piloten-Kommunikation sicherstellen, dass die Kommunikationsinhalte korrekt empfangen und verstanden wurden. Die Unterkategorie „Rückmeldung" war in dem Kodierschema die einzige Unterkategorie der Variable Teamwork-Prozesse, zu denen Überwachung, Rückmeldung und Unterstützung gehörten, welche eine ausreichende Reliabilität erreichte. Andere Kommunikationsinhalte, welche sich nicht direkt auf die Aufgabe sondern auf die Zusammenarbeit im Team bezogen, konnten in den Kommunikationsdaten nicht reliabel kodiert werden.

Es ist jedoch bekannt, dass bei Teams, deren Aufgabe hauptsächlich darin liegt, Tätigkeiten auszuüben (Vgl. Definition von Aktionsteam Kapitel 2.1.2), nur wenige, explizite Kommunikationsevents beobachtet werden können, deren Inhalt direkt diesen Prozessen der Teamarbeit zugeordnet werden können (Inoue, Furuta, Kanno, Aoyama, & Nakata, 2010; Papenfuss, 2013; Soraji et al., 2010). Da Kommunikation mit Produktionskosten verbunden ist, kann das vorliegende Ergebnis so interpretiert werden, dass Teams mit guter Leistung eher bereit sind, Aufwand in explizite Kommunikation zu diesen Teamprozessen zu stecken.

Teams mit guter Leistung kommunizierten signifikant früher Lösungsvorschläge für Konflikte. Der Zeitpunkt, wie frühzeitig Teams Lösungen für Separationsverletzungen kommunizierten, ist außerdem geeignet, unterschiedliche Strategien der Aufgabenbearbeitung im Team nachzuweisen und darüber Leistungsunterschiede zu erklären.

Teams mit guter Leistung kommunizierten tendenziell signifikant seltener die tatsächlich getätigten Änderungen, die sie über Benutzereingaben an der gemeinsamen Verkehrssituation vornahmen. Allerdings gab es Unterschiede im Zeitpunkt, wann die Veränderungen an der Umwelt vorgenommen wurden. Teams mit guter Leistung kommunizierten die Benutzereingaben signifikant häufiger, bevor sie diese durchführten, das heißt sie kommunizierten eher Absichten. Bei Teams mit schlechter Leistung erfolgte die Kommunikation zwar häufiger, aber nachträglich. Es handelte sich dabei nicht um Absichten sondern um bereits getätigte Aktionen.

Die Leistungsmaße Folgeseparationsverletzungen und neue Separationsverletzungen können mit dem Kommunikationsverhalten in der Unteraufgabe „Konflikte lösen“, die maßgeblich die koordinative Komplexität der Aufgabe bedingt, in Verbindung gebracht werden. Die deskriptiven Daten zeigen, dass Teams mit guter Leistung seltener bis gar keine neuen Team-Separationsverletzungen erzeugten. Außerdem hatten Teams mit guter Leistung einen signifikant höheren Anteil individueller Separationsverletzungen, das heißt sie koordinierten ihre Eingaben so, dass keine weiteren Folge- oder neuen Separationsverletzungen entstanden. Teams mit guter Leistung in der Unteraufgabe, welche - abstrakt formuliert - eine gute Koordination erfordert, kommunizierten ihre Absichten; Teams mit schlechter Leistung informierten sich nachträglich über getätigte Änderungen.

Dass Teams mit guter Leistung allerdings signifikant seltener ihre Benutzereingaben kommunizieren, widerspricht der Annahme, dass explizite Koordination in der Aufgabe förderlich ist. Allerdings wird sowohl in der Arbeitsanalyse zur Lotsenarbeit, als auch in der Literatur zu Aktionsteams, implizite Koordination als ein Merkmal guter Teamarbeit genannt. Das Ergebnis der empirischen Studien dieser Arbeit kann dahingehend interpretiert werden, dass gute Teams damit auch mehr implizite Koordinationsweisen zeigten. Die Möglichkeit und Grenzen, implizite Koordination reliabel über die Kommunikationsanalyse nachzuweisen, wird in Kapitel 8.3.1 diskutiert.

8.1.2 Abweichungen im beobachteten Verhalten zum erwarteten Verhalten

Aus den Ergebnissen der Studien wurden Abweichungen vom erwarteten Ablauf der Phasen der Aufgabenbearbeitung ermittelt. Grundlage dafür ist die hierarchische Aufgabenanalyse (HTA, Vgl. Kapitel 4.2.1), welche durchgeführt wurde, um den Kommunikationsbedarf im Team für die Aufgabe TeamCom zu bestimmen. Dieser Analyse gegenüber steht der beobachtete Kommunikationsbedarf der Teams. In Abbildung 47 ist die angepasste Darstellung zu finden. Die Anpassungen sind durch Sternsymbole (neue Aufgaben) und Kreuzsymbole (nicht beobachtete Aufgaben) gekennzeichnet.

Eine neue Unteraufgabe „2.4 Melde konfliktfrei“ wurde als Aufgabe mit Kommunikationsbedarf ergänzt. Die Unteraufgaben „1. Suche neue LFZ“ und „3.2.4. Implementiere Lösungsstrategie“ wurden ebenfalls in Aufgaben mit Kommunikationsbedarf geändert. Eine unerwartete Verhaltensweise stellt der Kommunikationsbedarf von Teams in der Aufgabe „1. Suche neue LFZ“ dar. Dies entspricht dem Verhalten, dass sich Teams frühzeitig über neue Luftfahrzeuge informierten, unabhängig davon, ob es einen potentiellen Konfliktpartner gab. Dieses Ergebnis wird im nächsten Kapitel diskutiert. Dass Teampartner

ihre Benutzereingaben kommunizieren, war bereits als leistungssteigernde Verhaltensweise definiert und dieses Verhalten zeigten Teams auch. Die Kommunikation ist jedoch nicht zwingend erforderlich, um die Konfliktlösung zu implementieren. Aus diesem Grund war die Aufgabe in der ursprünglichen Analyse als individuelle Aufgabe ohne Kommunikationsbedarf konzipiert.

Die Unteraufgaben „3.1 Melde Konflikte“ und „3.2.3.2 Feedback für Lösungsstrategie“ wurden in Aufgaben ohne Kommunikationsbedarf geändert. Diese Änderung ist dem Ergebnis geschuldet, dass die entsprechenden Kategorien „Melde Konflikt“ und „Lösungsvorschlag Feedback“ bereits bei der Kodierung der Kommunikationsdaten selten vergeben wurden. Zusätzlich konnten die beobachteten Events nur mit einer geringen Reliabilität diesen Kategorien zugeordnet werden. Die geringe Reliabilität in der Kodierung kann zwei Ursachen haben. Erstens ist die Inter-Rater-Reliabilität bei seltenen Events leichter durch zufällige Fehler, wie die falsche Vergabe einer Kategorie, beeinträchtigt. Die zweite Erklärung ist, dass die Teammitglieder selten Kommunikationsevents produzierten, welche eindeutig diesen Phasen zugeordnet werden konnte. So ist beispielsweise der Kommunikationsinhalt „ok, mein SX58 hat auch 220“ der auf das Event „LH73 kommt jetzt vom Norden in den Süd-Osten. 220 Höhe“ folgt, nicht allein eindeutig einer Konfliktmeldung zuzuordnen. Das Adverb „auch“ stellt den Bezug zwischen den beiden Flugzeugen her und zeigt an, dass der Sprecher die beiden Höhen als identisch bewertet hat. Die Konfliktmeldung erfolgt aber nicht explizit, sondern konnte aus der Interpretation des Kontexts geschlossen werden. Interpretationen sind subjektiv, die Mehrdeutigkeit der Inhaltskodierung spiegelt damit die reale Mehrdeutigkeit der Kommunikation wieder. Im Unterschied dazu kommunizierten Teams häufiger explizit, dass kein Konflikt vorliegt. Es wurde also eher explizit kommuniziert, dass kein Handlungsbedarf besteht. Dagegen war seltener zu beobachten, dass die Teams explizit Handlungsbedarf kommunizierten. Diese erwartete Phase mit Kommunikationsbedarf wurde im beobachteten Kommunikationsverhalten von den Teams ausgelassen und stattdessen wurde sofort eine konkrete Lösung für den Konflikt kommuniziert.

Die Motive für diesen geringen Kommunikationsbedarf im Bereich „Situationsanalyse“ können nicht direkt aus den Kommunikationsdaten abgeleitet werden. Ein Erklärungsansatz liefert wiederum die implizite Koordination. Speziell wenn Teams Chat als Kommunikationsmedium nutzten, kommunizierten sie anteilig signifikant seltener, dass kein Konflikt vorliegt und dafür anteilig signifikant häufiger über Benutzereingaben. Außerdem wurden signifikant weniger Kommunikationssequenzen mit explizier Konfliktlösung beobachtet. Dennoch zeigten sich die Teams in den subjektiven Bewertungen signifikant zufriedener mit den gefundenen Lösungen. Dies kann als Indikator für bewusst verwendete, implizite Koordination interpretiert werden.

Eine andere Erklärung für die beobachtete geringe Häufigkeit expliziter Situationsanalysen ist, dass die Versuchsteilnehmer einen geringeren Abstimmungsbedarf im Bereich der Lösungsfindung hatten, da ihnen die Abhängigkeiten nicht bewusst waren. In dem Fall hätten sie kein ausreichendes mentales Modell der vorhandenen Abhängigkeiten in der Aufgabe. Allerdings erhielten alle Versuchsteilnehmer ein umfangreiches Training, inklusive eines Wissenstests. Der fehlende Kommunikationsbedarf im Bereich Situationsanalyse kann auch als generell fehlendes Wissen interpretiert werden, dass Wahrnehmung und Situationsanalysen individuelle Prozesse sind, die Interpretationen beinhalten und deshalb auch abweichende Ergebnisse hervorrufen können.

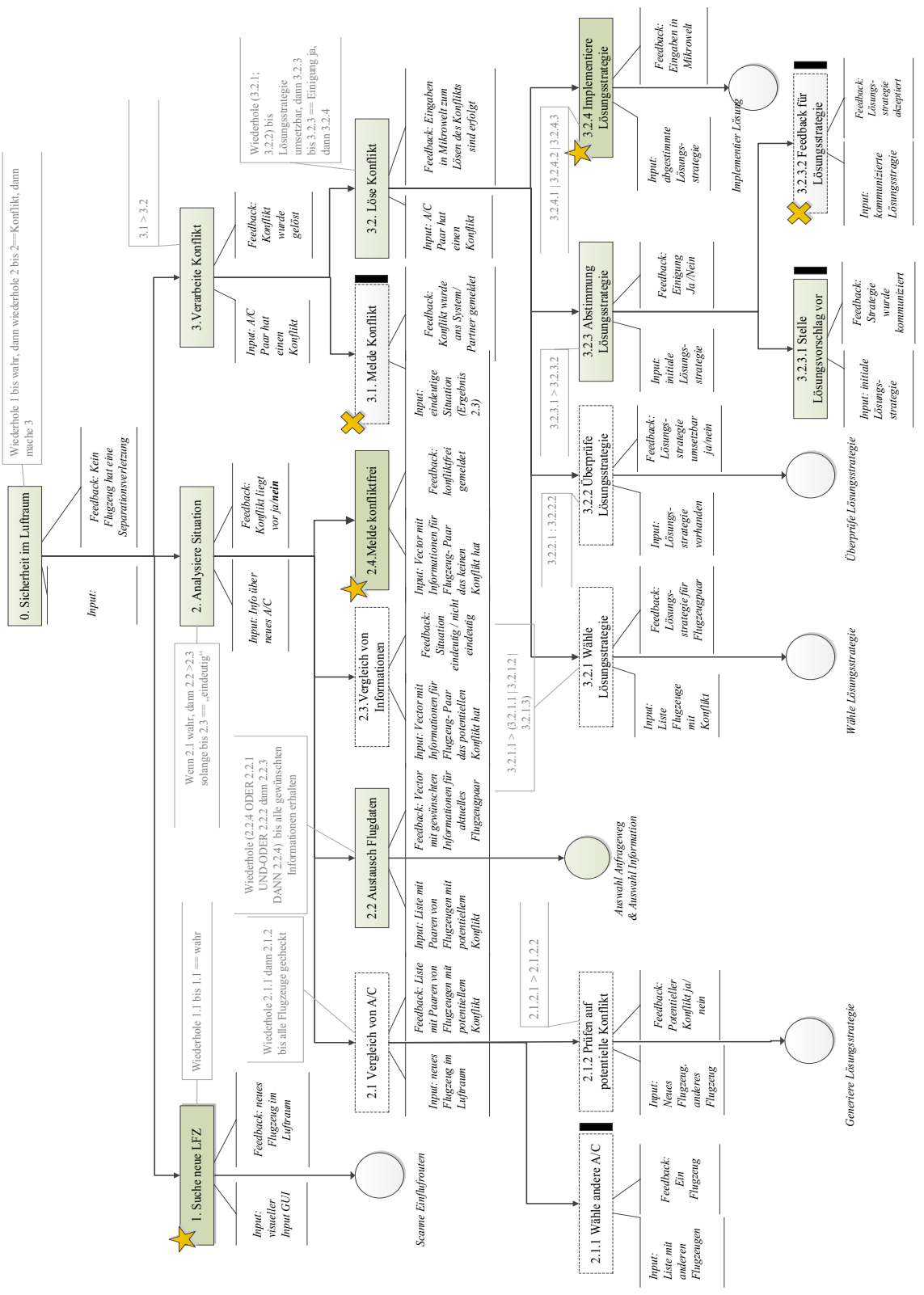


Abbildung 47 Anpassung der hierarchischen Aufgabenanalyse an beobachtetes Kommunikationsverhalten

Die Instruktionen für die Studien gaben den Versuchsteilnehmern keine Hinweise bezüglich optimaler oder guter Zusammenarbeit im Team, allerdings hatten in allen Studien über 90 Prozent der Versuchsteilnehmer Erfahrung mit Teamarbeit. Ein Indiz für das fehlende Wissen über Notwendigkeiten der Zusammenarbeit ist, dass alle Teams in allen Studien wesentlich häufiger Benutzereingaben vornahmen, als es für die Aufgabe zwingend nötig gewesen wäre. Während die Aufgabe insgesamt nur zwölf Benutzereingaben erforderte, lag der Mittelwert in allen Studien bei über 70 Eingaben, welche die Teammitglieder vornahmen. Die Ursache für dieses beobachtete Verhalten kann jedoch nicht allein durch die Analyse der Kommunikationsdaten ergründet werden.

8.1.3 Aktives Monitoring als unerwartete leistungssteigernde Verhaltensweise

In beiden Studien zeichneten sich Teams mit guter Leistung durch ein beobachtbar aktiveres und frühzeitigeres initiales Monitoring der Flugzeuge aus, als erwartet. Kurz nach dem Erscheinen eines Flugzeuges auf dem Bildschirm teilten sich die Teampartner Daten zu diesen Flugzeugen mit. Die hierarchische Aufgabenanalyse und die daraus abgeleitete Sequenz der Aufgabenbearbeitung hatten hier eine stärkere Selektion der Kommunikation angenommen. Es wurde angenommen, dass Teammitglieder vorab individuell prüfen, ob dieses Flugzeug einen potentiellen Konfliktpartner hat. Dazu würde zuerst eine individuelle Phase der Situationsanalyse erfolgen, welche mögliche Schnittpunkte der Flugzeuge ermittelt. Erst wenn ein Schnittpunkt besteht, liegt Bedarf zur Kommunikation vor. Dieses Verhalten konnte jedoch in den empirischen Verhaltensdaten von Teams mit guter Leistung nicht gefunden werden.

Ein neues Flugzeug stellt bereits prinzipiell eine Veränderung des gemeinsamen Luftraums dar und ist damit, nach dem Kommunikationsmodell (Vgl. Kapitel 2.2.2.1), ein Trigger für eine Interaktion der Teampartner. Die realen Teams absolvierten die Überwachungsaufgabe stärker gemeinsam, als erwartet. Überwachung, beziehungsweise Monitoring, ist eine elementare Aufgabe im Luftverkehrsmanagement. So gilt auch in der Arbeitsumgebung Cockpit das Überwachungsverhalten von Piloten als eine Schlüsselkomponente für gute Teamleistung. Unfälle werden unter anderem auf inadäquates Monitoring der Piloten-Teams zurückgeführt. Um gute und überprüfbare Verhaltensweisen adäquater Überwachung abzuleiten, wurde die Monitoring-Aufgabe von der Loss of Control Action Group der „Civil Aviation Authority“ spezifiziert (Loss of Control Action Group, 2013). Die Monitoring-Aufgabe der Piloten wurde anhand operationeller Notwendigkeiten differenziert und beobachtbare Verhaltensweisen erarbeitet. Die Autoren unterschieden dabei fünf Ausprägungen von Überwachung im Cockpit: passives und aktives Monitoring, gemeinschaftliches Monitoring sowie periodisches und prädiktives Monitoring.

Als passives Monitoring werden Verhaltensweisen charakterisiert, wie Beobachten, Überwachen, Zuhören, Scannen von Anzeigen. Im Gegensatz dazu umfasst aktives Monitoring Handlungen wie Überprüfungen vornehmen (Cross-Check), das Berichten von Werten und umfasst ebenfalls alle Aktivitäten, welche im Cockpit das Aussprechen von Werten und Zuständen (Call-Outs) erfordern. Diese Call-Outs sind für Cockpit-Teams in den Standard-Verfahren definiert. Periodisches Monitoring erfolgt regelmäßig über bestimmte Zeitabstände. Als gemeinschaftliches Monitoring wird ein Verhalten beschrieben, in denen ein Teammitglied eine Aktion ausführt und ein anderes Teammitglied diese überprüft. Das prädiktive Monitoring überprüft aktuelle Parameter mit bekannten Toleranzgrenzen um Abweichungen zu erkennen.

Aktives und gemeinschaftliches Monitoring führen zu beobachtbarem Verhalten in Form von Kommunikation. Bei allen Teams, welche die Versuchsaufgabe „TeamCom“ bearbeiteten, wurde intensives, frühes Monitoring für neue Flugzeuge beobachtet. Hier hatte die

prototypische Aufgabenbearbeitung eine stärkere Selektion der kommunizierten Flugzeuge erwartet, das heißt ein passives Monitoring der Teampartner. Gute Teams zeigten Formen aktiven Monitorings, indem sie neue Flugzeuge berichteten oder anfragten. Der leistungssteigernde Effekt dieser Verhaltensweisen kann darüber erklärt werden, dass durch das aktive Monitoring die Aufmerksamkeit der Teampartner synchronisiert ist und beide Teampartner die gleiche Situation prüfen. Die initiale Prüfung, ob Schnittpunkte für ein neues Flugzeug vorliegen, wurde von den Teams bereits gemeinschaftlich und nicht individuell bearbeitet. Aktives Monitoring wird deshalb als leistungssteigernde Verhaltensweise in das Rahmenmodell der Kommunikation aufgenommen. Der Einfluss von Belastung und Beanspruchung auf diese Verhaltensweise sollte in weiteren Studien geprüft werden.

8.2 Der Einfluss von Erfahrung und Medium auf das Kommunikationsverhalten

8.2.1 Einordnung der Studienergebnisse in das Rahmenmodell

Bevor die Ergebnisse der beiden Studien detailliert diskutiert werden, erfolgt eine Einordnung der Studienergebnisse anhand des Teammodells von Annett and Cunningham (2000). Eine Überblicksgrafik (Abbildung 48) setzt die Ergebnisse der Arbeit in Bezug zum theoretischen Modell der Teamarbeit (Vgl. Kapitel 2.1.3).

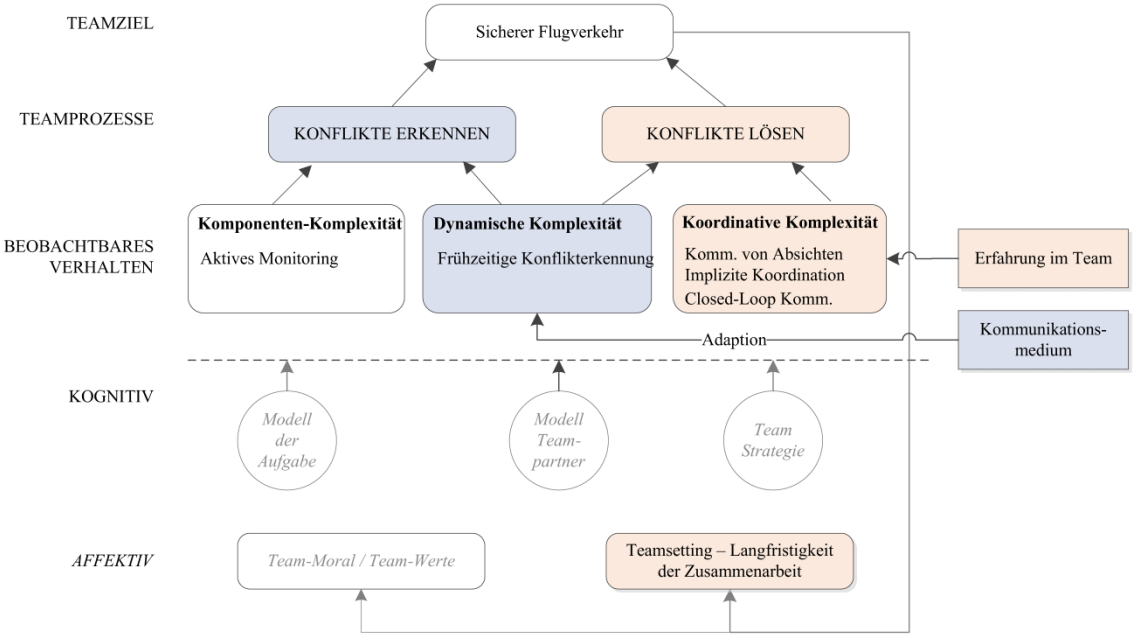


Abbildung 48 Empirische Ergebnisse zum Einfluss von Erfahrung und Medium - Anpassung des theoretischen Modells der Teamarbeit

Die generischen beobachtbaren Prozesse der Teamarbeit des Modells wurden in Abbildung 48 durch die leistungssteigernden Verhaltensweisen ersetzt, die in den empirischen Daten entweder bestätigt oder als unerwartete Verhaltensweisen identifiziert wurden. Die Verhaltensweisen, welche keine Unterscheidung der Leistung erlaubten, wurden entfernt. Konkret handelt es sich dabei um die Selektion von Informationen und pro-aktives Kommunizieren. Die untersuchten Faktoren Medium und Erfahrung sowie der nachgewiesene signifikante Einfluss dieser Faktoren auf die Verhaltensweisen wurde farblich hervorgehoben.

Das Kommunikationsmedium hatte einen Effekt auf die Verhaltensweisen, welche eine Anpassung an die dynamische Komplexität der Aufgabe darstellen. Das Kommunikationsmedium wirkte sich speziell auf die Leistung in der Unteraufgabe Konflikterkennung aus. Dieser Einfluss war jedoch von der Adaption der Teams an das jeweilige Medium abhängig. Dabei beeinflusste die Reihenfolge der verwendeten Kommunikationsmedien, ob Teams ihr Kommunikationsverhalten änderten oder nicht. Kommunizierten die Teams zuerst über Chat und dann über Funk tauschten sie mehr Flugdaten früher aus und verhinderten die geplanten Separationsverletzungen. Kommunizierten Teams zuerst über Funk und dann über Chat kommunizierten die Teams signifikant später Flugdaten und die Teams hatten eine signifikant schlechtere Teamleistung und die schlechtesten Leistungskennwerte aller Durchgänge. Bemerkenswert ist dieser Effekt, da die Leistung im ersten Durchgang nicht vom Kommunikationsmedium beeinflusst war.

Der Faktor Erfahrung im Team zeigte nur wenige systematische Einflüsse auf das Kommunikationsverhalten. Erfahrung im Team beeinflusste das Verhalten in der Unteraufgabe

der Konfliktlösung ohne direkt Leistung positiv zu beeinflussen. Die Ergebnisse zeigten, dass neben dem physikalischen Wechsel des Teampartners, bereits das Wissen über eine längerfristige Zusammenarbeit das Teamverhalten beeinflusst, ohne sich jedoch direkt auf die Leistung auszuwirken. Teams, die wussten, dass sie länger zusammenarbeiten, kommunizierten tendenziell signifikant häufiger, dass kein Handlungsbedarf im Team vorliegt und hatten tendenziell signifikant häufiger explizite Kommunikation zu Konfliktlösungen. Der Unterschied nivellierte sich jedoch mit zunehmender realer Erfahrung. Deshalb wird für diese Studie der Einfluss von Erfahrung eher auf der affektiven Ebene und nicht auf der kognitiven Ebene gesehen.

8.2.2 Kommunikationsmedium und der Einfluss der Reihenfolge

Die Ergebnisse in der Studie Kommunikationsmedium replizieren zum einen den bekannten Effekt, dass sich der Aufwand zur Kommunikation (Produktionskosten) auf die Kommunikationshäufigkeit auswirkt. In zeitkritischen Aufgaben führt dies zu einer schlechteren Gesamtleistung. Die Ergebnisse zeigten außerdem, dass der Einfluss des Kommunikationsmediums vom Aufgabentyp abhängt. Wenn Teams Chat zur Kommunikation nutzten, war ihre Leistung in der Unteraufgabe Konflikterkennung schlechter, die Qualität der, im Team getroffenen und umgesetzten, Entscheidungen zur Konfliktlösung war jedoch nicht vom Kommunikationsmedium beeinflusst.

Zum anderen zeigten die Ergebnisse der Studie, dass für die Adaption der Teams an die Kommunikationsmedien die Reihenfolge entscheidend war, in der Teams die Kommunikationsmedien nutzten. Wenn Funken aufgrund geringer Produktionskosten als weniger beanspruchend bezeichnet wird, dann führte der Wechsel von beanspruchenden zu leichten Kommunikationsbedingungen zu einer Verbesserung der Leistung. Der Wechsel von leichten zu beanspruchenden Kommunikationsbedingungen führte zum insgesamt schlechtesten Ergebnis. Im Verhalten zeigte sich, dass diese Teams keine adäquaten Anpassungen ihres Kommunikationsverhaltens vornahmen. Strategien zur Anpassung wären eine stärkere Selektion von Informationen, beziehungsweise eine Kompensation des Zeitbedarfs für Kommunikation über eine frühzeitigere Kommunikation. Da die Teams diese Strategien jedoch nicht erkennbar anwendeten, verfügten sie entweder nicht über die entsprechende Motivation oder Fähigkeiten, oder die Strategien waren den Versuchsteilnehmern nicht intuitiv verfügbar. Diese Hypothese lässt sich nicht allein über die Analyse des Kommunikationsverhaltens beantworten. In der Studie erhielten die Probanden keine Instruktion zur optimalen Nutzung der Kommunikationsmedien, da das unbeeinflusste Verhalten gemessen werden sollte. Der Wechsel des Kommunikationsmediums hat jedoch praktische Relevanz für Teamarbeit in der Domäne Flugsicherung und Luftverkehrsmanagement. Wie in Kapitel 7.1 dargestellt, verwendet das Konzept des Datenlinks zur Kommunikation zwischen Cockpit und Losten textbasierte Kommunikation. Die Teammitglieder sollten über Wissen zu den Einschränkungen des Mediums und entsprechende Strategien verfügen, wie diese kompensiert werden können.

Eine wichtige Fragestellung ist dabei, ob diese Strategien über häufigere Wechsel des Mediums und Rückmeldung zur Leistung erlernt werden können, oder ob dieses Wissen explizit trainiert werden muss. Die Aufgabe „TeamCom“ könnte für die Untersuchung der Fragestellung, ob Teams leistungsförderliche Strategien erlernen, verwendet werden. Die Studie „Kommunikationsmedium“ könnte dahingehend angepasst werden, dass die Reihenfolge des Wechsels als Zwischensubjekt-Faktor konzipiert wird. Zusätzlich sollte der Wechsel mehrfach erfolgen, damit ein Lernprozess stattfinden kann. Jede Kommunikationsbedingung sollte mindestens zweimal durchlaufen werden. Das Design der Studie mit einem Zwischensubjekt-

Faktor „Reihenfolge“ würde eine größere Stichprobengröße der Gruppen erfordern und damit auch den Zeitaufwand zur Datenanalyse erhöhen. Die Kodierung der Kommunikationsdaten könnte jedoch dahingehend vereinfacht werden, dass die spezifischen Metriken für die Unteraufgabe „Konflikterkennung“ aus dem Bereich der Komponenten-Komplexität und der Dynamischen Komplexität erhoben werden. Dies würde die Kodierung des Informationsaustauschs zu den Flugzeugdaten betreffen. Diese Kategorien des Kodier-Schemas konnten sehr reliabel bestimmt werden. Da auch die erwarteten Inhalte der Kommunikationsevents vorab bekannt sind, sollte die Möglichkeit zur automatischen Spracherkennung geprüft werden. Ein mögliches Vorgehen dazu wird in 8.3.3 skizziert. Über diese Studie könnte geprüft werden, ob Teams die Strategien aus eigener Erfahrung lernen. Falls dies nicht der Fall ist, sollte Training für Teams zur Mediennutzung konzipiert werden.

8.2.3 Der Einfluss von gemeinsamer Erfahrung und Teamsetting

Die Ergebnisse der Studie „Erfahrung“ zeigten zum einen, dass sich gemeinsame Erfahrung im Team auf die Verhaltensweisen in der Unteraufgabe Konfliktlösung auswirkt. Zum anderen zeigte sich kein Einfluss der Aufgabenbearbeitung mit demselben Teampartner auf die Teamleistung. Teams mit gemeinsamer Erfahrung und dem Wissen einer längerfristigen Zusammenarbeit hatten eine höhere Variabilität in ihrem Verhalten. Der physikalische Wechsel des Teampartners erzeugte eine höhere Beanspruchung, allerdings zeigten Teams hier auch einen Lerneffekt, so dass der zweite Wechsel keine höhere Beanspruchung erzeugte. Darüber hinaus wirkte sich die Erfahrung in der Aufgabe auf das Verhalten im Bereich der Konflikterkennung aus, unabhängig vom Wechsel des Teampartners.

Die Unterstichproben in der Studie „Erfahrung“ zeigten bereits im ersten Durchgang unterschiedliche Verhaltensweisen. Die Unterstichproben waren zufällig erstellt und unterschieden sich nicht in ihren biographischen Kennwerten. Die Instruktionen enthielten bereits die Information über den Wechsel des Teampartners, aber keine Hinweise zu erwarteten Verhaltensweisen. In der Literatur, speziell im Bereich der Verhandlungen, wird die Aussicht auf längerfristige Beziehungen als ein Einflussfaktor auf Verhalten in Gruppen und Teams genannt, speziell auf die Ausbildung kooperativer Verhaltensweisen (Pruitt & Kimmel, 1977). Teams mit gleichbleibendem Teampartner kommunizierten häufiger explizit, dass kein Handlungsbedarf vorliegt. Diese explizite Analyse erfolgte bei Teams mit wechselndem Teampartner seltener. Die Unterstichproben glichen sich aber mit zunehmender Aufgabenerfahrung in diesem Verhalten an, dass auch Teams mit wechselndem Teampartner diese Informationen kommunizierten. Die Information, dass kein Konflikt vorliegt, scheint demnach relevant für Teams zu sein. Teams können so abklären, dass keiner der Teampartner eine Aktion vornehmen muss. Diese Koordination ist nicht zwingend durch die Anforderungen der Aufgabe bedingt, deshalb kann sie als Teamprozess definiert werden. Das Wissen über die längerfristige Zusammenarbeit motivierte Teams stärker, diese Koordination vorzunehmen.

Außerdem unterschieden sich Teams mit wechselndem und gleichbleibendem Teampartner signifikant in den Ursachen für aufgetretene Separationsverletzungen. Teams mit wechselndem Teampartner kommunizierten im ersten Versuchsdurchgang die Konfliktanalyse für Separationsverletzungen signifikant später. Sie erfolgte im Mittel eine halbe Minute vor den Separationsverletzungen. Da die Implementierung von Lösungen Zeit beansprucht, war bei diesen Teams zu späte Kommunikation über Konfliktlösungen eine Ursache für die aufgetretenen Separationsverletzungen. Teams mit gleichbleibendem Teampartner dagegen hatten eine vergleichbare Anzahl von Separationsverletzungen, die im Vorfeld vom Team diagnostiziert wurde. Allerdings erfolgte bei diesen Teams die Kommunikation zur

Konfliktlösung signifikant früher, nämlich 90 Sekunden vor der Separationsverletzung, so dass ausreichend Zeit für die Umsetzung der Lösung bestand, da die Flugzeuge 20 Sekunden für die Änderung der Höhe benötigten. Die Ursache für die aufgetretenen Separationsverletzungen war also nicht die zu spät erfolgte Diagnose, sondern muss in der anschließenden Umsetzung durch die Teampartner begründet sein. Inwieweit die Aussicht auf eine längerfristige Beziehung mit dem Teampartner dieses Verhalten motiviert, ist nicht durch die Metriken zu klären. Im letzten Versuchsdurchgang hingegen unterschied sich das Verhalten der Teams nicht mehr hinsichtlich des Zeitpunkts der Kommunikation über Konflikte. Auch wenn die Motive für den unterschiedlichen Kommunikationszeitpunkt unklar bleiben, sind die Befunde für die Operationalisierung der Teamerfahrung relevant, da weniger der physikalische Wechsel des Teampartners diese Effekte hervorgerufen hatte, sondern allein die Instruktion.

Zusammenfassend erzeugte die Operationalisierung des Faktors Teamerfahrung durch das mehrmalige Bearbeiten der Aufgabe mit dem gleichen Teampartners nicht den erwarteten Effekt auf Teamleistung. Außerdem verhinderte die generell hohe Variabilität im Verhalten der Teams, dass eindeutige Einflüsse des gleichbleibenden Teampartners auf die weiteren Verhaltensweisen des Rahmenmodells gefunden werden konnten. Die Variabilität im Kommunikationsverhalten der Teams in dieser Studie ist keine Besonderheit der Aufgabe „TeamCom“, sondern wurde bereits in der Literatur berichtet (Stelling, 1999). Der Mehrwert einer Kommunikationsanalyse trotz hoher Variabilität im Verhalten wird detaillierter in Kapitel 8.3.1 diskutiert.

Als eine Maßnahme, um dieser Variabilität gerecht zu werden, kann in zukünftigen Studien eine größere Stichprobe verwendet werden. Aufgrund des hohen Arbeitsaufwands bei der Analyse von Kommunikationsdaten empfiehlt sich aber ein Design, das bei einer ähnlichen Stichprobengröße eine höhere Teststärke erzielt. Ein experimentelles Design mit Messwiederholung ist eine Lösung, durch das die Fehlervarianz zwischen den individuellen Teams berücksichtigt werden kann. Ein solches Design erfordert jedoch eine andere Operationalisierung des Faktors Erfahrung im Team.

Es konnte in der Studie kein Effekt der Wiederholung der Aufgabe mit demselben Teampartner auf die Teamleistung gefunden werden, wobei ein Effekt mittlerer Stärke erwartet wurde. Es zeigte sich auch kein positiver Effekt des gleichbleibenden Teampartners auf die subjektiv empfundene Routine in der Aufgabe, so dass die Wirksamkeit der Manipulation nicht hinreichend gegeben ist. Die Instruktion, dass die Zusammenarbeit längerfristig sein wird, hatte aber einen Effekt auf die Frühzeitigkeit der Kommunikation von Konfliktlösungen. Eine Erklärung für den fehlenden Effekt der Teamerfahrung ist der Aufgabentyp der Studie „TeamCom“. Denn Kim (1997) konnte mit einer nahezu identischen Manipulation der Erfahrung entsprechende Effekte der Teamerfahrung bei einer 45-minütigen Aufgabe finden. Die Stichprobengröße lag in dieser Studie bei 12 Teams pro Versuchsbedingung, in der Studie „TeamCom“ lag die Stichprobengröße bei 14 Teams. Im Unterschied zur Versuchsaufgabe „TeamCom“ untersuchte diese Studie allerdings das Kommunikationsverhalten von Planungsteams und die Bereitschaft, individuelle Informationen in eine Gruppendiskussion einzubringen. In der Aufgabe „TeamCom“ gab es keine direkte Unterscheidung in individuelle und gemeinsame Informationen, da alle Daten zu den Flugzeugen jeweils nur individuell bei den Teammitgliedern vorlagen.

Eine weitere Erklärung für den fehlenden Effekt ist die gewählte Operationalisierung der Teamerfahrung. In der Literatur zu Aktionsteams wird der positive Einfluss von gemeinsamer Erfahrung im Team durch das stärkere „Grounding“ der Teams durch die Ausbildung adäquater

mentaler Modelle über den Teampartner und die Aufgabe angenommen. In der Studie von Kim (1997) erhielten die Teams in der Bedingung mit Teamerfahrung ergänzend eine allgemeine Rückmeldung über ihren Erfolg in der Aufgabe. In der Versuchsaufgabe „TeamCom“ gab es keine zusammenfassende Rückmeldung durch die Versuchsleiter. Allerdings erhielten die Teampartner bereits in der Aufgabe automatisiert Rückmeldung, wenn Separationsverletzungen auftraten. Darüber konnten Teams den Erfolg ihrer Maßnahmen zum Verhindern von Separationsverletzungen lernen. Außerdem konnten sie prinzipiell das Verhalten ihres Teampartners kennenlernen und entsprechende Erwartungen über den Teampartner aufbauen Dennoch scheinen diese Möglichkeiten zum Lernen nicht zu einem tatsächlichen Lernen beziehungsweise Aufbau von Erfahrung als Team zu führen.

Zusammenfassend betrachtet wird für Folgestudien deshalb eine veränderte Operationalisierung von Erfahrung vorgeschlagen, welche spezifisch auf den Aufbau gemeinsamer mentaler Modelle fokussiert. So könnte gemeinsame Erfahrung nicht über gemeinsame Bearbeitung der Aufgabe „TeamCom“ operationalisiert werden, sondern über gemeinsame Bearbeitung einer anderen Aufgabe zur Teamentwicklung, die der eigentlichen Leistungsmessung vorangestellt wird. Die Vergleichsgruppe ohne gemeinsame Erfahrung könnte diese Aufgaben entweder nicht oder individuell bearbeiten. Eine Möglichkeit für eine gemeinsame Aufgabe ist der Wissenstest, welcher in der Studie im Anschluss an die Instruktionen erfolgte. Teams mit gemeinsamer Erfahrung könnten diesen Wissenstest gemeinsam an einem Arbeitsplatz bearbeiten. Außerdem könnten sie das Training der Aufgabe mit vorhandenem Sichtkontakt und Sicht auf den Bildschirm des Teampartners absolvieren. Allerdings muss dabei sichergestellt werden, dass die Teams dennoch das notwendige Wissen über die Bedienung der Funkkommunikation erlangen. Außerdem sollten Teams für den Wechsel in den anderen Kommunikationsmodus entsprechende Strategien zur Adaption erhalten.

Zusätzlich könnte ein allgemeines Feedback zur Aufgabenbearbeitung konzipiert werden. Eine Möglichkeit ist, im Anschluss an die Simulation die Anzahl der Separationsverletzung einzublenden sowie eine Information über die typische, mittlere Leistung. In der Kontrollbedingung könnte jedes Teammitglied dieses Feedback individuell erhalten. In der Bedingung mit Teamerfahrung wird den Teammitgliedern das Feedback auf einem gemeinsamen Bildschirm dargeboten und die Teampartner erhalten die Möglichkeit, dieses Feedback gemeinsam zu besprechen. Dabei können die Teams konstant gehalten werden, so dass ein Versuchsdesign mit Messwiederholung möglich ist. Zusätzlich sollte kontrolliert werden, ob diese Maßnahmen auf die Ähnlichkeit der mentalen Modelle wirken, da die Beobachtung des Kommunikationsverhaltens nur indirekte Rückschlüsse auf die kognitiven Konstrukte erlaubt. Dieser Ansatz wird in Kapitel 8.3.1 weiter beschrieben.

8.3 Ausblick auf den weiteren Einsatz von Kommunikationsanalyse zur Bewertung von Teamarbeit

Abschließend werden die Erkenntnisse zur Kommunikationsanalyse als Methode zur Bewertung von Teamaufgaben gesammelt und diskutiert. Im Vordergrund steht dabei die Frage, welchen Mehrwert die Analyse des Kommunikationsverhaltens im Vergleich zum Aufwand der Datenaufbereitung und Datenanalyse hat. Aus diesem Grund wird zuerst eine Einordnung vorgenommen, welche Erkenntnisse die Kommunikationsanalyse nach dem hier verwendeten Verfahren liefern kann. Da das in der Arbeit entwickelte und angewendete Verfahren zukünftig für High-Fidelity-Simulationen verwendet werden soll, erfolgt abschließend die Betrachtung, wie dieser Einsatz zu bewerten ist und welche Anpassungen empfohlen werden. Spezifisch werden die Optionen für eine Teil-Automatisierung der Datenauswertung diskutiert.

8.3.1 Grenzen des Ansatzes – Nachweis impliziter Koordination

Unabhängig von der Leistung wichen Teams von der expliziten Koordination ab, welche die prototypische Sequenz der Aufgabenbearbeitung annahm. Nur die Hälfte der beobachteten Phasenwechsel in der Aufgabenbearbeitung entsprach diesem prototypischen Vorgehen. In der Aufgabe Konflikterkennung hatten Teams, gegenüber dem erwarteten, einen gesteigerten Kommunikationsbedarf und zeigten Verhaltensweisen eines aktiven Monitorings. Im Vergleich dazu kommunizierten Teams in der Unteraufgabe der Konfliktlösung weniger explizit als erwartet. Dieses Verhalten könnte als implizite Koordination in den Teams gedeutet werden. In der Literatur wird implizite Koordination als ein spezifisches Verhalten von Teams mit ausgeprägten mentalen Modellen genannt (Entin & Serfaty, 1999). Das Nicht-Kommunizieren erwarteter Kommunikationshalte kann als eine Form impliziter Koordination bezeichnet werden. Dies kann als Effizienzgewinn interpretiert werden, indem die Aufgabenlast der Kommunikation reduziert wird und die Lösung schneller umgesetzt wird. Allerdings prüft die Metrik nicht, ob es sich um ein bewusstes oder unbewusstes Auslassen der prototypisch geforderten Interaktion handelt.

Eine Möglichkeit für Teams den Koordinationsaufwand zu reduzieren, ist das Vereinbaren von Strategien. Diese Kategorie war für die Kodierung der Kommunikationsdaten vorgesehen. Aufgrund geringer Häufigkeiten wurde für diese Kategorie keine ausreichende Objektivität in der Kodierung erreicht. Es liegt in der Natur einer Strategie, dass sie nur einmal kommuniziert wird und danach angewendet wird. Verfahren der Datenauswertung, welche auf häufigen beziehungsweise wiederholten Verhaltensmustern aufbauen, erfassen nur ungenau einzelne Ereignisse, die im weiteren Verlauf aber Einfluss auf viele andere Ereignisse haben können. Die Inhaltskategorie Lösungsfindung wurde in den Datensätzen für die Auswertung nicht von Interaktionen zur Situationsanalyse beziehungsweise Rückmeldungen zur Lösung getrennt, um eine hinreichende Reliabilität zu erhalten. Dies kann auch als ein Indikator gesehen werden, dass Teams in diesen Kategorien nicht explizit kommunizierten.

Das Rahmenmodell setzt auf einem rationalen Entscheidungsfindungsprozess im Team auf. Aus der Literatur ist jedoch bekannt, dass das beobachtbare Verhalten von Experten in realistischen Aufgaben von diesen Prozessen abweicht. Auch das Leitermodell der (rationalen) Entscheidungsfindung von Rasmussen sieht Abkürzungen im Entscheidungsprozess bereits vor (Rasmussen & Goodstein, 1985), welche durch Erfahrung und Expertise begründet werden. Eine Abkürzung wäre dabei, dass Teammitglieder ausgehend von der gemeinsamen Überwachung des Lufttraums, ihre eigene Situationsanalyse nicht explizit kommunizieren, sondern direkt eine Aufgabe definieren und diese als Lösungsoption kommunizieren. Dadurch, dass eine Lösung formuliert wird, kann geschlossen werden, dass das Teammitglied einen Konflikt identifiziert hat. Der Schritt „Situationsanalyse“ würde also im beobachtbaren

Verhalten übersprungen werden. Wenn sich Teams Strategien der Lösungsfindung erarbeitet haben, können sie prinzipiell die Phasen der Lösungsfindung und der Rückmeldung ohne Kommunikation durchführen oder überspringen, da jedes Teammitglied bereits verbindlich weiß, was es und der Teampartner in diesem Fall zu tun hat.

Allerdings können Abweichungen auch aufgrund fehlender Bereitschaft zur Teamarbeit oder fehlenden Wissens über den Abstimmungsbedarf auftreten. Diese Motive können jedoch nicht aus dem Verhalten abgeleitet werden, sondern müssen ergänzend über Fragebögen oder subjektive Bewertung der Teamarbeit abgeleitet werden. In den Ergebnissen der Studien gibt es keine Anhaltspunkte, dass die Versuchspersonen mit der Lösungsfindung per se unzufrieden waren.

Speziell für die Überprüfung, ob Formen impliziter Koordination bewusst verwendet wurden, ist die Beobachtung des Verhaltens allein nicht ausreichend. Ergänzend sollten Fragebögen zur Erfassung der mentalen Modelle der Teampartner verwendet werden. Als eine Messmethode um die Ähnlichkeit der Wissensstrukturen zwischen Individuen zu bestimmen, werden Karten-Sortier-Tests vorgeschlagen (Smith-Jentsch et al., 2001). Dabei sortieren die Probanden verschiedene Aussagen über positive und negative Verhaltensweisen im Bereich Teamarbeit zu Clustern. Die Ergebnisse der Sortierung werden in Form einer Matrix abgespeichert. In dieser Form können Ähnlichkeitsmaße für die Sortierung der zwei Teampartner gebildet werden.

8.3.2 Mehrwert der Analyse von Teamkommunikation in Human-Factors-Studien

Die Ergebnisse dieser Arbeit zeigen, dass sich Teams mit guter Leistung in einer Lotsenaufgabe frühzeitiger aufgabenrelevante Informationen kommunizierten und sich darin im Kommunikationsverhalten von Teams mit schlechter Leistung unterscheiden. Die identifizierten Metriken sind in Tabelle 33 dargestellt. Die Ergebnisse zeigten, dass leistungsstarke Teams frühzeitiger relevante Daten der Aufgabe austauschten und auch früher Probleme mit Handlungsbedarf kommunizierten. Außerdem kommunizierten diese Teams frühzeitiger ihre Absichten und gaben häufiger Rückmeldungen.

Außerdem konnten mit Hilfe der Kommunikationsanalyse Annahmen über den Einfluss des Kommunikationsmediums sowie zur Fähigkeit von Teams zur Adaption belegt werden. Weiterhin zeigten die Ergebnisse, dass pro-aktiver Informationsaustausch nicht in jeder Teamaufgabe eine geeignete Metrik ist, um gute von schlechten Teams zu unterscheiden. Durch die Analyse des Kommunikationsverhaltens können also aus der Theorie und Fallstudien generierte Annahmen über gute und schlechte Teamarbeit geprüft werden.

Die Erkenntnisse der Studien mit der Aufgabe „TeamCom“ verdeutlichten, dass rein quantitative Maße zur Kommunikationshäufigkeit und –dauer gute und schlechte Teams nicht unterscheiden, beziehungsweise deren Leistung nicht erklären konnten. Eine Annahme, dass gute Teamarbeit viel Kommunikation erfordert, ist nicht zwangsläufig korrekt und als Metrik nicht ausreichend. Bei der Studie zum Kommunikationsmedium zeigte sich der erwartete Effekt, dass die Interaktionshäufigkeit beim Nutzen von Chat zurückgeht. Speziell der Effekt, den die Reihenfolge der Kommunikationsmedien auf die Leistung der Teams hatte, kann durch eine Analyse der Teamkommunikation besser verstanden werden. Durch die Analyse der Teamkommunikation kann ein Bezug zu der Art und Weise, wie das Team die Aufgabe unter den Kommunikationsbedingungen bearbeitet, hergestellt werden.

Für den Forschungsbereich Human Factors hat die Analyse der Teamkommunikation deshalb einen Mehrwert, wenn neue Konzepte entwickelt werden, welche die Arbeit von Teams

beeinflussen. Mit der Analyse kann beispielsweise bestimmt werden, in welchen Bereichen Teams einen höheren Informationsbedarf haben als angenommen. Außerdem kann erfasst werden, bei welchen Aufgaben der Kommunikationsbedarf geringer als erwartet ist und ob hier aus Gründen der Sicherheit Gegenmaßnahmen notwendig sind. Diese Fragestellungen sind für Human Factors Studien relevant, welche bereits in frühen Phasen der Konzeptentwicklung durchgeführt werden. In dieser Arbeit war die Verhaltensweise „Aktives Monitoring“ unerwartet, das heißt Teams mit guter Leistung kommunizierten sehr früh und sehr häufig Veränderungen an der gemeinsamen Aufgabe, ohne dass zu diesem Zeitpunkt sicher war, dass diese Veränderungen eine Aktion des Teams erforderten. Diese Verhaltensweise konnte über die entsprechenden Metriken jedoch über beide Studien hinweg durchgängig als ein typisches Verhalten von Teams identifiziert werden. Teams sahen offensichtlich einen Mehrwert darin, die Überwachungsaufgabe stärker gemeinsam zu bearbeiten, als angenommen und als zwingend nötig.

Der Mehrwert des Verfahrens wird darin gesehen, dass Aufgabenmodelle und Hypothesen zu guter Teamarbeit objektiv überprüft werden können. Für die Zusammenarbeit von Mensch und Maschine wurde die Metapher geschaffen, dass diese als Team zusammen arbeiten sollen. Eine Fragestellung ist, ob Teampartner diese Verhaltensweise auch von einer Automatisierung als Teampartner im Sinne guter Teamarbeit erwarten. Aktives Monitoring übersetzt auf ein Mensch-Maschine-System würde bedeuten, dass sich sowohl Mensch als auch Maschine gegenseitig über Veränderungen und neue Aufgaben informieren, obwohl diese nicht zwangsläufig eine Reaktion beider Partner benötigen. Eine Herausforderung liegt hier sicherlich darin, die Balance zwischen ausreichender und überfordernder Informationsmenge zu finden.

8.3.3 Optionen zur Automatisierung der Datenaufbereitung

Ein hoher Zeitaufwand bei der Datenaufbereitung verhindert, dass ein Messverfahren häufig verwendet wird. Für die vorliegende Arbeit wurden leistungsfördernde und leistungsmindernde Verhaltensweisen von Teams mit Hilfe der Analyse von Kommunikationsdaten analysiert. Dafür erfolgte eine Inhaltsanalyse und Kodierung von insgesamt 141 Datensätzen mit einer Länge von jeweils 30 Minuten. Dies entspricht 70 Stunden Interaktionsdaten. Diese Datensätze enthielten zwischen 41 und 429 Kommunikationsevents mit einer Gesamtdauer von minimal 78 und maximal 1745 Sekunden. Diese Daten zeigen die hohe Variabilität im Kommunikationsverhalten der Teams.

Quantitative Maße zur Kommunikationshäufigkeit, Kommunikationsdauer und Gesprächssituationen konnten auf Basis der automatisch erfassten Kommunikationsevents berechnet werden. Der Arbeitsaufwand für diese Metriken war gering. Allerdings konnten diese Maße nicht das Verhalten von Teams mit guter und schlechter Leistung unterscheiden. Leistungsrelevante Metriken erforderten, dass die Kommunikationsevents einen Bezug zur Aufgabe enthielten. Ein wichtiges Merkmal, sowohl für die Verhaltensweise „Aktives Monitoring“ und der Zeitabstand einer Konfliktlösung zur eigentlich Separationsverletzung, ist die Information, auf welches Luftfahrzeug beziehungsweise welches Objekt der Aufgabe sich die Kommunikation bezieht.

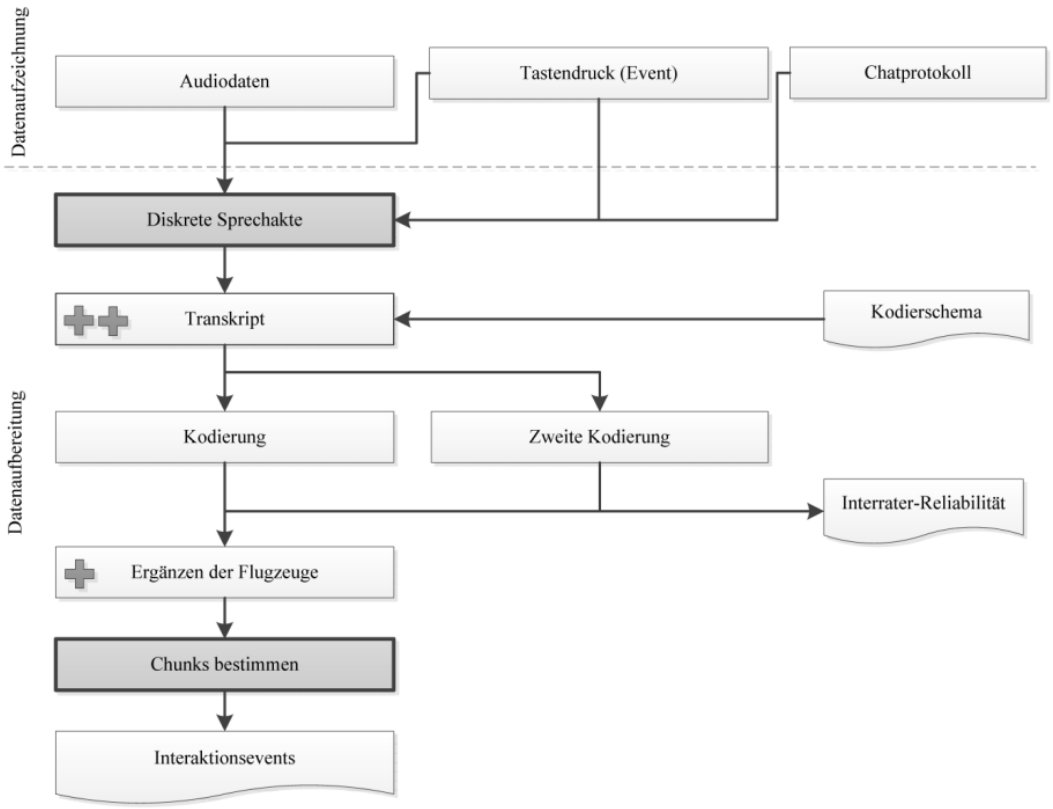


Abbildung 49 Workflow der Datenaufbereitung. Automatisierte Prozesse sind fett umrandet, Prozesse mit Potential für die Automatisierung sind mit einem Plus gekennzeichnet.

Der Arbeitsaufwand für die Kodierung der transkribierten Daten lag ungefähr bei einem Verhältnis von 1:3. Um die Objektivität der Metriken zu gewährleisten, wurden die Datensätze außerdem von zwei Personen kodiert. In Abbildung 49 ist der Ablauf der Datenaufbereitung dargestellt, wobei hier die bereits automatisierten Prozesse fett umrandet sind. Die Arbeitsschritte Transkription, Kodierung und Ergänzen der Flugzeuge erfolgten manuell.

Im Bereich der Transkription kann Spracherkennungssoftware verwendet werden um aus der Sprache der Teammitglieder Text zu generieren. Aktuell verfügbare Lösungen, wie die Spracherkennung von Google, erfordern dabei, dass die Sprachdaten cloudbasiert verarbeitet werden. Hier müssen die Anforderungen an den Datenschutz geprüft werden. Der Zeitaufwand muss abgeschätzt werden, welcher durch die Überprüfung und gegebenenfalls Korrektur falsch erkannter Sprache entsteht.

Die Zuordnung der transkribierten Events zu inhaltlichen Kategorien kann automatisiert werden, sofern dies auf formalen Aspekten der Events oder auf bestimmten Schlüsselwörtern erfolgt. In dem Kodierschema waren bereits Schlüsselwörter für Kategorien enthalten. So können für die Aufgabe „TeamCom“ die Himmelsrichtungen, wie „Osten“ als Schlüsselwörter für Informationen zur Flugroute verwendet werden. Die verwendeten Schlüsselwörter sind im Anhang C in Tabelle 38 zu finden. Je stärker der Kommunikationsablauf standardisiert ist, desto höher ist das Potential für eine Automatisierung der Kodierung.

Eine Herausforderung in der Bestimmung des Kommunikationsinhalts ist, dass die Versuchsteilnehmer nicht immer in dem eigentlichen Kommunikationsevent den Bezeichner des Flugzeuges nannten. In der Phraseologie zwischen Pilot und Lotse ist es vorgeschriebene, dass das Rufzeichen des Flugzeuges immer genannt wird. Da in der Studie ein Laiensample die Daten generierte, trat diese Schwierigkeit auf. Ein typisches Muster war, dass in der Frage die

Bezeichnung enthalten war. In der Antwort, die sich darauf bezog, wurde der Bezeichner weggelassen, stattdessen verwies der Artikel „der“ auf das Flugzeug: „Welche Höhe hat LH12?“ – Antwort „Der hat 210“. In diesem Beispiel enthält der Kontext des Kommunikationsevents „Der hat 210“ die notwendigen Informationen, um das Objekt der Aufgabe zu bestimmen. Hier wäre die Annahme, dass sich das Event, wenn es auf eine Frage folgt, eine Antwort ist und sich auch der Inhalt beider Events auf das gleiche Objekt bezieht.

Zusätzlich können Hypothesen zum Gesprächsinhalt über die Verkehrssituation generiert werden. Diese Hypothesen können die Genauigkeit einer automatisierten Spracherkennung erheblich steigern (Kleinert et al., 2017). Ein erster Ansatz ist, eine Liste aller aktiven Flugzeuge, die sich gerade im Luftraum befinden, zu generieren. Die Hypothese wäre dann, dass sich das Kommunikationsevent auf eines dieser Flugzeuge bezieht. Die Verhaltensweise „Aktives Monitoring“ zeichnete sich dadurch aus, dass die Teammitglieder kurz nach Erscheinen der Flugzeuge auch über diese kommunizierten. Deshalb kann zusätzlich die Zeitdifferenz zwischen Kommunikationsevent und Eintrittszeit des Flugzeugs genutzt werden, um neue Flugzeuge zu ermitteln. Die Wahrscheinlichkeit wäre hoch, dass sich das Kommunikationsevent auf eines dieser Flugzeuge bezieht. Zusätzlich können weitere Datenlogs, wie Blickziele oder Benutzereingaben verwendet werden, um solche Hypothesen zu generieren. Das Potential, die Aufbereitung der Sprachdaten weiter zu automatisieren, wird als hoch eingeschätzt. Dabei sollte ein Zeitaufwand angestrebt werden, der nicht mehr bei 1:3 sondern eher bei 1: 0.3 oder kleiner liegt. Damit steigt auch die Gebrauchstauglichkeit des Analyseverfahrens, so dass häufiger Kommunikationsanalysen verwendet werden, um noch besser zu verstehen, wie gute Teams miteinander arbeiten.

8.3.4 Schlussfolgerung

Die Ergebnisse dieser Arbeit tragen dazu bei, die Forschungslücke im Bereich Teamarbeit zwischen den existierenden theoretischen Modellen und der Bewertung operationeller Konzepte von Teamarbeit in Anwendungsfeldern, wie der Flugsicherung, zu schließen. Die Arbeit stellt ein Vorgehen dar, mit dem die Merkmale des Kommunikationsverhaltens guter und schlechter Teams identifiziert wurden. Dafür wurden aus einem Kommunikationsrahmenmodell für eine Lotsenaufgabe objektive Metriken abgeleitet und auf empirische Daten angewendet. Die Studien replizierten Befunde, dass Teams mit guter Leistung häufiger Rückmeldungen kommunizieren. Außerdem wirken sich die Produktionskosten für Kommunikation auf die Häufigkeit aus, mit der Teams kommunizieren. In der Lotsenaufgabe ist insbesondere der Zeitbezug kommunizierter Informationen und Inhalte zur bestehenden Aufgabe eine geeignete Metrik, um Teams mit guter und schlechter Leistung zu unterscheiden. Für Teams, deren Aufgabe abstrahiert darin besteht gemeinsam Entscheidungen zu treffen und umzusetzen in einer dynamischen, komplexen Umgebung, die Koordination der einzelnen Handlungen erfordert, kann die Qualität der Zusammenarbeit anhand des Zeitpunkts der Kommunikation von Inhalten bewertet werden.

Zum anderen zeigten die empirischen Ergebnisse auch unerwartete Befunde. So war pro-aktive Kommunikation keine geeignete Metrik, um gute und schlechte Teams zu unterscheiden. Dieses Ergebnis ist überraschend, da in diesem Merkmal guter Teamkommunikation große Einigkeit in der Literatur besteht. Außerdem konnte kein positiver Einfluss von Informationsselektion auf die Leistungsfähigkeit der Teams nachgewiesen werden. Diese Befunde zeigen, dass weiterer Forschungsbedarf darin besteht, theoretische Annahmen über Merkmale guter Teamarbeit an realen Verhaltensdaten zu überprüfen. Diese Arbeit zeigte auf, wie durch die Analyse der Teamaufgabe erwartetes Kommunikationsverhalten abgeleitet und für die Bewertung von

Teamarbeit verwendet werden kann. Aufgrund der Möglichkeit zur Automatisierung einzelner Arbeitsschritte der Datenanalyse besteht das Potential, den Zeitaufwand der Datenaufbereitung zur Bestimmung der Metriken zu minimieren. Die Erkenntnisse aus dieser Arbeit können die Grundlage dafür sein, die Analyse der Teamkommunikation hinsichtlich der Fragestellung „Werden die relevanten Informationen zum richtigen Zeitpunkt kommuniziert“ als Bewertungsmaßstab für Teamarbeit zu etablieren.

REFERENZEN

4Players GmbH. (n.d.). Teamspeak 3 Client 64bit für Windows Eingesehen 01.06.2014, unter http://www.teamspeak.de/download/

Aalst, W. M. P. v. d. (2011). *Process Mining: Discovery, Conformance and Enhancement of Business Processes*. Heidelberg: Springer

Adams, S. J., Roch, S. G., & Ayman, R. (2005). Communication Media and Member Familiarity: The Effects on Decision Time, Accuracy, and Satisfaction *Small Group Research, 36*(3), 321-353.

Anderson, J. R. (2001). *Kognitive Psychologie 3. Auflage*. Heidelberg, Berlin: Spektrum Akademischer Verlag.

Annett, J. (1996). Recent Developments in Hierarchical Task Analysis. In S. A. Robertson (Ed.), *Contemporary ergonomics* (pp. 262-268). London: Taylor & Francis.

Annett, J. (2004). Hierarchical Task Analysis. In D. Diaper & N. A. Stanton (Eds.), *The Handbook of Task Analysis for Human-Computer Interaction* (pp. 67-82). Mahwah, New Jersey: Lawrence Erlbaum Associates.

Annett, J., & Cunningham, D. (2000). Analyzing Team Command Skills. In J. M. Schraagen, S. F. Chipman & V. L. Shalin (Eds.), *Cognitive Task Analysis* (pp. 401-416). Mahwah, NJ: Lawrence Erlbaum Associates.

Annett, J., Cunningham, D., & Mathias-Jones, P. (2000). A method for measuring team skills. *Ergonomics, 43*(8), 1076 - 1094.

Badke-Schaub, P. (2008). Handeln in Gruppen. In P. Badke-Schaub (Ed.), *Human Factors: Psychologie sicheren Handelns in Risikobranchen* (pp. 113 - 130). Heidelberg: Springer Medizin.

Badke-Schaub, P., Neumann, A., Lauche, K., & Mohammed, S. (2007). Mental models in design teams: a valid approach to performance in design collaboration? *CoDesign, 3*(1), 5 -20.

Bales, R. F. (1951). *Interaction Process Analysis. A Method for the Study of Small Groups* (2 ed.). Cambridge, MA: Addison-Wesley Press.

Bales, R. F. (1955). The Equilibrium Problem in Small Groups. In A. P. Hare (Ed.), *Small Groups: Studies In Social Interaction* (pp. 424 - 456): Books by Alumni.

Baltes, B. B., Dickson, M. W., Sherman, M. P., Bauer, C. C., & LaGanke, J. S. (2002). Computer-Mediated Communication and Group Decision Making: A Meta-Analysis. *Organizational Behavior and Human Decision Processes, 87*(1), 156-179.

Bellorini, A., & Vanderhaegen, F. (1995). *Communication and Cooperation Analysis in Air Traffic Control*. Paper presented at the The 8th International Symposium on Aviation Psychology, Columbus, Ohio U.S.A. http://www.magisterludi.com/public_html/aviation/publications/pdf/art2.pdf

Birkmeier, B., Korn, B., & Flemisch, F. O. (2011). *First Findings on the Controller's Mental Model in Sectorless Air Traffic Management* Paper presented at the 30th Digital Avionics Systems Conference, Seattle.

Birkmeier, B., Tittel, S., & Korn, B. (2016, 19 - 21 April 2016). *Controller Team Possibilities for Sectorless Air Traffic Management.* Paper presented at the Integrated Communications Navigation and Surveillance (ICSN) Confernece, Herndon, VA, USA.

Bolstad, C. A., & Cuevas, H. M. (2010). Integrating Situation Awareness Assessment Into Test and Evaluation. *ITEA, 31*, 240 - 246.

Bowers, C. A., Urban, J. M., & Morgan, B. B. J. (1992). The Study of Crew Coordination and Performance in Hierarchical Team Decision Making (D. o. Psychology, Trans.). Orlando: University of Central Florida.

Bowers, C. A., Weaver, J. L., & Barnett, J. (1998, 20-22 April 1998). *Empirical validation of the SALIANT methodology.* Paper presented at the RFO HFM Symposium of Collaborative Crew Performance in Complex Operational Systems, Edinburgh.

Bruder, C., Eißfeldt, H., Maschke, P., & Hasse, C. (2013, September). *Differences in Monitoring between Experts and Novices.* Paper presented at the Proceedings of the Human Factors and Ergonomics Society Annual Meeting, San Diego.

Burke, C. S. (2005). Team Task Analysis. In N. A. Stanton, A. Hedge, K. Brookhuis, E. Salas & H. Hendrick (Eds.), *Handbook of Human Factors and Ergonomics Methods* (pp. 56.51-56.58). London: CRC.

Bürki-Cohen, J. (1995). An Analysis of Tower (Ground) Controller - Pilot Voice Communications (V. N. T. S. C. Research and Special Programs Adminsitration, Trans.). Washington: Federal Aviation Administration.

Card, S. K., Moran, T. P., & Newell, A. (1983). *The Psychology of Human-Computer Interaction*. Hillsdale, London: Lawrence Erlbaum Associates.

Clark, H. H., & Brennan, S. E. (1991). Grounding in Communication. In L. B. Resnick, J. M. Levine & S. D. Teasley (Eds.), *Perspectives on Socially Shared Cognition*. Washington D.C: American Psychological Association.

Controller Pilot Data Link Communications (CPDLC). (n.d.). *Skybrary* Eingesehen 03.02.2018, unter https://www.skybrary.aero/index.php/Controller_Pilot_Data_Link_Communications_(CPDLC)#Expected_Benefits_of_CPDLC

Cooke, N. J., Gorman, J. C., Myers, C. W., & Duran, J. L. (2013). Interactive Team Cognition. *Cognitive Science, 37*, 255-285.

Cooke, N. J., Salas, E., Cannon Bowers, J. A., & Stout, R. J. (2000). Measuring Team Knowledge. *Human Factors, 42*, 151-173.

Cooke, N. J., Stout, R. J., & Salas, E. (2001). A knowledge eliciation approach to the measurement of team situation awareness. In M. McNeese, E. Salas & M. Endsley (Eds.), *New Trends in Cooperative Actitivies: Understanding System Dynamics in Complex Environments* (pp. 114 - 139). Santa Monica, CA: Human Factors and Ergonomics Society.

Degani, Y., & Zamir, Y. (2001). US Patent No.: V. Ltd.

Dehn, D. M. (2008). Assessing the Impact of Automation on the Air Traffic Controller: The SHAPE Questionnaires. *Air Traffic Control Quarterly, 16*(2), 127-146.

Dickinson, T. L., & McIntyre, R. M. (1997). A Conceptual Framework for Teamwork Measurement. In M. T. Brannick, E. Salas & C. Prince (Eds.), *Team Performance Assessment and Measurement: Theory, Methods, and Application* (pp. 19 - 44). Mahwah, NJ: Lawrence Erlbaum.

Dietrich, R., & Patrick, G. (2003). The Organisation of Coherence in Oral Communication. In R. Dietrich (Ed.), *Communication in High Risk Environments* (pp. 103 - 125). Hamburg: Buske.

Dittmann, A., Kallus, K. W., & Van Damme, D. (2000). Integrated Task and Job Analysis of Air Traffic Controllers - Phase 3: Baseline Reference of Air Traffic Controller Tasks and Cognitive Processes in the ECAC Area (H. F. a. M. Unit, Trans.): Eurocontrol.

Domeinski, J., Wagner, R., Schöbel, M., & Manzey, D. (2007). Human Redundancy in Automation Monitoring: Effects of Social Loafing and Social Compensation. *Proceedings of the Human*

Factors and Ergonomics Society Annual Meeting, 51(10), 587-591. doi: 10.1177/154193120705101004

Dong, W. (2010). *Modeling the Structure of Collective Intelligence.* Doctor of Philosophy, Massachusetts Institute of Technology, Massachusetts.

Dongen, B. F. v., Medeiros, A. K. A. d., Verbeek, H. M. W., Weijters, A. J. M. M., & Van der Aalst, W. M. P. (2005). *The ProM Framework: A New Era in Process Mining Tool Support.* Paper presented at the Lecture Notes on Computer Science.

Dwyer, D. J., Fowlkes, J., Oser, R. L., Salas, E., & Lane, N. E. (1997). Team Performance Measurment in Distributed Environments: The TARGETS Methodology. In M. T. Brannick, E. Salas & C. Prince (Eds.), *Team Performance Assessment and Measurement: Theory, Methods, And Applications* (pp. 137 - 154). Mahwah, NJ.: Lawrence Erlbaum.

Endsley, M. (1995). Toward a Theory of Situation Awareness in Dynamic Systems. *Human Factors, 37*(1), 32-64.

Entin, E. E., & Serfaty, D. (1999). Adaptive Team Coordination. *Human Factors: The Journal of the Human Factors and Ergonomics Society, 41*(2), 312-325. doi: 10.1518/001872099779591196

Espinosa, A. J., Lerch, F. J., & Kraut, R. E. (2004). Explicit Versus Implicit Coordination Mechanisms and Task Dependencies: One Size Does Not Fit All. In E. Salas & S. M. Fiore (Eds.), *Team Cognition: Understanding the Factors That Drive Process and Performance*: American Psychological Association.

EUROCONTROL. (2008, 26.04.2010). The SHAPE Questionnaires Eingesehen, unter http://www.eurocontrol.int/humanfactors/public/standard_page/SHAPE_Questionnaires.html

Farley, T. C., Hansman, J. R., Endsley, M., Amonlirdviman, K., & Vigeant-Langlois, L. (1998). *The Effect of Shared Information on Pilot/Controller Situation Awareness and Re-Route Negotiation*. Paper presented at the FAA & Eurocontrol ATM Seminar. http://209.238.175.8/Papers/pdf/FAAEuroATM98SharedSA.pdf

Fischer, U., McDonnell, L., & Orasanu, J. M. (2007). Linguistic Correlates of Team Performance: Toward A Tool for Monitoring Team Functioning During Space Missions. *Aviation, Space and Environmental Medicine, 78*(1), B86-B95.

Fischer, U., & Orasanu, J. M. (1999). *Say it again, Sam! Effective communication strategies to mitigate pilot error.* Paper presented at the Proceedings of the 10th International Symposium on Aviation Psychology, Columbus, OH.

Fiske, J. (2011). *Introduction to Communication Studies* (3 ed.). New York: Routledge.

Fletcher, T. D., & Major, D. A. (2006). The Effects of Communication Modality on Performance and Self-Ratings of Teamwork Components. *Journal of Computer-Mediated Communication, 11*, 557-576.

Focault, M. (2010). *Die Ordnung des Diskurses* (Vol. 11). Frankfurt a.M.: Fischer Taschenbuch Verlag.

Fowlkes, J. E., Lane, N. E., Salas, E., Franz, T., & Oser, R. L. (1994). Improving the measurement of team performance:The TARGETs methodology. *Military Psychlogy, 6*(1), 47-61.

Furuta, K., Soraji, Y., Kanno, T., Aoyama, H., Karikawa, D., & Takahashi, M. (2009). Analysis of Team Communication and Collaboration in En-Route Air Traffic Control. In G. Salvendy & M. J. Smith (Eds.), *Human Interface and the Management of Information: Information and Interaction: Human Computer Interface 2009 Part II* (pp. 758 - 765). Berlin: Springer.

Futoran, G. C., Kelly, J. R., & McGrath, J. E. (1989). TEMPO: A Time-based System for Analysis of Group Interaction Process. *Basic and Applied Social Psychology, 10*(3), 211-232.

Gamer, M., Fellows, I., & Singh, P. (2012). Various Coefficients of Interrater Reliability and Agreement (Version 0.84). Retrieved from https://cran.r-project.org/web/packages/irr/irr.pdf

Gianazza, D. (2017). *Learning Air Traffic Controller Workload from Past Sector Operations*. Paper presented at the 12th ATM Research and Development Seminar Seattle, WA. http://www.atmseminarus.org/seminarContent/seminar12/papers/12th_ATM_RD_Seminar_paper_37.pdf

Ginnett, R. C. (2010). Crews as Groups: Their Formation and their Leadership. In B. Kanki, G., R. L. Helmreich & J. Anca (Eds.), *Crew Ressource Management* (2nd ed., pp. 79 - 110): Elsevier.

Gorman, J. C., Cooke, N. J., & Winner, J. L. (2006). Measuring team situation awareness in decentralized command and control environments. *Egonomics, 49*(12), 1312-1325. doi: 10.1080/00140130600612788

Graetz, K. A., Boyle, E. S., Kimble, C. E., Thompson, P., & Garloch, J. L. (1998). Information Sharing in Face-to-Face, Teleconferencing, and Electronic Chat Groups. *Small Group Research, 29*(6), 714-743. doi: 10.1177/1046496498296003

Gray, W. D. (2002). Simulated Task Environments: The Role of High-Fidelity Simulations, Scaled Worlds, Synthetic Environments, and Laboratory Tasks in Basic and Applied Cognitive Research. *Cognitive Science Quarterly, 2*(2), 205-227.

Hackmann, J. R. (1983). A Normative Model of Work Team Effectiveness *Research Program on Group Effectiveness* (Vol. 2, pp. 70). Yale: School of Organization and Management.

Harris, T. E., & Sherblom, J. C. (2011). *Small Group and Team Communication* (5th ed.). Boston, M.A.: Pearson.

Hart, S. G. (2006). Nasa-Task Load Index (NASA-TLX); 20 Years Later. *Proceedings of the Human Factors and Ergonomics Society Annual Meeting, 50*(9), 904-908. doi: doi:10.1177/154193120605000909

Hart, S. G., & Staveland, L. E. (1988). Development of NASA-TLX (Task Load Index): Results of empirical and theoretical research. In P. A. Hancock & N. Meshkati (Eds.), *Human Mental Workload* (pp. 139-183). Amsterdam: Elsevier Science.

Hasse, C., & Bruder, C. (2014). Eye-tracking measurements and their link to a normative model of monitoring behaviour. *Ergonomics*. doi: http://dx.doi.org/10.1080/00140139.2014.967310

Hasse, C., Grasshoff, D., & Bruder, C. (2012). *Eye-tracking parameters as a predictor of human performance in the detection of automation failures.* Paper presented at the Human Factors: a view from an integrative perspective. Proceedings HFES Europe Chapter Conference, Toulouse.

Hasselberg, A. (2014). *Model-Based Process-Oriented Human Operator Cognitive Performance Measurement for the Evaluation of Human-Machine Systems.* Dr.-Ing., Uiversität Duisburg-Essen, Essen. Retrieved from http://elib.dlr.de/91413/1/CognitivePerformanceMeasurement.pdf

Heese, M. (2005). *The Feasibility of a new Air Traffic Control Concept from a Human Factors Perspective.* Magistra rerum naturalium, Karl-Franzens-University, Graz.

Helmke, H., Ohneiser, O., Buxbaum, J., & Kern, C. (2017). *Increasing ATM Efficiency with Assistant Based Speech Recognition* Paper presented at the Twelfth USA/Europe Air Traffic Management Research and Development Seminar, Seattle, WA.

Hoc, J.-M. (2001). Towards a cognitive approach to human-machine cooperation in dynamic situations. *International Journal of Human-Computer Studies, 2001*(54). doi: doi:10.1006/ijhc.2000.0454

Hofinger, G. (2008). Kommunikation. In P. Badke-Schaub, G. Hofinger & K. Lauche (Eds.), *Human Factors: Psychologie sicheren Handelns in Risikobranchen* (pp. 132-151). Heidelberg: Springer Medizin Verlag.

Hunke, J. (2017). Vertrauen statt Überwachung, *Mitteldeutsche Zeitung*. Retrieved from https://www.presseportal.de/pm/47409/3695383

ICAO. (2001). Aeronautical Telecommunications Volume II Communication Procedures including those with PANS status *Annex 10 to the Convention on International Civil Aviation*.

Ilgen, D. R., Hollenbeck, J. R., Johnson, M., & Jundt, D. (2004). Teams in Organizations: From Input-Process-Output Models to IMOI Models. *Annual Review of Psychology, 56*, 517-543. doi: https://doi.org/10.1146/annurev.psych.56.091103.070250

Inoue, S., Furuta, K., Kanno, T., Aoyama, H., & Nakata, K. (2010). *Cognitive Process Modelling of Team Cooperative Work in En route Air Traffic Control*. Paper presented at the IFAC Workshop on Man-Machine Human Interface, Valenciennes.

Judge, T. A., Bono, J. E., Ilies, R., & Gerhardt, M. W. (2002). Personality and Leadership: A Qualitative and Quantitative Review. *Journal of Applied Psychology, 87*(4), 765-780.

Kaber, D., & Endsley, M. (1998). Team Situation Awareness for process control safety and performance. *Process Safety Progress, 17*(1), 43 - 48.

Kallus, K. W., Barbarino, M., & Van Damme, D. (1998). Integrated Task and Job Analysis of Air Traffic Controllers Phase 1 Development of Methods (I. f. E. Research, Trans.). Bétigny: EUROCONTROL.

Kallus, K. W., Van Damme, D., & Dittmann, A. (1999). Integrated Task and Job Analysis of Air Traffic Controllers. Brétigny: EUROCONTROL.

Kanki, B., G., & Foushee, H. C. (1989). Communication as Group Process Mediator of Aircrew Performance. *Aviation, Space and Environmental Medicine, 60*, 402-410.

Kanki, B., G., Helmreich, R. L., & Anca, J. (2010). *Crew Ressource Management* (2 ed.). San Diego: Academic Press.

Kanno, T., Furuta, K., & Kitahara, Y. (2006). *A Model of Team Cognition based on Mutual Beliefs*. Paper.

Karau, S. J., & Kipling, D. W. (1993). Social Loafing: A Meta-Analytic Review and Theoretical Integration. *Journal of Personality and Social Psychology, 65*(4), 681 - 706.

Katz, R. (1980). The Influence of Group Longevity on Project Communication and Project Performance *Working Paper*. Cambridge, MA: MIT.

Kim, P. H. (1997). When What You Know Can Hurt You: A Study of Experiential Effects on Group Discussion and Performance. *Organizational Behavior and Human Decision Processes, 69*(2), 165-177. doi: https://doi.org/10.1006/obhd.1997.2680

Klein, G. (2000). Cognitive Task Analysis of Teams. In J. M. Schraagen, S. F. Chipman & V. L. Shalin (Eds.), *Cognitive Task Analysis* (pp. 417 - 431). Mahwah: Lawrence Erlbaum Associates.

Klein, G., Calderwood, R., & Clinton-Cirocco, A. (2010). Rapid Decision Making on the Fire Ground: The Original Study Plus a Postscript. *Journal of Cognitive Engineering and Decision Making, 4*(3), 186-209. doi: 10.1518/155534310x12844000801203

Kleinert, M., Helmke, H., Siol, G., Ehr, H., Finke, M., Oualil, Y., & Srinivasamurthy, A. (2017). *Machine Leanring of Controller Command Prediction Models from Recorded Radar Data and Controller Speech Utterances*. Paper presented at the SESAR Innovation Days, Belgrad.

Kolbe, M. (2006). *Explizite Prozesskoordination von Enscheidungsfindungsgruppen.* Doktor, Georg-August-Univeristät zu Göttingen, Göttingen.

Kraiger, K., & Wenzel, L. H. (1997). Conceptual Development and Empirical Evaluation of Measures of Shared Mental Models as Indicators of Team Effectiveness. In M. T. Brannick, E. Salas & C. Prince (Eds.), *Team Performance Assessment and Measurement, Theory, Methos, and Applications* (pp. 63 - 84). Mahwah: Lawrence Erlbaum.

Krauss, R. M., & Fussell, S. R. (1990). Mutual Knowledge and Communicative Effectiveness *Intellectual Teamwork: Social and Technological Foundations of Cooperative Work* (pp. 111 - 145). New York: Lawrence Erlbaum Associates.

Krifka, M., Martens, S., & Schwarz, F. (2003). Group Interaction in the Cockpit: Some Linguistic Factors. In R. Dietrich (Ed.), *Communication in High Risk Environments* (pp. 75 - 102). Hamburg: Buske.

Krippendorff, K. (2004). Reliability in Content Analysis: Some Common Misconceptions and Recommendations. *Human Communication Research, 30*(3), 411-433. doi: https://doi.org/10.1111/j.1468-2958.2004.tb00738.x

Lamnek, S. (2005). *Qualitative Sozialforschung* (4. Auflage ed.). Weinheim: Psychologie Verlags Union.

Langan-Fox, J., Sankey, M. J., & Canty, J. M. (2009). Human Factors Measurement for Future Air Traffic Control Systems. *Human Factors: The Journal of the Human Factors and Ergonomics Society, 51*(5), 595-637. doi: 10.1177/0018720809355278

Lautman, L., & Gallimore, P. (1987). *Control of crew-caused accidents.* Paper presented at the INTERNATIONAL AIR SAFETY SEMINAR PROCEEDINGS.

Li, X., Tao, J., Johnson, M. T., Soltis, J., Savage, A., Leong, K. M., & Newman, J. D. (2007, 15-20 April 2007). *Stress and Emotion Classification using Jitter and Shimmer Features.* Paper presented at the 2007 IEEE International Conference on Acoustics, Speech and Signal Processing - ICASSP '07.

Loss of Control Action Group. (2013). Monitoring Matters. Guidance on the Development of Pilot Monitoring Skills. In C. A. Authority (Ed.), (Vol. 02).

Macmillan, J., Entin, E. E., & Serfaty, D. (2004). Communication Overhead: The Hidden Cost of Team Cognition. In E. Salas & S. M. Fiore (Eds.), *Team cognition: Understanding the Factors That Drive Process and Performance* (pp. 61-82). Washington DC: American Psychological Association.

Manzey, D., Boehme, K., & Schoebel, M. (2013). *Human Redundancy as Safety Measure in Automation Monitoring*. Paper presented at the HFES International Annual Meeting, San Diego.

Marks, M. A., Mathieu, J. E., & Zaccaro, S. J. (2001). A Temporally Based Framework and Taxonomy of Team Processes. *The Academy of Management Review, 26*(3), 356-376. doi: 10.2307/259182

Mathieu, J. E., Heffner, T. S., Goodwin, G. F., Salas, E., & Cannon-Bowers, J. A. (2000). The Influence of Shared Mental Models on Team Process and Performance. *Journal of Applied Psychology, 85*(2), 273-283.

McGrath, J. E. (1984). *Groups: Interaction and Performance*. Englewood Cliffs: Prentice-Hall.

McGrath, J. E. (1991). Time, Interaction, and Performance (TIP). *Small Group Research, 22*(2), 147-174. doi: 10.1177/1046496491222001

Meinecke, M. (2013). Untersuchung der Einflüsse eines realitätsnahen Bodenverkehrs auf die Validität einer Human-In-The-Loop Simulation der Flugplatzkontrolle.

Moehlenbrink, C., Friedrich, M., & Papenfuß, A. (2009, 7.-9. Oktober). *RemoteCenter: Eine Mikrowelt zur Analyse der mentalen Repräsentation von zwei Flughäfen während einer Lotsentätigkeit.* Paper presented at the Der Mensch im Mittelpunkt technischer Systeme: 8. Berliner Werkstatt Mensch-Maschine-Systeme, Berlin.

Moehlenbrink, C., & Papenfuss, A. (2014). *Eye-data metrics to characterize tower controllers' visual attention in a Multiple Remote Tower Exercise*. Paper presented at the 6th International Conference on Research in Air Transportation, Istanbul, Turkey.

Moehlenbrink, C., Papenfuss, A., Friedrich, M., & Jipp, M. (2011). Monitoring behaviour of tower controllers. In D. d. Waard, N. Gérard, L. Onnasch, R. Wiczorek & D. Manzey (Eds.), *Human Centred Automation*. Maastricht: Shaker Publishing.

Mogford, R. H. (1997). Mental Models and Situation Awareness in Air Traffic Control. *The International Journal of Aviation Psychology, 7*(4), 331 - 341.

Mohammed, S., Ferzandi, L., & Hamilton, K. (2010). Metaphor No More: A 15-Year Review of the Team Mental Model Construct. *Journal of Management, 36*(4), 876-910. doi: 10.1177/0149206309356804

Moosbrugger, H., & Kelava, A. (2008). *Testtheorie und Fragebogenkonstruktion*. Berlin Heidelberg: Springer Medizin.

Moreland, R. L., & Myaskovsky, L. (2000). Exploring the Performance Benefits of Group Training: Transactive Memory or Improved Communication? *Organizational Behavior and Human Decision Processes, 82*(1), 117-133.

Morgan, B. B., Glickman, A. S., Woodward, E. A., Blaiwes, A. S., & Salas, E. (1986). Measurement of team behaviours in a navy environment. Orlando, FL, US: NTSC.

Muniz, E. J., Stout, R. J., Bowers, C. A., & Salas, E. (1998). *A Methodology for Measuring Team Situational Awareness: Situational Awareness Linked Indicators Adapted to Novel Tasks (SALIANT).* Paper presented at the RFO HFM Symposium of Collaborative Crew Performance in Complex Operational Systems, Edingburgh.

Naikar, N. (2010). A Comparison of the Decision Ladder Template and the Recognition-Primed Decision Model. In D. S. a. T. O. Air Operations Division (Ed.), (pp. 25). Victoria, Australia: DSTO.

Neubauer, C., Woolley, J., Khooshabeh, P., & Scherer, S. (2016). *Getting to Know You: A Multimodal Investigation of Team Behavior and Resilience to Stress* Paper presented at the 18th ACM International Conference on Multimodal Interaction, Tokyo, Japan.

Neuman, G. A., Wagner, S. H., & Christiansen, N. D. (1999). The Relationship between Work-Team Personality Composition and the Job Performance of Teams. *Group & Organization Management, 24*(1), 28-45. doi: 10.1177/1059601199241003

Newcomb, T. M. (1953). An approach to the study of communicative acts. *Psychological Review, 60*(6), 393-404. doi: http://dx.doi.org/10.1037/h0063098

Oberheid, H., Hasselberg, A., & Söfker, D. (2011). Know your options - analysing human decision making in dynamic task environemnts with state space methods. In D. d. Waard, N. Gérard, L. Onnasch, R. Wiczorek & D. Manzey (Eds.), *Human Centred Automation* (pp. 285 - 300). Maastricht: Shaker.

Oberheid, H., Weber, B., & Moehlenbrink, C. (2009). *Eye Movement Analysis to Eveluate Ghosting and Targeting Aids for Controller Assistance.* Paper presented at the Annual Conference of the Human Factors and Ergonomics Society, Europe Chapter, Linköping, Schweden.

Obermayer, R. W., Vreuls, D., Muckler, F. A., Conway, E. J., & Fitzgerald, J. A. (1974). Combat-ready crew performance measurment system: Phase IIIA. Crew Performance Measurement. Northridge, CA: Air Force Human Resources Lab.

Orasanu, J. M. (1992, May 5-8, 1992). *Shared mental models and crew decision making.* Paper presented at the Workshop on Aeronautical Decision Making, Denver.

Orasanu, J. M. (2010). Flight Crew Decision-Making. In B. Kanki, G. , R. Helmreich, L. & J. Anca (Eds.), *Crew Resource Management (Second Edition)* (pp. 147-179). San Diego: Academic Press.

Orasanu, J. M., & Fischer, U. (1992). *Team Cognition in the Cockpit: Linguistic control of shared problem solving.* Paper presented at the Proceedings of the Fourteenth Annual Conference of the Cognitive Science Society, Indiana, Bloomington.

Papenfuss, A. (2013). *Phenotypes of teamwork - an explorative study of tower controller teams*. Paper presented at the HFES International Annual Meeting, San Diego.

Papenfuss, A., & Moehlenbrink, C. (2016). Assessing Operational Validity of Remote Tower Control in High-Fidelity Simulation. In N. Fuerstenau (Ed.), *Virtual and Remote Control Tower* (pp. 87 - 113). Switzerland: Springer.

Papenfuss, A., & Weber, B. (2012). Just talk - An experimental task for investigation of Team Situation Awareness. In D. de Waard, K. Brookhuis, F. Dehais, C. Weikert, S. Röttger, D. Manzey, S. Biede, F. Reuzeau & P. Terrier (Eds.), *Human Factors: a view from an integrative perspective. HFES Europe Chapter Conference*. Toulouse.

Paris, C. R., Salas, E., & Cannon Bowers, J. A. (2000). Teamwork in multi-person systems: a review and analysis. *Ergonomics, 43*(8), 1052-1075.

Parush, A., Kramer, C., Foster-Hunt, T., Momtahan, K., Hunter, A., & Sohmer, B. (2010). Communication and team situation awareness in the OR: Implications for augmentative information display. *Journal of Biomedical Informatics*. doi: 10.1016/j.jbi.2010.04.002

Ponsoda, V., Scott, D., & Findlay, J. M. (1995). A probability vector and transition matrix analysis of eye movements during visual search. *Acta Psycholigica, 88*, 167-185. doi: http://doi.org/10.1016/0001-6918(95)94012-Y

Poole, M. S., Shannon, D. L., & DeSanctis, G. (1992). Communication media and negotiation processes. In L. Putnam & S. Rolloff (Eds.), *Communication and negotiation: Sage annual review of communication research* (Vol. 20, pp. 46 -66). Newbury Park: Sage.

Prince, A., Brannick, M. T., Prince, C., & Salas, E. (1997). The Measurement of Team Process Behaviors in the Cockpit: Lessons Learned. In M. T. Brannick, E. Salas & C. Prince (Eds.), *Team Performance Assessment and Measurement. Theorie, Methods, and Applications* (pp. 289 - 310). Mahwah: Lawrence Erlbaum.

Prince, C., Ellis, E., Brannick, M. T., & Salas, E. (2007). Measurement of Team Situation Awareness in Low Experience Level Aviators. *International Journal of Aviation Psychology, 17*(1), 41-57.

Pruitt, D. G., & Kimmel, M., J. (1977). Twenty Years of Experimental Gaming: Critique, Synthesis, and Suggestions for the Future. *Annual Review of Psychology, 28*, 363-392.

Purdy, J. M., Nye, P., & Balakrishnan, P. V. (2000). The Impact of Communication Media on Negotiation Outcomes. *International Journal of Conflict Management, 11*(2), 162 - 187.

R Core Team. (2016). R: A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing. Vieanna. Retrieved from http://www.R-project.org/

Rasmussen, J., & Goodstein, L. P. (1985). Decision Supoort in Supervisory Control (Electronics, Trans.). Roskilde, Denmark: Riso National Laboratory.

Ratatype. (2013) Eingesehen 01.07.2016, unter http://www.ratatype.com/

Rimmele, R. (2009). Videograph (Version 4.2.1.1). Kiel: IPN Leibniz-Institut für die Pädagogik der Naturwissenschaften an der Universität Kiel. Retrieved from http://www.dervideograph.de/

Robert, L. P., & Dennis, A. R. (2005). Paradox of Richness: A Cognitive Model of Media Choice. *IEEE Transactions on Professional Communication, 48*(1), 10 - 21.

Roessingh, J. J. M., & Zon, G. D. R. (2004). A Measure to Assess the Impact of Automation on Teamwork. In O. Straeter & M. Barbarino (Eds.), (1.0 ed., Vol. 1.0, pp. 158). Brétigny: EUROCONTROL.

Rousseau, V., Aubé, C., & Savoie, A. (2006). Teamwork Behaviors: A Review and an Integration of Frameworks. *Small Group Research, 37*(5), 540-570. doi: 10.1177/1046496406293125

Salas, E., Dickinson, T. L., Converse, S., & Tannenbaum, S. (1992). Toward an understanding of team performance and training. In R. W. Swezey & E. Salas (Eds.), *Teams: Their Training and Performance* (pp. 3 - 29). Norwood: Ablex.

Salas, E., Prince, C., Baker, D. P., & Shrestha, L. (1995). Situation Awareness in Team Performance: Implications for Measurement and Trainging. *Human Factors, 37*(1), 123-136.

Salas, E., Sims, D. E., & Burke, C. S. (2005). Is there a "Big Five" in Teamwork? *Small Group Research, 36*(5), 555-599. doi: 10.1177/1046496405277134

Salmon, P. M., Stanton, N. A., Walker, G. H., & Green, D. (2005). Situation awareness measurement: A review of applicability for C4i environments. *Applied Ergonomics*(37), 225-238. doi: 10.1016

Schermuly, C. C., Schröder, T., Nachtwei, J., & Scholl, W. (2010). Das Instrument zur Kodierung von Diskussionen (IKD). *Zeitschrift für Arbeits- und Organisationspsychologie, 54*(4), 149-170. doi: 10.1026/0932-4089/a000026

Schmidt, M., Rudolph, M., Papenfuss, A., Friedrich, M., Moehlenbrink, C., Kaltenhäuser, S., & Fürstenau, N. (2009). *Remote Airport Traffic Control Center with Augmented Vision Video Panorama*. Paper presented at the 28th Digital Avionics Systems Conference, Orlando, Florida.

Schneider, S. J., Kerwin, J., Frechtling, J., & Vivari, B. A. (2002). Characteristics of the Discussion in Online and Face-to-Face Focus Groups. *Social Science Computer Review, 20*(1), 31-42. doi: 10.1177/089443930202000104

Seeber, I., Maier, R., & Weber, B. (2013). Macrocognition in Collaboration: Analyzing Processes of Team Knowledge Building with CoPrA. *Group Decision and Negotiation, 22*(5), 915-942.

Serfaty, D., Entin, E. E., & Volpe, C. (1993). *Adaption to Stress in Team Decision-Making and Coordination.* Paper presented at the Human Factors and Ergonomics Society 37th Annual Meeting, Seattle.

Sexton, J. B., & Helmreich, R. L. (1999). *Analyzing Cockpit Communication: the Links between Language, Performance, Error, and Workload.* Paper presented at the Proceedings of the Tenth International Symposium on Aviation Psychology, Columbus, OH.

Sexton, J. B., & Helmreich, R. L. (2003). Using language in the Cockpit: Relationships with Workload and Performance. In R. Dietrich (Ed.), *Communication in High Risk Environments* (pp. 57 - 74). Hamburg: Buske.

Shannon, C. E. (1964). The Mathematical Theory of Communication. In C. E. Shannon & W. Weaver (Eds.), *The Mathematical Theory of Communication* (10th ed., pp. 35 - 115). Urbana: The University of Illinois Press.

Shannon, C. E., & Weaver, W. (1964). *The Matehmatical Theory of Communication*. Urbana: The University of Illinois Press.

Siassakos, D., Draycott, T., Montague, I., & Harris, M. (2009). Content analysis of team communication in an obstetric emergency scenario. *Journal of Obstetrics & Gynaecology, 29*(6), 499-503. doi: doi:10.1080/01443610903039153

Siassakos, D., Draycott, T. J., Crofts, J. F., Hunt, L. P., Winter, C., & Fox, R. (2010). More to teamwork than knowledge, skill and attitude. *BJOG: An International Journal of Obstetrics & Gynaecology, 117*(10), 1262-1269. doi: 10.1111/j.1471-0528.2010.02654.x

Silberstein, D., & Dietrich, R. (2003). Cockpit Communication under High Cognitive Workload. In R. Dietrich (Ed.), *Communication in High Risk Environments* (pp. 9 - 56). Hamburg: Buske.

Smith-Jentsch, K. A., Campbell, G. E., Milanovich, D. M., & Reynolds, A. M. (2001). Measuring teamwork mental models to support training needs assessment, development, and evaluation: two empirical studies†. *Journal of Organizational Behavior, 22*(2), 179-194. doi: 10.1002/job.88

Smith-Jentsch, K. A., Kraiger, K., Cannon-Bowers, J. A., & Salas, E. (2009). Do Familiar Teammates Request and Accept More Backup? Transactive Memory in Air Traffic Control. *Human Factors: The Journal of the Human Factors and Ergonomics Society, 51*(2), 181-192. doi: 10.1177/0018720809335367

Socio-Cultural Effects on the Flight Deck. (n.d.). *Skybrary* Eingesehen 03.02.2018, unter https://www.skybrary.aero/index.php/Socio-Cultural_Effects_on_the_Flight_Deck

Soraji, Y., Furuta, K., Kanno, T., Aoyama, H., Inoue, S., Karikawa, D., & Takahashi, M. (2010). Cognitive Model of Team Cooperation in En-Route Air Traffic Control. *Cognition, Technology & Work*. doi: 10.1007/s10111-010-0168-x

Sperandio, J. C. (1971). Variations of Operator's Strategies and Regulating Effects on Workload. *Ergonomics, 14*(5), 571-577. doi: http://dx.doi.org/10.1080/00140137108931277

Stanovich, K. E., & West, R. F. (1998). Discrepancies Between Normative and Descriptive Models of Decision Making and the Unterstanding/ Acceptance Principle. *Cognitive Psychology*(38), 349-385.

Stanton, N. A. (2006). Hierarchical task analysis: Developments, applications, and extensions. *Applied Ergonomics, 37*(1), 55-79.

Stanton, N. A., Stewart, R., Harris, D., Houghton, R. J., Baber, C., McMaster, R., . . . Green, D. (2006). Distributed situation awareness in dynamic systems: theoretical development and application of an ergonomics methodology. *Ergonomics, 49*(12 -13).

Stelling, D. (1999). *Teamarbeit in Mensch-Maschine-Systemen* (Vol. 8). Göttingen: Hogrefe.

Stempfle, J., & Badke-Schaub, P. (2002). Thinking in design teams - an analysis of team communication. *Design Studies, 23*, 473-496.

Stout, R. J., Cannon-Bowers, J. A., Salas, E., & Milanovich, D. M. (1999). Planning, Shared Mental Models, and Coordinated Performance: An Empirical Link Is Established. *Human Factors: The Journal of the Human Factors and Ergonomics Society, 41*(1), 61-71. doi: 10.1518/001872099779577273

Straeter, O., & Barbarino, M. (2004). A Tool for the Assessment of the Impact of Change in Automated ATM Systems on Mental Workload: EUROCONTROL.

Straus, S. G. (1996). Getting a Clue. *Small Group Research, 27*(1), 115-142. doi: 10.1177/1046496496271006

Straus, S. G. (1999). Testing a Typology of Tasks: An Empirical Validation of McGrath's (1984) Group Task Circumplex. *Small Group Research, 30*(2), 166-187.

Straus, S. G., & McGrath, J. E. (1994). Does the Medium Matter? The Interaction of Task Type and Technollogy on Group Performance and Member Reactions. *Journal of Applied Psychology, 79*(1), 87-97.

Swerts, M. (1997). Prosodic features at discourse boundaries of different strength. *Journal of the Acoustical Society of America, 101*(1), 514-521.

Tan, J. H. W., & Zizzo, D. J. (2006). Groups, cooperation and conflict in games. *The Journal of Socio-Economics, 37*(1), 1-17. doi: 10.1016/j.socec.2006.12.023

Teamwork in Air Traffic Control. (n.d.). *Skybrary* Eingesehen 03.02.2018, unter https://www.skybrary.aero/index.php/Teamwork_in_Air_Traffic_Control

Tesluk, P., Mathieu, J. E., & Zaccaro, S. J. (1997). Task and Aggregation Issues in the Analysis and Assessment of Team Performance. In M. T. Brannick, E. Salas & C. Prince (Eds.), *Team Performance Assessment and Measurement* (pp. 197 - 226). Mahwah: Lawrence Erlbaum.

Thomas, M. J. W., & Petrilli, R. (2006). Crew Familarity: Operational Experience, Non-Technical Performance, and Error Management. *Aviation, Space and Environmental Medicine, 77*(1), 41-45.

Thordsen, M. L., & Klein, G. (1989, 14 - 17 November 1989). *Cognitive Processes of the team mind.* Paper presented at the International Conference on Systems, Man and Cybernetics, Cambridge.

Thordsen, M. L., Klein, G., & Wolf, S. (1992). Observing Team Coordination within Army Rotary-Wing Aircraft Crews (pp. 41). Alexandria: U.S. Army Research Institute for the Behavioral and Social Scienes.

Unkels, M. (2011). *Der Einfluss der Heterogenität auf die Performance von existierenden und simulierten Teams: Untersuchungen unter Berücksichtigung der Teamgröße, der Aufgabenkomplexität und der Aufgabeninterdependenzen.* Dr. rer. pol. Dissertation, Technische Universität Darmstadt, Darmstadt. Retrieved from http://tuprints.ulb.tu-darmstadt.de/2841

Urban, J. M., Bowers, C. A., Monday, S. D., & Morgan, B. B. (1995). Workload, Team Structure, and Communication in Team Performance. *Military Psychology, 7*(2), 123-139.

Urban, J. M., Weaver, J. L., Bowers, C. A., & Rhodenizer, L. (1996). Effects of Workload and Structure on Team Processes and Performance: Implications for Complex Team Decision Making. *Human Factors, 38*(2), 300 - 310.

Vandergriff, I. (2006). Negotiating Common Ground in Computer-Mediated versus Face-to-Face Discussions. *Language Learning & Technology, 10*(1), 110-138. Retrieved from http://llt.msu.edu/vol10num1/pdf/vandergriff.pdf

Walker, G. H., Gibson, H., Stanton, N. A., Baber, C., Salmon, P. M., & Green, D. (2006). Event analysis of systemic teamwork (EAS): a novel integration of ergonomics methods to analyse C4i activity. *Ergonomics, 49*(12 -13).

Walker, S., & Truly, E. (1992). THE CRITICAL INCIDENTS TECHNIQUE - PHILOSOPHICAL FOUNDATIONS AND METHODOLOGICAL IMPLICATIONS. *1992 Ama Winter Educators Conference : Marketing Theory and Applications, Vol 3*, 270-275.

Watzlawick, P., Bavelas, J. B., & Jackson, D. D. (2011). *Pragmatics of Human Communication*. New York: W. W. Norton & Company.

Wickens, C. D. (2003). *An Introduction to Human Factors Engineering*. Upper Saddle River, NJ, USA: Prentice Hall.

Wiener, E. L., Chidester, T. R., Kanki, B., G., Palmer, E. A., Curry, R. E., & Gregorich, S. E. (1991). The Impact of Cockpit Automation on Crew Coordination and Communication: 1. Overview, LOFT Evaluation, Error Severity, and Questionnaire Data *NASA Contracter Report* (pp. 151). Moffet Field: NASA Ames Research Center.

Wildman, J. L., Salas, E., & Scott, C. P. R. (2014). Measuring Cognition in Teams: A Cross-Domain Review. *Human Factors: The Journal of the Human Factors and Ergonomics Society, 56*(5), 911-941. doi: 10.1177/0018720813515907

Wilson, J. M., Straus, S. G., & McEvily, B. (2006). All in due time: The development of trust in computer-mediated and face-to-face teams. *Organizational Behavior and Human Decision Processes, 99*(1), 16-33.

Witt, S. M., Rolanid, W., Zuber, E., Brooks, T., Master, A., Loose, R., & Hubbel, J. (2010, 27.09.-1.10.2010). *Optimizing Successful Turn-taking in Spoken Dialog Systems.* Paper presented at the Human Factors and Ergonomics Society 54th Annual Meeting, San Francisco.

Woldring, M., & Isaac, A. (1999). Team Resource Management Test and Evaluation (pp. 66). Breitgny: Eurocontrol.

Wood, R. E. (1986). Task complexity: Definition of the construct. *Organizational Behavior and Human Decision Processes, 37*(1), 60-82.

Yin, B., & Chen, F. (2007). Towards Automatic Cognitive Load Measurement from Speech Analysis *Human-Computer Interaction. Interaction Design and Usability* (Vol. 4550/2007, pp. 1011-1020): Springer Berlin/ Heidelberg.

Zheng, B., Swanstrom, L. L., & MacKenzie, C. L. (2007). A laboratory study on anticipatory movement in laparoscopic surgery: a behavioral indicator for team collaboration. [Article]. *Surgical Endoscopy and Other Interventional Techniques, 21*(6), 935-940. doi: 10.1007/s00464-006-9090-y

ANHANG

A HIERARCHISCHE AUFGABENANALYSE TEAMCOM

Tabelle 34 Detaillierte Darstellung der identifizierten Aufgaben, der Hierarchie, des Inputs, Feedbacks und des Plans zur Aufgabendurchführung. Aufgaben mit notwendiger Kommunikation sind graumarkiert

Aufgabe	Input	Feedback	Plan
0. Sicherheit im Luftraum	--	Kein LFZ hat eine Separationsverletzung	1 > 2 > 3 Wiederhole 1 bis wahr, dann wiederhole 2 bis 2 == Konflikt, dann mache 3
1. Suche neue LFZ	visueller Input Mikrowelt	neues LFZ im Luftraum	Wiederhole 1.1 bis 1.1 == wahr
1.1. Scanne Einflugrouten	wähle jeden Einflugpunkt	neues LFZ fliegt in den Luftraum	
2. Identifiziere Konflikte	Neues LFZ im Luftraum	Konflikt liegt vor ja/nein	1 > 2|3 Wenn 2.1 wahr, dann 2.2 >2.3 solange bis 2.3 == „eindeutig“
2.1. Vergleich der LFZ	neues LFZ fliegt in den Luftraum	Liste von LFZ mit potentiellem Konflikt	Wiederhole 2.1.1 dann 2.1.2 bis alle LFZ gecheckt
2.1.1. Wähle anderes LFZ	Liste mit anderen Flugzeugen	Ein Flugzeug	
2.1.2. Prüfen auf mögliche Konflikte	Neues Flugzeug, anderes Flugzeug	Potentieller Konflikt ja/nein	2.1.2.1 > 2.1.2.2
2.1.2.1. Routengleichheit / Schnittpunkt	aktuelle Route fremdes Flugzeug, Route eigenes Flugzeug	Routen haben Schnittpunkt ja/nein	
2.1.2.2. Prüfe Speed	geschätzte Geschwindigkeit fremdes Flugzeug, Geschwindigkeit eigenes Flugzeug	Flugzeuge werden zum gleichen Zeitpunkt am Routenschnittpunkt sein	
2.2. Austausch Flugdaten	Liste mit Paaren von Flugzeugen mit potentiellem Konflikt	Vektor mit gewünschten Informationen für aktuelles Flugzeugpaar	1|2|4 > 3 Wiederhole (2.2.4 ODER 2.2.1 UND-ODER 2.2.2 dann 2.2.3 DANN 2.2.4) bis alle gewünschten Informationen erhalten
2.2.1. Gib Informationen weiter	Ergebnis 2.2.2 ODER Paar von Flugzeug mit aktuellem Konflikt	Information zu einem Flugzeug	2.2.1.1 : 2.2.1.2 : 2.2.1.3
2.2.1.1. Altitude	Anfrage Höhe zu fremden Flugzeug	Höhe des fremden Flugzeugs	
2.2.1.2. Route	Anfrage Route zu fremden Flugzeug	Route des fremden Flugzeugs	
2.2.1.3. Speed	Anfrage Geschwindigkeit zu fremden Flugzeug	Geschwindigkeit des fremden Flugzeugs	
2.2.2. Frag Informationen an	Paar von Flugzeugen mit potentiellem Konflikt	Information zu fremden Flugzeug	
2.2.3. Sende Informationen	Anfrage bzw. Informationen zu eigenem Flugzeug	Kommunikationsakt wurde abgesendet	
2.2.4. erhalte Informationen	über Kommunikationsmedium erscheint Information	Information wird bewusst	
2.3. Vergleich von Informationen	Vektor mit Informationen für Flugzeug- Paar das potentiellen Konflikt hat	Situation eindeutig / nicht eindeutig	2.3.1 : 2.3.2 : 2.3.3 : 2.3.4
2.3.1. Vergleich von Altitude	Vektor mit Informationen für Flugzeugpaar das vielleicht Konflikt hat	Höhe gleich / ungleich	
2.3.2. Vergleich von Route	Vektor mit Informationen für Flugzeugpaar das	Schnittpunkt ja / nein	

	vielleicht Konflikt hat		
2.3.3. Vergleich von Speed	Vektor mit Informationen für Flugzeugpaar das vielleicht Konflikt hat	Speed ähnlich / unähnlich	
2.3.4. Gesamtbewertung	Vergleiche Altitude, Speed, Route	Konflikt ja, nein, vielleicht	
3. Verarbeite Konflikte	A/C Paar hat einen Konflikt	Konflikt wurde gelöst	3.1 > 3.2
3.1. Melde Konflikt	eindeutige Situation (Ergebnis 2.3)	Konflikt wurde ans System/Partner gemeldet	
3.2. Löse Konflikte	A/C Paar hat einen Konflikt	Eingaben in Mikrowelt zum Lösen des Konflikts sind erfolgt	1 > 2 > 3 Wiederhole (3.2.1; 3.2.2) bis Lösungsstrategie umsetzbar, dann 3.2.3 bis 3.2.3 == Einigung ja, dann 3.2.4
3.2.1. Wähle Lösungsstrategie	Liste A/C mit Konflikt	Lösungsstrategie für Flugzeugpaar	3.2.1.1 > (3.2.1.1 | 3.2.1.2 | 3.2.1.3)
3.2.1.1. Wähle Flugzeug	Liste von zwei Flugzeugen	Liste von Flugzeugen, die geändert werden	3.2.1.1.1 | 3.2.1.1.2 | 3.2.1.1.3
3.2.1.1.1. Eigenes AC	eindeutige Situation (Ergebnis 2.3)	eigenes AC	
3.2.1.1.2. Fremdes AC	eindeutige Situation (Ergebnis 2.3)	fremde AC	
3.2.1.1.3. Beide AC	eindeutige Situation (Ergebnis 2.3)	beide AC	
3.2.1.2. Altitude	Liste mit Flugzeugen, die geändert werden sollen	neue Altitude	
3.2.1.3. Speed	Liste mit Flugzeugen, die geändert werden sollen	neue Speed	
3.2.1.4. Route	Liste mit Flugzeugen, die geändert werden sollen	neue Route	
3.2.2. Überprüfe Lösungsstrategie	Lösungsstrategie vorhanden	Lösungsstrategie umsetzbar ja/nein	3.2.2.1 : 3.2.2.2
3.2.2.1. Prüfe Aufwand	eindeutige Situation (Ergebnis 2.3)	Aufwand machbar ja/nein	
3.2.2.2. Prüfe Folgekonflikt	eindeutige Situation (Ergebnis 2.3)	Folgekonflikt vorhanden ja/nein	
3.2.3. Diskutiere Lösungsstrategie	initiale Lösungsstrategie	Einigung Ja /Nein	3.2.3.1 > 3.2.3.2
3.2.3.1. Stelle Lösungsvorschlag	initiale Lösungsstrategie	Strategie wurde kommuniziert	
3.2.3.2. Feedback für Lösungsstrategie	kommunizierte Lösungsstrategie	Lösungsstrategie akzeptiert	
3.2.4. Implementiere Lösungsstrategie	abgestimmte Lösungsstrategie	Eingaben in Mikrowelt	3.2.4.1 | 3.2.4.2 | 3.2.4.3
3.2.4.1. Ändere Altitude	eindeutige Situation (Ergebnis 2.3)	Eingaben in Mikrowelt	
3.2.4.2. Ändere Speed	eindeutige Situation (Ergebnis 2.3)	Eingaben in Mikrowelt	
3.2.4.3. Ändere Route	eindeutige Situation (Ergebnis 2.3)	Eingaben in Mikrowelt	

B BESCHREIBUNG DES SZENARIOS

Die Ausgestaltung des Szenarios erfolgte unter verschiedenen Zielrichtungen:

- zu jedem Zeitpunkt können die relevante Informationen bestimmt werden
- es gibt irrelevante Informationen
- Austausch mit dem Teampartner ist notwendig um gute Leistung zu erreichen
- Das Szenario ermöglicht aber prinzipiell unterschiedliche Verhaltensweisen, wie das „Verweigern“ von Interaktion
- Die Aufgaben und die Aufgabenlast sind für beide Versuchsteilnehmer gleichwertig
- die Abstimmung von Konfliktlösungen ist notwendig
- Interaktion, d.h. Teamarbeit ist für den Erfolg der Aufgabe notwendig

Von einem Grundszenario wurden für die Experimentalbedingungen in den Versuchen Variationen geschaffen, indem die Rufzeichen verändert wurden, die Luftfahrzeuge der anderen Lotsen-Stationen zugeordnet wurden sowie durch eine Rotation des Luftraums. Aus diesem Grund konnten die Versuchspersonen das Szenario nicht erlernen.

B.1 Aufgabenlast (Taskload) – Globale Werte

Das Verkehrsszenario dauert 30 Minuten in denen 33 Luftfahrzeuge den Luftraum durchquerten. Im Folgenden werden die Kennwerte des geplanten Ablaufs des Szenarios beschrieben. Die Verkehrsmenge war zwischen beiden Arbeitspositionen gleich verteilt. Die durchschnittliche Verkehrsmenge lag bei 9 Luftfahrzeugen, die gleichzeitig im Luftraum waren (*SD* = 2.3), die durchschnittliche Verkehrsmenge war zwischen den beiden Teammitgliedern ebenfalls ausgeglichen. Die Mindestanzahl von Luftfahrzeugen im Luftraum lag bei drei, die maximal Anzahl bei 13 Luftfahrzeugen. Die Kennwerte sind in Tabelle 35 zusammengefasst.

Tabelle 35 Kennwerte der Versuchsaufgabe gesamt und pro Teampartner

	Gesamt	„SX“	„LH“
Absolute Anzahl	33	16	17
Ø Anzahl LFZ	9.3	4.7	4.6
SD	2.3	1.3	1.3
Min	3	1	2
Max	13	6	7

Die individuellen Luftfahrzeuge der Teammitglieder waren untereinander konfliktfrei geplant. Als Kontrolle gab es bei jeweils einem Luftfahrzeugpaar pro Teammitglied einen Konflikt der eigenen Flugzeuge, wenn diese die Zielflughöhe nicht korrekt einhielten.

Der zeitliche Ablauf des Verkehrsszenarios, ohne Intervention durch die Probanden, ist in Abbildung 50 dargestellt. Die x-Achse zeigt die Zeit in Sekunden an. Auf der y-Achse sind die Kennwerte zur Anzahl der Luftfahrzeuge im Luftraum, die Anzahl relevanter Lutfharzeuge, die Anzahl der potentiellen sowie die Anzahl der realen Konflikte aufgetragen. Die Anzahl der Luftfahrzeuge im Luftraum steigt zu Beginn des Szenarios an, dann wird die mittlere Anzahl von neun Luftfahrzeugen relativ konstant bis zum Ende des Szenarios gehalten. Das Szenario wurde in drei Abschnitte von je 10 Minuten gegliedert. In den ersten 10 Minuten liegt die durchschnittliche Anzahl von Luftfahrzeugen bei 6.4, die durchschnittliceh Anzahl relevanter Luftfahrzeuge bei 5.2. Dieser Abschnitt war als „Niedrige Last“ gestaltet. Jedes Teammitglied musste drei Luftfahrzeuge kontrollieren. In der zweiten Phase steigt die Verkehrslast auf durchschnittlich 9.7 Luftfahrzeuge an, von denen jeweil acht Luftfahrzeuge auch relevant sind. Dieser Abschnitt war als „Hochlast“ gestaltet. Im dritten Abschnitt bleibt die Verkehrsmenge hoch mit durchschnittlich 9.4 Luftfahrzeugen, allerding sinkt die Anzahl der relevanten Luftfahrzeuge auf 5.6. In diesem Abschnitt sollte stärker selektiert werden. Der mittlere

Abstand zwischen dem Erscheinen neuer Flugzeuge im Luftraum liegt bei 31.3 Sekunden, wie die Standardabweichung von 42 zeigt, waren die Abstände recht variabel (*Min* = 1, *Max* = 185 Sekunden). Die Kennwerte der Abschnitte sind in Tabelle 36 zusammengefasst.

Die mittlere Anzahl potentieller Konflikte pro 1-Minuten Intervall liegt bei 1.8 Konflikte (*SD* =1.2, *Min* =0, *Max* = 4). Die absolute Anzahl liegt bei 16 potentiellen Konflikten, wovon ohne ein Eingreifen der Teammitglieder acht reale Konflikte entstehen würden. Ein potentieller Konflikt tritt dann nicht auf, wenn die Luftfahrzeuge auf einer anderen Höhe sind.

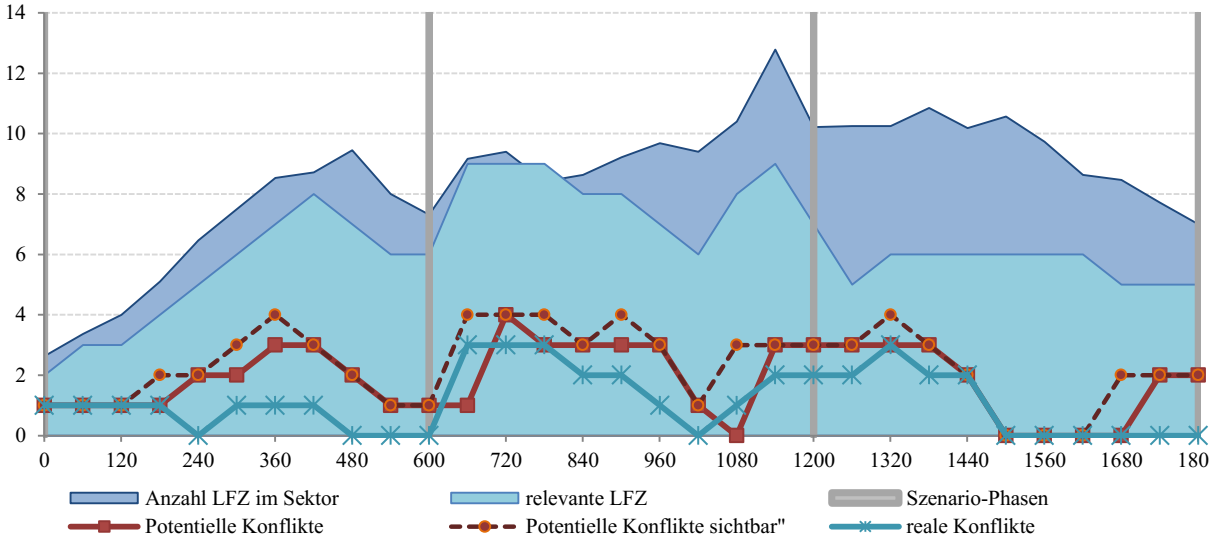


Abbildung 50 Anforderungen der Aufgabe im Zeitverlauf

Tabelle 36 Kennwerte der Abschnitte

	0 – 600	600 – 1200	1200 - 1800
Ø Anzahl LFZ	6.4	9.7	9.3
Ø Anzahl relevanter LFZ	5.2	8.0	5.6
Selektion	1.2	1.7	3.8
Ø Anzahl potentieller Konflikte	1.6	2.4	1.5
Absolute Anzahl potentieller Konflikte	4	6	6
Ø Anzahl realer Konflikte pro Minute	0.5	1.5	0.8
Absolute Anzahl realer Konflikte	2	3	3

B.2 Anforderungen in der Unteraufgabe Überwachung und Erkennen der Konflikte

Für die Lotsenaufgabe ist die Überwachung des Luftraums eine relevante kognitive Aufgabe. Die Lotsenaufgabe erfordert die Integration verschiedener Informationen in ein Verkehrsbild. Dabei ist der Fokus der Aufmerksamkeit auf relevante Informationen entscheidend um eine Informationsüberlast zu verhindern. 11 der 33 Luftfahrzeuge wurden als nicht relevant, d.h. ohne Kommunikationsbedarf eingeordnet, die restlichen 22 Luftfahrzeuge erforderten demnach eine Interaktion der Teammitglieder. Von den 11 Luftfahrzeugen waren sechs komplett konfliktfrei und fünf hatten nur einen potentiellen Konflikt mit eigenen Luftfahrzeugen, was ebenfalls keinen Interaktionsbedarf der Teammitglieder erzeugt. Alle anderen LFZ haben Situationen, in denen ein Konflikt potentiell möglich ist, und deshalb sollten Informationen ausgetauscht werden. Diese 22 Luftfahrzeuge waren in 16 Situationen relevant, die als potentielle Konflikte in das Szenario eingebaut waren. Dies bedeutete, dass in diesen 16 Situationen jeweils ein Luftfahrzeug-Paar auf dem geplanten Flugweg einen Kreuzungspunkt hat.

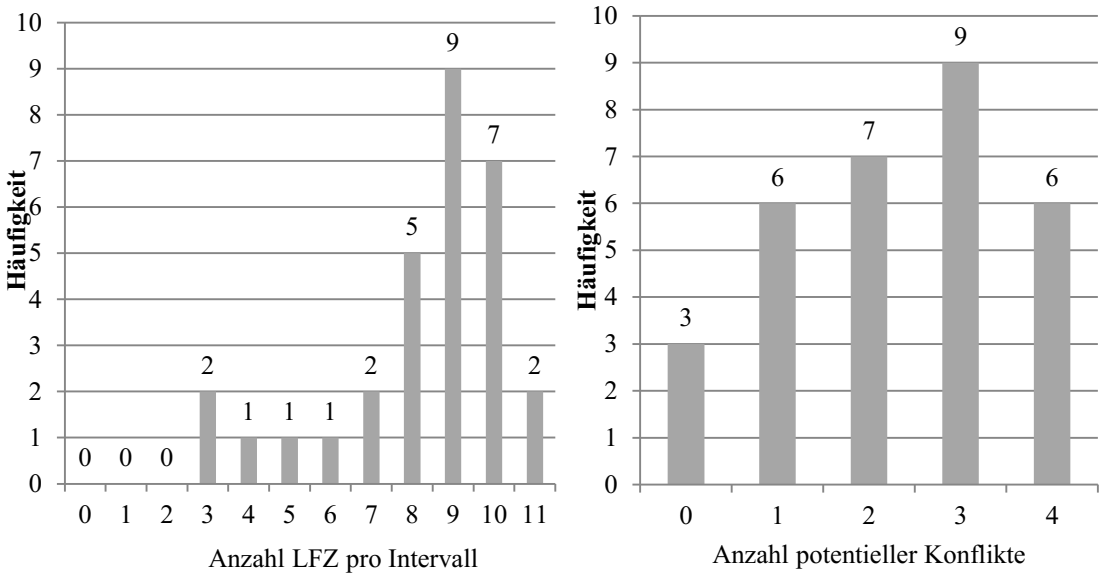


Abbildung 51 Anzahl der Luftfahrzeuge pro Intervall (links) und Anzahl potentieller Konflikte in 1 Minuten Intervallen

Dabei variierte die Anzahl der notwendigen Informationen, um die potentiellen Konflikt eindeutig zu bestimmen. Die Höhe war in allen 16 Situationen relevant, da diese Information über den Flugstatus nicht aus den zur Verfügung stehenden Informationen erschlossen werden kann. In drei Situationen war die Flugroute nicht relevant, da der Schnittpunkt der Luftfahrzeuge auf einem eindeutig definiertem Routenabschnitt lag. In vier Fällen war die Geschwindigkeit irrelevant. Die Relevanz der Routeninformation hing außerdem von Zeitpunkt ab. Je länger ein Flugzeug im Luftraum bereits unterwegs ist, desto eindeutiger ist der Routenverlauf. Das Luftfahrzeug erscheint 54 Sekunden vor Eintritt in den Luftraum auf einem Streckenabschnitt vor dem Einflugpunkt. Zu diesem Zeitpunkt kann allein durch Beobachten noch nicht auf die gewählte Route geschlossen werden. Mit Eintritt in den Luftraum wählt das Luftfahrzeug eine der drei Routen, wodurch sich die Anzahl der möglichen Routen reduziert. Abwarten wäre in diesem Fall eine Strategie, den Interaktionsaufwand zu minimieren.

In den Situationen der potentiellen Konflikte wurden außerdem die Winkel, mit denen sich die Flugzeuge kreuzten variiert, neun Situationen hatten einen Schnittwinkel von 90°, in fünf Situationen kamen die Luftfahrzeuge frontal aufeinander zu (180°), und in jeweils einer Situation war der Schnittpunkt 45° beziehungsweise 135°.

Für das Erkennen dieser 16 Situationen wurde für jedes der 22 Flugzeuge der Zeitbereich definiert, in dem die jeweiligen Daten des Flugzeugstatus (Höhe, Route, Geschwindigkeit) benötigt wurden, um diesen Konflikt zu erkennen. Diese Zeiten bilden Grundlage für die Überprüfung der Kriterien „Selektion“ und „Frühzeitiger Informationsaustausch“.

B.3 Anforderung an die Konfliktlösung

Im Mittel mussten die Teams pro Minute einen Konflikt erkennen und lösen (*MW* = 1.1, *SD* = 1.05), dabei gab es 11 Intervalle, in denen kein Konflikt vorlag und der maximale Wert lag in vier Intervallen bei drei Konflikte gleichzeitig. Die Anzahl auftretender Konflikte war relativ gleich auf die drei Abschnitte des Szenarios verteilt. Zwei Situationen waren so gestaltet, dass direkte Folgekonflikte auftraten, wenn bei der Lösungsfindung weitere Flugzeuge nicht berücksichtigt wurden. Beachteten die Teams jedoch die erforderliche Ausflughöhe bei der Analyse der Situation, dann gab es eine eindeutig optimale Lösung für den Konflikt im Sinne

des benötigten Aufwandes an zu implementierenden Änderungen. Die Situationen variierten bezüglich der Zeitspanne die für die Lösung zur Verfügung stand. Im Mittel hatten die Teams 213 Sekunden Zeit, bis der Konflikt eintrat (*SD* = 74, Min = 129, Max = 309). Die kürzeste Zeitspanne für das Erkennen und Lösen des Konflikts lag also bei zwei Minuten, so dass theoretisch genügend Zeit für die Kommunikation und Implementierung zur Verfügung stand.

Alle Konflikte konnten in dieser Zeitspanne über eine Änderung der Höhe gelöst werden. Generell war die Konfliktlösung effektiver, vor allem wenn der Zeitraum recht kurzfristig war, wenn beide Teampartner einen Teil der Lösung übernahmen. Aufgrund der hinterlegten Flugphysik legt das Flugzeug eine Strecke von circa 2.3 nautischen Meilen zurück, bis es eine Höhenänderung von 1000 Fuß (entspricht einem Fluglevel) beendet hat. Alle Flugzeuge flogen initial mit der gleichen Fluggeschwindigkeit von 420 Knoten, so dass die Höhenänderung ungefähr 20 Sekunden dauerte. Keiner der geplanten Konflikte war allein durch das Ändern der Geschwindigkeit eines einzigen Luftfahrzeugs zu lösen, ohne dass der Teampartner ebenfalls stark die Geschwindigkeit änderte.

Für eine kurzfristige Verhinderung von Konflikten mussten demnach verschiedene Eingaben kombiniert werden. Als kurzfristige Lösung konnte zuletzt das „Ausweichen“ der Flugzeuge initiiert werden. Generell galt, wurde der Konflikt später erkannt, waren mehr Absprachen und mehr Benutzereingaben nötig, um den Konflikt erfolgreich zu verhindern im Vergleich zu einer frühzeitigen Lösung der Konflikte. Der Aufwand in der individuellen Umsetzung vergrößerte sich. Speziell das Ausweichen der Flugzeuge konnte einen relativ hohen Arbeitsaufwand erzeugen. Aufmerksames Überwachen, frühzeitiges Erkennen der Konflikte und Absprache einer Konfliktlösung mit geringem Arbeitsaufwand reduzierte den Interaktionsaufwand und den Aufwand an Benutzereingaben. Im Gegensatz dazu führte spätes Erkennen zu aufwändigeren Konfliktlösungen, die mehr Aufmerksamkeit forderten und damit das Erkennen anderer Konflikte erschweren konnte.

B.4 Erwartete Kommunikationshäufigkeit in den Phasen der prototypischen Aufgabenbearbeitung

Tabelle 37 Erwartete Interaktionshäufigkeit in den Phasen der Aufgabenbearbeitung

STEP	INFO	Anzahl notwendig	Anteil	Relevant	Anteil_85
MONITORING	ALTITUDE	23	0.20	1	0.27
	ROUTE	18	0.15	1	0.21
	SPEED	16	0.14	0	-
CONFLICT IDENTIFICATION	CONFI – potentieller Konflikt	16	0.14	0	-
	CONFI – Konflikt liegt vor	8	0.07	1	0.09
	CONFI – kein Konflikt	8	0.07	1	0.09
SOLUTION GENERATION	CONFS	8	0.07	1	0.09
DECISION SELECTION	FEELOE	8	0.07	1	0.09
IMPLEMENTATION	USCOM	8	0.07	1	0.09
INDIVIDUAL GOAL	USCOM wg. TAL	4	0.03	1	0.05
					0.14
	∑	117		∑ = 85	

C ANLEITUNG ZUM KODIEREN DER DATEN

C.1 Kodierung der Kommunikationsdaten im Versuch „TeamCom“

Die Versuchsaufgabe „TeamCom“ ist so konzipiert, dass die zwei Versuchsteilnehmer wichtige Informationen kommunizieren **müssen**, um die Aufgabe erfolgreich zu lösen. Deswegen ist das **Kommunikationsverhalten** relevant und wird über eine Inhaltsanalyse kodiert und damit auswertbar. Dabei ist die Hypothese, dass die Art und Weise der Interaktion, nämlich welche Informationen werden wann zwischen den zwei Versuchsteilnehmern kommuniziert, entscheidend für die Leistung in dieser Aufgabe ist.

Die Inhaltsanalyse ordnet jeder Kommunikationseinheit (in diesem Fall einer Aussage eines Versuchsteilnehmers) eine oder mehrere Kategorien aus einem Kodierschema zu. Im Anschluss an die Kodierung werden die Kommunikationsdaten weiter ausgewertet, bspw. danach, ob Teams mit einer sehr guten Leistung eine überdurchschnittliche Häufigkeit in der Kategorie „CONFI“ (= Konfliktidentifikation) hatten. Die Inhaltsanalyse (d.h. Kodierung) ist also ein enorm wichtiger Schritt in der Datenaufbereitung.

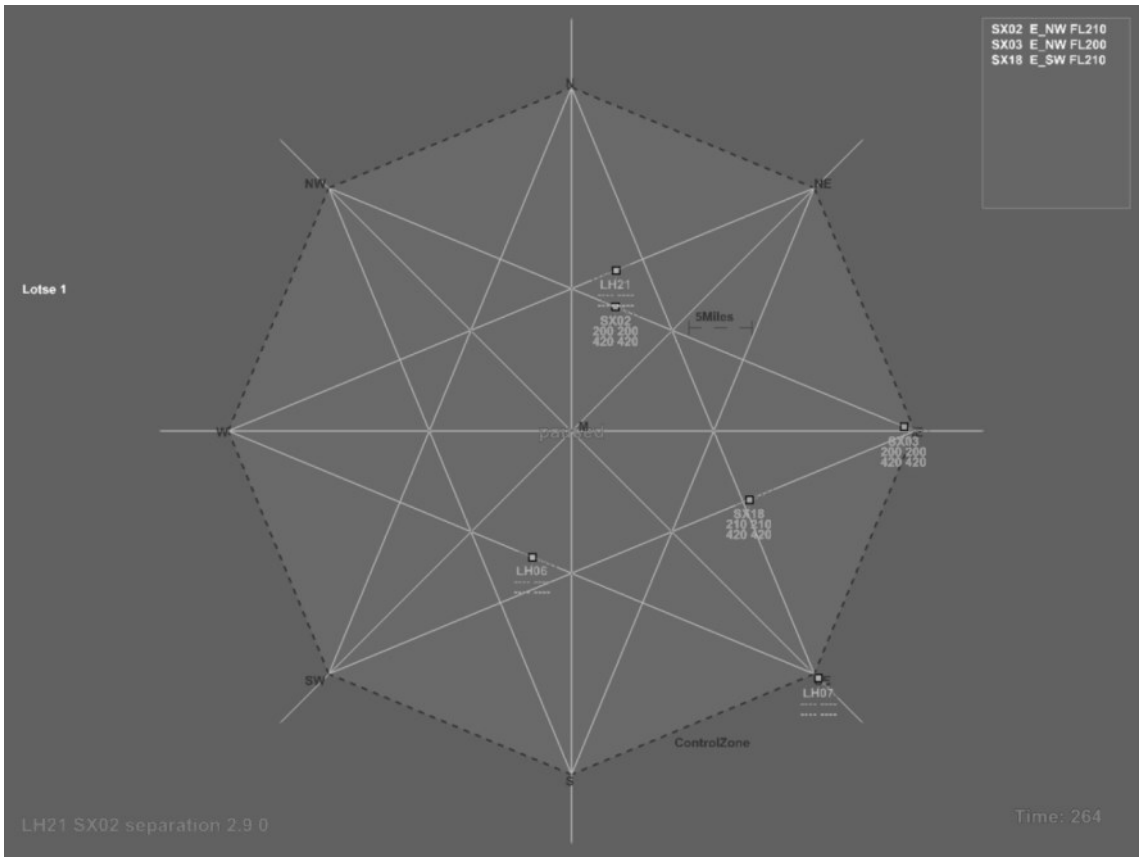


Abbildung 52 Grafische Benutzeroberfläche für einen Versuchsteilnehmer in der Aufgabe TeamCom

C.2 Das Aufgabenmodell

Das **Kodierschema** für die Inhaltsanalyse wurde an Hand folgender idealtypischen Bearbeitung der Aufgabe (**Aufgabenmodell**) entwickelt. Ein vollständiges Modell der Aufgabenbearbeitung zeigt Abbildung 53. Die grauen Blöcke sind Teilaufgaben, die jeder Versuchsteilnehmer individuell lösen kann. Die grünen Blöcke zeigen Aufgaben, die nur mit Informationen vom oder Kommunikation mit dem Versuchspartner gelöst werden können. Deshalb ist die Erwartung, dass zur Erfüllung dieser Teilaufgaben kommuniziert wird.

Die Aufgabe der Probanden ist es, ihre Flugzeuge ohne Konflikte möglichst schnell durch den gemeinsamen Luftraum (Abbildung 52) zu navigieren. Die Schwierigkeit ist, dass sie jeweils nur vollständige Informationen über den Flugzustand (= Höhe, Route, Geschwindigkeit, Zielflughöhe) ihrer eigenen Flugzeuge haben. Der Zustand der Flugzeuge ihres Teampartners ist ihnen dabei jeweils nicht bekannt. Das bedeutet, dass den Versuchsteilnehmern jeweils wichtige Informationen fehlen, um entscheiden zu können, ob ihre Flugzeuge Konflikte mit den Flugzeugen ihres Versuchspartners haben.

(1) Die Informationen müssen sie also kommunizieren, d.h. entweder direkt anfragen oder pro-aktiv (d.h. ohne vorherige Anfrage) an ihren Teampartner übermitteln.

Anhand dieser vervollständigten Informationen kann jeder Versuchsteilnehmer bewerten, ob ein Konflikt vorliegen könnte. Das (2) Ergebnis dieser Bewertung wird dann mitgeteilt; entweder dass ein Konflikt vorliegt, oder dass kein Konflikt vorliegen wird. Ein Konflikt wird eintreten, bspw. wenn zwei Flugzeuge sich mit gleicher Höhe an einem Kreuzungspunkt von zwei Routen begegnen werden.

Für den Fall, dass die Flugzeuge einen Konflikt haben werden, muss im Team die Lösung des Konfliktes abgestimmt werden, indem ein Vorschlag gemacht wird (3) und dieser Vorschlag akzeptiert wird oder ein Gegenvorschlag erarbeitet wird (4) . Im Anschluss daran führt jeder Teampartner an seinem Arbeitsplatz die besprochenen Eingaben zur Lösung des Konfliktes aus (5) (bspw. wird einem Flugzeug eine neue Höhe zugewiesen).

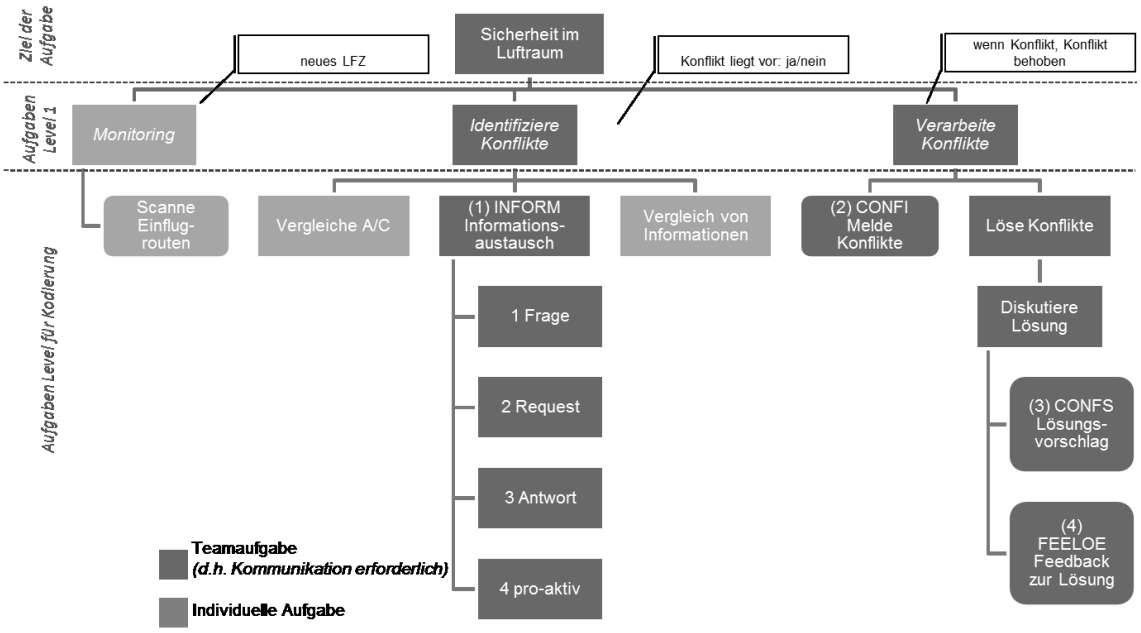


Abbildung 53 Schema für Bearbeitung von TeamCom

C.3 Oberkategorien

Schritt 1 entspricht der Oberkategorie „INFORM“ (**Inform**ieren über Flugzeugzustand)

Schritt 2 der Oberkategorie „CONFI“ (Konfliktidentifikation, **conf**lict **i**dentification)

Schritt 3 der Oberkategorie „CONFS“ (Konfliktlösung, **con**flict **s**olution).

Schritt 4 der Oberkategorie „FEELOE“ (**Fee**dback zur Konlikt**lö**sung).

Schritt 5 der Kategorie „USCOM“ (Benutzereingabe, **Us**er **Com**mand)

Dabei wird folgender zeitlicher Ablauf der Kategorien angenommen. Wenn Teams diesem „Regelwerk“ folgen, dann sollte sichergestellt sein, dass alle notwendigen Informationen kommuniziert wurden, ohne zu viele Informationen zu kommunizieren und dadurch unnötige kognitive Belastung zu erzeugen.

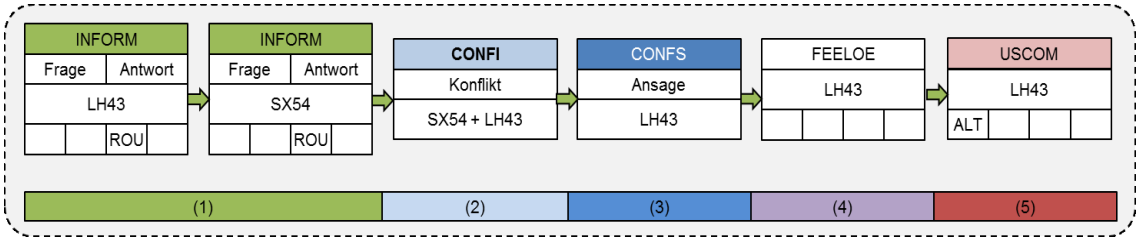


Abbildung 54 Prototypische Sequenz der Teamkommunikation

Jede Oberkategorie teilt sich in weitere Unterkategorien auf, welche die Art und Weise des Informierens, der Konfliktidentifikation und der Konfliktlösung näher beschreiben. Bei der Kodierung wird jeweils die entsprechende Unterkategorie angegeben.

Erstes Ziel der Kodierung ist, nachzuvollziehen, ob Teams der idealtypischen Aufgabenbearbeitung folgen oder - wenn nicht - wie und in welcher Reihenfolge sie die Situationen bearbeiten. Kommunizieren sie weniger, d.h. lassen sie bestimmte Schritte aus oder überspringen diese und haben sie deswegen eine schlechtere Leistung? Oder sind sie besser, wenn sie dem „normativen Modell“ folgen?

Regel 1: Kategorien als Aufgabenschritte

Die fünf Oberkategorien INFORM und CONFI/ CONFS, FEELOE, USCOM sollen deshalb nicht gemeinsam vergeben werden. Eine Kommunikationseinheit soll deswegen entweder INFORM, oder CONFI und/oder CONFS, FEELOE oder USCOM sein!

Regel 2: Vergabe auch abhängig vom Vorgänger

Die Kategorie FEELOE wird nur vergeben, wenn vorher die Aussage CONFS vergeben wurde; d.h. wenn sich das Feedback auf eine Aussage zur Konfliktlösung bezieht.

Die Unterkategorie „Antwort“ bei INFORM wird nur vergeben, wenn vorher eine Kategorie „Frage“ vergeben wurde. Die Kategorie „pro-aktiv“ wird vergeben, wenn vorher KEINE Frage vergeben wurde.

Natürlich ist es auch möglich, dass die Versuchsteilnehmer von dem Aufgabenmodell abweichen. Beispielsweise kann es sein, dass innerhalb eines Teams keine direkte Kommunikation zur Aufgabe „CONFI", d.h. melde Konflikte, stattfindet, sondern dieser Block übersprungen wird und, wenn ein Konflikt vorliegt, über die Konfliktlösung, d.h. „CONFS" gesprochen wird. Ein solches Verhaltensmuster wird im Anschluss an die Kodierung ausgewertet (siehe dazu auch Abbildung 55).

Die Kodierung erfasst primär den Inhalt der Kommunikationseinheiten, und zwar was der „Sender" an Informationen und Inhalten übermittelt hat. Deshalb soll so wenig wie möglich in die Meinung und Wirkung der Kommunikation interpretiert werden.

Regel 3: Keine / wenig Interpretation

Die Vergabe der Kategorien erfolgt primär über den konkreten Wortlaut und nicht durch Interpretation über die gewünschte Wirkung. Im Zweifelsfall nur den vorliegenden Inhalt im Wortlaut als Richtlinie für die Vergabe der Kategorien wählen. Für die einzelnen Unterkategorien sind Schlüsselwörter und Formulierungen definiert.

C.4 Zusatzkategorien

Zusätzlich zu den Oberkategorien sind Zusatzkategorien definiert. Außerdem Kategorien, die Inhalte erfassen, welche keinen direkten Bezug zur Lösung von akuten Konflikten / Konfliktsituationen aufweisen.

Regel 4: Kombination von Kategorien

Bestimmte Kategorien werden kombiniert. So wird zu der Oberkategorie „INFORM" immer mit kodiert, welche Flugzeuginformationen angefragt oder übermittelt werden. Dazu werden die 4 Unterkategorien „ALT", „TAL"; „SPE" und ROU" parallel vergeben. (siehe Beispiel Tabelle 39).

Vergabe der Kategorien für den Flugzustand (ALT, TAL, SPE, ROU)

Diese Kategorien beziehen sich auf den Zustand des Flugzeuges. Prinzipiell kann ein Flugzustand über die Höhe (Altitude), die Zielflughöhe beim Verlassen des Sektors (Target Altitude), die Geschwindigkeit (Speed) und die vorgegebene Strecke (Route) beschrieben werden. Die Versuchsteilnehmer mussten keine Phraseologie einhalten; deshalb ist der Flugzustand auch bei folgenden und ähnlichen Schlüsselwörter oder Umschreibungen für die Flugzustand zuzuordnen (Vgl. Tabelle 38).

Tabelle 38 Schlüsselwörter für die Kodierung des Flugzustands

Flugzustand	Schlüsselwörter
ALT (Altitude)	LH12 hat 210 220, stelle ich jetzt aber runter auf 210. Was hat denn LH48 für eine Höhe? Wie hoch ist dein XX?
SPE (Speed)	niedrigste Geschwindigkeit Ich mache ihn gerade langsamer / ich mach ihn schneller Dann mache ich die Geschwindigkeit ganz hoch, damit es ganz schnell da ist.
ROU (Route)	Wohin muss dein XX? Dann lenke ich meinen über Norden ab. Der muss nach Osten durch,
TAL (Target Altitude)	[*Flughöhe aktuell 210,*] **will aber 220 haben**.

SIG – Signifier

Regel 5

Wenn die Kategorie „INFORM“ vergeben wird, dann in Kombination mit der Kategorie „SIG“.

Diese Kategorie erfasst, wie die Versuchsteilnehmer über die Flugzeuge gesprochen haben. Dabei kann entweder die korrekte Bezeichnung (das Callsign) verwendet werden, bspw. LH54, oder nur indirekt über „deiner“, „meiner“, „der da“ auf das LFZ Bezug genommen werden. Letzteres setzt voraus, dass der Gesprächspartner weiß, auf welches LFZ sich die Kommunikation bezieht. Ist dieses implizite Wissen nicht vorhanden, können Missverständnisse entstehen, die wiederum zu Konflikte führen können.

TEMP – Zeitbezug von Benutzereingaben

Regel 6

Wenn ein Versuchsteilnehmer verbalisiert, dass eine Benutzereingabe bereits in der Vergangenheit erfolgt ist, wird die Kategorie TEMP vergeben.

Wenn ein Versuchsteilnehmer verbalisiert, dass eine Benutzereingabe in der Vergangenheit erfolgt ist, bspw. dass vor einiger Zeit die Höhe eines Flugzeuges geändert wurde, wird die Kategorie TEMP vergeben. Dies ist wichtig, da Änderungen an den Flugzuständen rechtzeitig kommuniziert werden sollten um nicht zu unerkannten neuen Konflikten zu führen.

Unter Berücksichtigung der hier genannten Kategorien würde folgendes Beispiel kodiert werden, wie in Tabelle 39 dargestellt.

C.5 Kategorien zur Zusammenarbeit

Es gibt zusätzliche Kategorien, die parallel zu den Oberkategorien, aber auch eigenständig vergeben werden, um weitere leistungsrelevant Aspekte des Kommunikationsverhaltens zu erfassen.

TEAM – Aussagen zur Zusammenarbeit im Team allgemein

Regel 7

Aussagen, die sich auf die Arbeit als Team und die Leistung im Team beziehen, werden als TEAM kodiert.

In der Theorie werden zur Beschreibung von Arbeiten im Team zwei „Stränge“ unterschieden; Taskwork und Teamwork. Taskwork beschreibt alle Tätigkeiten des Teams, um das übergeordnete Ziel zu erreichen, in diesem Fall also, Flugzeuge ohne Konflikte schnell durch den Luftraum zu führen. Unter Taskwork fallen damit die Kategorien INFORM, CONFI, CONFS, FEELOE und USCOM. Diese Tätigkeiten sind deshalb auch in dem Aufgabenmodell (Abbildung 53) aufgeführt.

Als Teamwork werden dagegen die Tätigkeiten, Verhalten oder Handlungen bezeichnet, welche der Koordination der Taskwork dienen. Diese können sein, sich gegenseitig Feedback über die Leistung oder die eigene Leistung zu geben oder Versuchspartner auf potentielle Schwierigkeiten, Fehler oder übersehene Flugzeuge hinzuweisen (Monitoring). Studien haben ergeben, dass diese Teamwork-Kategorien im Verhältnis zur Taskwork üblicherweise eher

selten auftreten. Ähnliches ist also auch in der Studie „TeamCom“ zu erwarten. Wichtig ist jedoch, dass die Aussagen sich auf die gemeinsame Arbeit oder Leistung als Team beziehen, also einen Aufgabenbezug haben (als Abgrenzung zur Rest-Kategorie), ohne konkret eine Konfliktlösung oder Identifikation eines Konflikts zu beschreiben.

Tabelle 39 Beispiel für Kodierung eines Gesprächsverlaufs

ATCO	Kommunikationseinheit	INFORM	ALT	TAL	SPE	ROU	SIG	CONFI	CONFS	USCOM
2	Wohin muss dein SX54?	1				1	1			
1	Der muss nach Nordwesten.	3				1	2			
2	Ja dann sollten die sich nicht in die Quere kommen.						2	3		
1	Wohin muss dein LH12?	1				1	1			
2	Der muss nach Nordosten.	3				1	2			
2	Ich habe den mal gerade auf maximale Geschwindigkeit gebracht.				1		2			1
1	Dann **verlangsame** ich mal meinen, dann müsste das eigentlich passen-hoff' ich mal.				1		2	4	2	
1	Wohin muss dein LH50?	1				1	1			
2	Der muss nach Westen.	3				1	2			
2	Ich habe den gerade auf die **niedrigste Geschwindigkeit** gebracht.				1		2			1
1	Gut ich habe meinen SX02 jetzt auf die höchste Geschwindigkeit gebracht. Das müsste dann passen.						1	4	2	1
1	Wohin muss dein LH43?	1					1			
2	Der muss nach Nordosten. Ich mache ihn gerade langsamer.	3			1	1	2			1
1	Ok									
2	Wohin muss dein SX35?	1					1			
1	Der muss in den Süden.	3					2			
1	Also entweder ich mach - also meiner fliegt schon auf höchster Geschwindigkeit, […]	4			1		2			
1	[…] entweder wir müssten umlenken, weil dann LH50 ist irgendwie, die kommen sich sonst in die Quere bald.					1		2	1	

STRAT – Strategie

Regel 8
Wenn ein gemeinsames Vorgehen für mehrere Situationen oder ein genereller Plan besprochen wird, dann wird die Kategorie STRAT vergeben.

In diese Kategorie fallen Aussagen zur strategischen Ausrichtung der Zusammenarbeit. Das entscheidende Merkmal ist, dass ein Vorgehen besprochen wird, das sich nicht nur auf eine Situation (d.h. einen Konflikt etc.) bezieht, sondern für mehrere Situationen gültig ist. Der Nutzen einer Strategie besteht darin, dass keine weitere Abstimmung in folgenden Situationen erfolgen muss, da das Vorgehen bereits abgeklärt wurde. Eine Strategie kann Zeit sparen, was gerade zeitkritischen Entscheidungen einen Leistungsgewinn bedeuten kann.

REST – Restkategorie

In diese Kategorie fallen alle Aussagen, die keinen direkten Bezug auf die Aufgabe oder die aktuelle Zusammenarbeit (Vgl. Kategorie TEAM) haben. Hier können beispielsweise Fragen nach dem Studium oder Hobbies, Aussagen zum Versuch etc. hineinfallen. Hohe Redeanteile in der Restkategorie können ein Anzeichen für gutes Team-Klima sein, oder dass das Team über freie kognitive Ressourcen verfügt.

C.6 Beispiel für die Auswertung der Kodierten Daten

Der Gesprächsverlauf des Teams aus dem Beispiel in Tabelle 39 wurde in Abbildung 55 visualisiert. Für vier Situationen wurde die Reihenfolge der Hauptkategorien dargestellt. Neben der Auswertung der Anteile und Häufigkeiten in bestimmten Kategorien, kann der Abgleich mit der prototypischen Sequenz für jede Situation bestimmt werden.

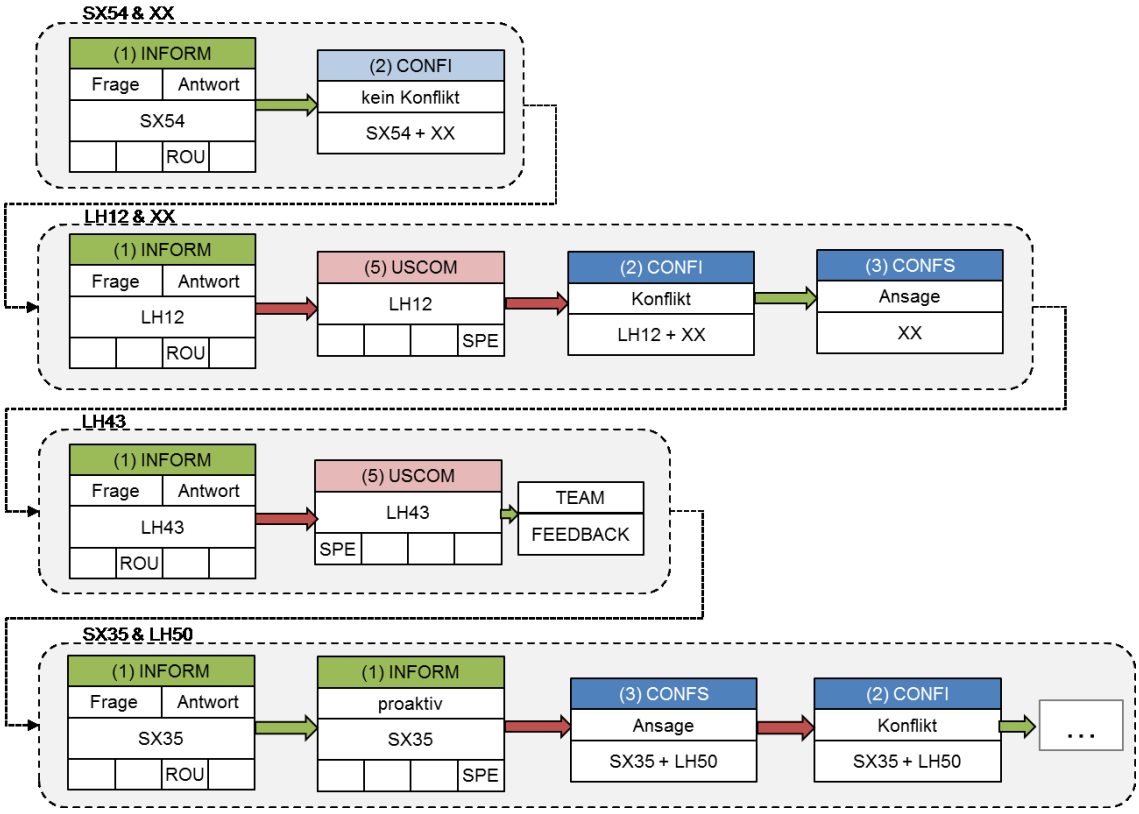


Abbildung 55 Gesprächsverlauf des kodierten Beispiels

C.7 Vollständiges Kodierschema

C.7.1 Hauptkategorien

Hauptkategorie	Unterkategorien		*Beispiele*	Erläuterung / Schlüsselwörter
INFORM	Hauptkategorie: Informieren über den Flugzeugzustand Unterkategorie: Art und Weise des Informieren			
	Frage nach Informationen?	1	auf welcher Höhe fliegt die SX04? wo geht SX17 hin?	Grammatikalische Form der Kommunikationseinheit
	Anforderung von Informationen	2		Aufforderung, eine Fluginformation zu geben. Wenn es sich nicht um eine Frage handelt
	Antwort auf Frage / Anforderung	3	auf 200.	Wenn die Fluginformation als Antwort auf eine Frage oder einen Request gegeben wurde.
	Proaktiv	4	meine LH09 fliegt auch auf 200 und fliegt nach Nordwest.	Wenn eine Information über den Flugzustand gegeben wird, ohne dass von dem Anderen vorher danach gefragt wird. Nicht, wenn es sich um CONFI, CONFS oder USCOM handelt
				Zusatzkategorien + ALT / TAL / ROU / SPE + SIG
CONFI	Hauptkategorie: Identifizierung von Konflikten (nur wenn das Team explizit anspricht, dass LFZ keinen / einen Konflikt haben / haben könnten; wenn nicht eindeutig, dann die Kategorie nicht vergeben!) Unterkategorie: Was ist das Ergebnis der Konfliktidentifizierung			
	Potentieller Konflikt	1	Dann könnte es zu einem Konflikt mit der LH26 kommen. Ist es dann auch kein Konflikt mit der LH14? „sx 19 evtl. mi l21 kollidierbar, da gleicherschnittpunkt.“	Wenn LFZ eventuell einen Konflikt haben könnten; eventuell als Ergänzung zu einer Aussage in der Kategorie INFORM *Schlüsselwörter:* Konjunktiv in der Formulierung; könnte, eventuell, vielleicht
	Konflikt eindeutig vorhanden	2	Ok, dann äh wähle ich Flightlevel 200 weil die fliegt nach Norden, das heißt die fliegen direkt aufeinander zu. Also mein LH39 muss nach Nordwesten. Musst du aufpassen mit dem SX17. […] damit wir uns nicht in die Quere kommen. Ok, die SX17 kollidiert dann ja damit. Ok, könntest du die Höhe wechseln? Weil LH43 auch auf 210. Nein, das passt nicht, die LH21 geht auf 220 runter. Ok, wird eng. Ich habe dieselbe Flughöhe.	Teammitglieder machen explizit, dass sie ein Problem / Konflikt sehen. *Schlüsselwörter:* „auch“ in der Formulierung als Merkmal für gleiche Fluginformationen
	Konflikt eindeutig NICHT vorhanden	3	ok passt soweit dann sollte es zu keinem Konflikt mit der LH05 kommen. Ok, dann besteht da ja auch kein Problem mit der LH14. Dürfte nicht kollidieren.	Teammitglieder machen explizit, dass sie mit einem LFZ-Pärchen keinen Konflikt sehen *Schlüsselwörter:* passt soweit
CONFS	Konfliktlösung – Das Team spricht explizit über die Lösung eines Konfliktes. Es muss nicht unbedingt in einer vorherigen Aussage der Konflikt identifiziert wurden sein.			
	Vorschlag	1	ich denke, da müsste die Höhe angepasst werden? kannst du sinken mit LH42? mach den mal langsamer“ erhöhst du Geschwindigkeit von LH46etwas? Kannst du die auf 210 umleiten? „ich kann nach links ausweichen“ „machst du sx17 langsamer, dann mach ich lh07 schneller“	Konjunktiv / Frage / Vorschlag für eine Lösung, u.U. kein konkreter Zielwert angegeben *Schlüsselwörter:* „Kannst du…“ / „Bitte“
	Ansage einer Lösung	2	ja gut, dann setz ich die LH09 auf 210.	VP teilt mit, was der eigene Plan für die Konfliktlösung ist.

			Alles klar, dann lass ich meine LH14 erstmal auf 210.	*Schlüsselwörter:* Ich mache; ich hab mal gemacht
	Anweisung	3	du sinkst, ich steige!	Lässt erstmal keinen Widerspruch zu, ist ein Kommando. Lösung soll (auch) von dem anderen umgesetzt werden. *Schlüsselwörter:* Du sinkst; mach schneller
	Information über erfolgte Eingabe zur Lösung	4	LH07 desc. FL210 lh23 hat von mir n heading bekommen	Information über bereits erfolgte Eingabe oder Änderung, War nicht vorher abgesprochen.
FEELÖ	Hauptkategorie: Gebe Feedback über Lösung; Folgt auf CONFS Unterkategorie: Wie erfolgt das Feedback zu der Lösung; wird die Lösung angenommen oder nicht			
	Lösung annehmen	1	LH09 sinkt auf 210. ok? ja ist ok OK, alles klar. Mach ich OK, meine SX01 steigt jetzt auf 210.	Positives Feedback zu einer konkreten Konfliktlösung oder Situation → Abgrenzung zu allgemeinem Feedback, dass es sich um eine konkrete Situation handelt
	Lösung ablehnen	2		Ablehnung einer Lösung ohne eine andere Lösung zu nennen.
	Gegenvorschlag	3	Ja, dann steige ich hinter denen erst. Dann bleibe ich solange auf 200 und wenn die durch sind steige ich auf 210. Ich kann auch mit beiden wieder auf 200 zurückgehen, weil ich muss eh auf 200 dann.	Wenn als Reaktion auf einen Lösungsvorschlag ein anderer Vorschlag gemacht wird.
	Nicht interpretierbar	4		Wenn eine Einordnung in die anderen Kategorien nicht möglich ist, es sich aber um eine Konfliktlösung handelt
USCOM	Hauptkategorie: Ein Versuchsteilnehmer verbalisiert eine geplante oder durchgeführte Benutzereingabe , d.h. eine Veränderung des Flugzustands			
	UserCommand	1	ja, ich lass die jetzt auf 210 sinken. Auf 210, wird jetzt aber auf 200 gehen. hab meins schneller gemacht SX54 geht auf 200 runter. Weil ich mache meinen LH01 auf die niedrigste. weil ich mach dann meinen SX22 langsamer, damit wir uns nicht in die Quere kommen.	Information über geplante oder durchgeführte Benutzereingabe; mit Kategorie „ALT; ROU und SPE kombinieren um zu sagen, was geändert wird. Auch in Kombination mit CONFS / CONFI
Zusatzkategorien + TEMP + ALT / ROU / SPE				
REST	Restkategorie Aussagen ohne direkten Bezug zur Aufgabe / Aufgabenbearbeitung			
	Ohne Aufgabenbezug / Arbeitsbezug	1		Probleme mit GUI, etc.

STRAT	Team Strategie	1	*„setz doch alle deiner flieger auf 200 und ich 220. dann kollidieren die von der höhe nie und am ende setzen wir die gleich“* *„So machen wir das jetzt, meine auf 200, deine höher“*	Abstimmung / Idee über eine **allgemeine** Strategie zur Lösung der Aufgabe oder zur Kommunikation, wenn eine Absprache für mehrere Situationen gelten soll.

TEAM	Aussagen zur Zusammenarbeit im Team, kann auch in Verbindung mit anderen Hauptkategorien vergeben werden			
	Positiv, Zustimmungsreaktion	1	*Danke,* *das sehe ich auch so* *Daumen hoch!* ***Ok,** danke!* *so jetzt läuft es smooth :o)* *Daumen hoch!* *OK.*	Auch wenn nur „OK“ kommt.

	Negatives Feedback, Ablehnungsreaktion	2	:(	Rückmeldung zur allgemeineren Leistung als Team; nicht auf eine Verkehrssituation speziell bezogen
	Aussagen zur eigenen Leistung	3	*sorry, mein fehler*	Wörter: Mein, ich
	Aussagen zur Leistung des Anderen	4	*bring mal LH 42 wieder auf Kurs ;D* *„Vergiss nicht die Flughöhen zu ändern wenn die Flieger ans Ziel kommen.“*	
	Aussagen zur Teamleistung	5	*die beiden haben wir übersehen*	
	Nicht interpretierbar	6	*das ist ja nicht so schön. mist*	Wenn Wertung (ob positiv oder negativ) sehr stark interpretiert werden muss

C.7.2 Zusatz-Kategorien

			Immer in Verbindung mit **INFORM, CONFS, USCOM**	
ALT	Altitude	1	*auf Flightlevel 200 und wird da auch bleiben.* *Wie hoch ist der jetzt?* *Ich lass ihn sinken.*	Aktuelle Höhe des Flugzeugs, Wenn das Flugzeug steigen oder sinken soll
TAL	Target_Altitude	1	*derzeit auf 210, vorgegeben ist aber 200.* *Der muss auf 220.*	Geplanter oder angestrebter Zustand des Flugzeugs
ROU	Route	1	*die LH16 fliegt nach Westen.* *Der fliegt direkt nach unten.* *Wohin will dein LH64?*	Geplante Route / Ausflugpunkt des LFZ Wenn eine neue Richtung angewiesen wurde
SPE	Speed	1	*Auf 450* *Dann verlangsame ich mal meinen*	Aktuelle Geschwindigkeit Wenn Geschwindigkeit verringert oder erhöht wird

			Immer in Verbindung mit **INFORM**	
SIG	Auf welche Art und Weise wird auf das Flugzeug verwiesen; direkt mit Callsign / Namen oder indirekt.			
	Direkt	1	*wo fliegt denn deine **LH16** hin?*	Wenn Flugzeugnummer / Callsign direkt mitgesagt wird. Auch wenn nur die Nummer genannt wird, ohne LH / SX
	Indirekt	2	*Kannst du **die** auf 210 umleiten?* *Q: Wie ist die Höhe der 24?* *A: **210.***	Wenn Flugzeugnummer nicht direkt mit gesagt wird, sondern nur allgemein von „die“ oder „deine“ gesprochen wird. Auch „2“ vergeben, wenn gar nicht über ein LFZ gesprochen wird. Auch wenn nur „deine SX“ gesagt wird Indirekte Ansprachen können zu Missverständnissen führen.

			In Verbindung mit **USCOM**	
TEMP	Wenn Benutzereingaben in der Vergangenheit liegen			
	Vergangenheit	3	***hab meins schneller gemacht*** Achtung sx50 auf Vollgas hab meine geschw auch teilw geändert aber ohne gefahr	Zeitpunkt der Benutzereingaben, wenn über eine, in der Vergangenheit erfolgte Benutzereingabe informiert wird

D KOMMUNIKATIONSVERHALTEN GUTER UND SCHLECHTER TEAMS

Tabelle 40 Übersicht Metriken des Kommunikationsverhaltens guter und schlechter Teams

Verhaltensweise	Metrik	Gut		Schlecht		df	t	p	sig
									Komponenten-Komplexität
Irrelevanter Informationsaustausch	**LFZ mit Monitoring (Informationsaustausch). ohne geplanten Kommunikationsbedarf**	**8.68**	***2.54***	**7.38**	***2.26***	**48.49**	**1.97**	**.054**	**.**
	Irrelevante Interaktionen	**21.04**	***9.79***	**16.10**	***6.52***	**40.76**	**2.14**	**.038**	*****
Schwerpunkt der übermittelten Informationen	Insgesamt verfügbare Menge irrelevanter Informationen	1.55	*0.47*	1.39	*0.39*	46.42	1.40	.167	
	durchschnittliche Anzahl Routeninformation pro LFZ	0.98	*0.30*	0.90	*0.31*	51.05	0.98	.330	
	durchschnittliche Anzahl Speedinformation pro LFZ	0.20	*0.19*	0.23	*0.21*	51.66	-0.66	.509	
LFZ mit geplanten Konflikt ohne Monitoring	Flugzeuge ohne Monitoring	4.12	*3.99*	6.21	*4.19*	51.44	-1.87	.067	.
	Relevante LFZ ohne Monitoring	1.80	*1.78*	2.59	*2.53*	50.12	-1.33	.188	
	LFZ mit geplantem Konflikt und ohne Monitoring	1.28	*1.14*	1.55	*1.90*	46.69	-0.65	.521	
									Dynamische Komplexität
Zeitpunkt des Monitoring der Flugzeuge	mittlerer Distanz Erstkontakt	4.34	*28.18*	14.49	*28.13*	50.81	-1.32	.193	
	mittlerer Distanz Datenaustausch nach Erstkontakt	124.22	*46.40*	110.59	*34.84*	44.07	1.20	.235	
	mittlere relative Distanz	**1.58**	***0.52***	**1.33**	***0.43***	**46.45**	**1.92**	**.061**	**.**
Zeitpunkt Monitoring von Konflikte	Mittlere Distanz zu geplantem Konfliktzeitpunkt [s]	18.25	*52.96*	33.31	*46.06*	48.01	-1.11	.274	
	Mittlere zeitliche Distanz vor Separationsverletzung	29.86	*133.43*	62.90	*71.19*	28.24	-1.03	.310	
Menge und Anteil pro-aktives Monitoring	Monitoring gesamt	92.08	*32.54*	84.28	*21.45*	40.49	1.02	.312	
	n Monitoring pro-aktiv	30.48	*20.22*	28.21	*17.32*	47.63	0.44	.662	
	n Informationen pro-aktiv	45.08	*29.89*	40.38	*28.49*	50.01	0.59	.559	
	n LFZ initial pro-aktiv	19.60	*10.14*	18.34	*9.71*	50.10	0.46	.646	
									Koordinative Komplexität
Kommunikations sequenzen	Anzahl Transitionen	225.92	*95.16*	196.76	*65.10*	41.48	1.29	.203	
	Anzahl verwendeter erwartetet Transitionen	11.88	*2.71*	12.17	*2.19*	46.06	-0.43	.668	
	Anteil erwarteter Transitionen für Kategorien mit Aufgabenbezug	**0.52**	***0.06***	**0.55**	***0.07***	**51.62**	**-1.72**	**.091**	**.**
	n erwartete Transitionen gesamt	133.96	*49.90*	122.52	*39.09*	45.26	0.93	.359	
Kommunikation von Lösungen	Anzahl Chunks mit Sequenz expliziter Konfliktlösung	3.40	*2.12*	3.62	*2.23*	51.45	-0.37	.711	
	Anzahl Chunks mit impliziter Koordination	4.00	*2.42*	3.97	*3.43*	50.14	0.04	.966	
	Anzahl Chunks mit Situationsanalyse „Kein Konflikt“	14.24	*7.55*	12.14	*5.96*	45.44	1.12	.267	
	Geplante Konflikte mit Konfliktanalyse (Plan + Folge)	12.76	*1.96*	12.90	*2.41*	51.85	-0.23	.820	
	Lösungsvorschlag für geplante Separationsverletzung	5.16	*1.46*	5.14	*1.41*	50.19	0.06	.955	
	Situationsanalyse -- Separationsverletzung Neu	4.44	*2.96*	3.45	*3.09*	51.39	1.20	.234	
	n Interaktionsevents Lösungsvorschlag geplante Konflikte	18.00	*8.05*	17.00	*7.54*	49.67	0.47	.641	
	Länge der Phase Lösungsvorschlag	1.35	*0.11*	1.35	*0.13*	52.00	-0.06	.952	
Frühzeitige Lösungsvorschläge	**TTC Lösungsvorschlag – Separationsverletzung**	**91.66**	***57.49***	**50.89**	***37.32***	**20.49**	**2.48**	**.022**	*****
	Zeitdistanz Lösungsvorschlag - geplanter Konflikt	113.80	*31.16*	98.24	*25.86*	46.81	1.98	.054	.
	Anzahl Separationsverletzung mit Analyse	1.40	*1.19*	4.14	*1.73*	49.75	-6.86	.000	*
	Anzahl Separationsverletzung ohne Analyse	0.52	*0.65*	1.86	*1.36*	41.59	-4.73	.000	*
Kommunikation von Benutzereingabe	Anzahl Benutzereingaben	91.16	*27.49*	82.34	*34.71*	51.66	1.04	.303	
	Anzahl LFZ mit Benutzereingaben	**31.20**	***3.14***	**27.03**	***5.98***	**43.52**	**3.26**	**.002**	*****

n	Anzahl Höhenänderung	27.84	*7.26*	25.03	*10.05*	50.55	1.19	.241	
	Anzahl Änderung Geschwindigkeit	**53.64**	***15.04***	**40.03**	***14.42***	**50.13**	**3.38**	**.001**	*****
	Anzahl Routenänderung	9.68	*11.80*	12.62	*15.44*	51.31	-0.79	.432	
	Anzahl Benutzereingaben nicht kommuniziert	**34.96**	***13.07***	**27.90**	***17.05***	**51.35**	**1.72**	**.091**	**.**
	Anzahl Benutzereingaben kommuniziert	27.52	*13.64*	23.86	*12.50*	49.23	1.02	.312	
	Anzahl Höhenänderungen nicht kommuniziert	19.44	*8.01*	17.93	*8.05*	50.90	0.69	.494	
	Anzahl Höhenänderungen kommuniziert	12.76	*5.37*	11.76	*5.01*	49.60	0.70	.484	
	Länge der Phase „Implementierung“	1.00	*1.35*	0.86	*1.19*	48.20	0.40	.695	
Frühzeitige Kommunikation Benutzereingabe	**Mittlere Distanz Kommunikation der Benutzereingabe**	**5.13**	***10.84***	**-1.68**	***14.48***	**51.06**	**1.97**	**.054**	**.**
	Mittlere absolute Distanz Kommunikation Benutzereingabe	27.60	*9.89*	27.66	*12.21*	51.82	-0.02	.983	
Closed-Loop-Kommunikation	**Anzahl Rückmeldung**	**36.40**	***16.09***	**27.21**	***15.93***	**50.68**	**2.10**	**.040**	*****
	n Chunks mit Rückmeldung	23.32	*8.22*	18.79	*8.73*	51.57	1.96	.055	.
Kommunikations-menge	Kommunikationshäufigkeit	225.92	*95.16*	196.76	*65.10*	41.48	1.29	.203	
	Kommunikationsdauer (min)	756.37	*321.60*	646.00	*265.64*	46.69	1.36	.180	
	Anzahl Chunks	37.88	*14.76*	34.31	*9.39*	39.54	1.04	.304	

E STUDIE „ERFAHRUNG“

E.1 Wortlaut der Instruktionen für die Manipulation des Faktors „Erfahrung im Team“

E.1.1 Instruktion Bedingung „WN“ – Kein Wechsel des Teampartners

„Sie werden nun in einem Lotsenteam die oben beschriebene Aufgabe bearbeiten. Der Versuch besteht insgesamt aus einem Training und **drei** Versuchsdurchgängen. Nach dem ersten Versuchsdurchgang wird es eine kurze Pause geben.“

E.1.2 Instruktion Bedingung „WJ“ – Wechsel des Teampartners

Der Wortlaut für die Bedingung WJ für die Arbeitsposition L1 lautete:

„In diesem Versuch werden Sie in verschieden Lotsenteams die bereits beschriebene Aufgabe bearbeiten, dazu bekommen Sie für jeden Versuchsdurchgang einen neuen Teampartner zugeteilt. Bitte bleiben Sie während des ganzen Versuches an Ihrem Arbeitsplatz und folgen den Anweisungen des Versuchsleiters. Der Versuch besteht insgesamt aus einem Training und **drei** Versuchsdurchgängen. Das Training und den ersten Versuchsdurchgang werden Sie mit demselben Partner absolvieren. Erst im zweiten und dritten Versuchsdurchgang bekommen Sie jeweils einen neuen Partner.“

Für die Arbeitsposition L2 lautete die Instruktion: „in diesem Versuch werden Sie in verschiedenen Lotsenteams die bereits beschriebene Aufgabe bearbeiten, dazu werden Sie nach jedem Versuchsdurchgang die Position wechseln. Bitte rücken Sie dafür nach jedem Versuchsdurchgang eine Position weiter nach rechts. Wenn Sie sich am Ende der Reihe auf Position 3 befinden, wechseln Sie bitte an den Anfang der Reihe auf Position 1 […].“

E.2 Leistung

Tabelle 41 Deskriptive Ergebnisse zur Teamleistung Studie Erfahrung

Metrik	WN_1	*SD*	WJ_1	*SD*	WN_2	*SD*	WJ_2	*SD*	WN_3	*SD*	WJ_3	*SD*
Anzahl Konflikte	3.69	2.29	4.33	*2.29*	3.77	*2.59*	4.40	*2.56*	2.54	*1.33*	3.47	*2.10*
Schweregrad der Konflikte	114.49	86.95	179.02	*128.90*	138.17	*126.19*	204.97	*144.08*	96.59	*81.85*	131.88	*97.99*
Anzahl Teamkonflikte	2.77	2.31	2.93	*1.94*	2.46	*1.98*	3.47	*2.17*	1.77	*1.48*	2.27	*1.94*
Team: Geplante Konflikte	1.38	0.96	1.80	*1.37*	1.15	*0.80*	2.13	*1.60*	1.00	*0.82*	1.33	*1.23*
Team: Folgekonflikte	1.23	1.30	0.93	*1.10*	0.85	*0.90*	1.13	*0.74*	0.77	*0.93*	0.73	*0.80*
Team: Neue Konflikte	0.15	0.55	0.20	*0.41*	0.46	*0.88*	0.20	*0.56*	0.00	*0.00*	0.20	*0.41*
Team: Geplante Konflikte_%	0.57	0.37	0.68	*0.30*	0.56	*0.36*	0.61	*0.19*	0.65	*0.34*	0.62	*0.31*
Team: Folgekonflikte_%	0.40	0.36	0.25	*0.23*	0.33	*0.37*	0.34	*0.18*	0.35	*0.34*	0.33	*0.31*
Team: Neue Konflikte_%	0.02	0.08	0.07	*0.14*	0.11	*0.18*	0.05	*0.13*	0.00	*0.00*	0.06	*0.11*
Schweregrad Teamkonflikte	91.90	88.89	126.27	*105.16*	80.36	*83.93*	154.03	*123.30*	69.44	*78.39*	92.97	*86.41*
Schweregrad Ind. Konflikte	22.59	16.21	52.75	*46.91*	57.81	*76.41*	50.93	*53.17*	27.15	*35.48*	38.91	*38.94*
Schw. Team: Gepl. Konflikte	36.37	42.52	78.63	*74.67*	51.06	*59.88*	83.70	*97.23*	32.51	*31.72*	63.04	*61.26*
Schw. Team: Folgekonflikte	51.31	51.21	36.65	*52.90*	17.79	*27.35*	64.09	*49.93*	36.93	*54.52*	19.22	*35.97*
Schw. Team: Neue Konflikte	4.23	15.25	10.99	*24.55*	11.51	*19.55*	6.24	*23.63*	0.00	*0.00*	10.72	*28.28*
Schw. Team: Geplante Konflikte_%	0.52	0.40	0.72	*0.30*	0.63	*0.38*	0.50	*0.29*	0.62	*0.36*	0.68	*0.33*
Schw. Team: Folgekonflikte_%	0.45	0.38	0.20	*0.27*	0.27	*0.37*	0.47	*0.30*	0.38	*0.36*	0.24	*0.31*
Schw. Team: Neue Konflikte_%	0.03	0.09	0.08	*0.17*	0.10	*0.17*	0.03	*0.09*	0.00	*0.00*	0.08	*0.21*
Anteil Teamkonflikte an allen Konflikten	0.66	0.30	0.64	*0.16*	0.68	*0.26*	0.75	*0.25*	0.63	*0.41*	0.59	*0.31*
Anteil Schweregrad der Teamkonflikte	0.64	0.38	0.69	*0.22*	0.69	*0.33*	0.72	*0.29*	0.61	*0.43*	0.60	*0.38*
Anteil Schweregrad der Individuellen Konflikte	0.36	0.38	0.31	*0.22*	0.31	*0.33*	0.28	*0.29*	0.39	*0.43*	0.40	*0.38*
Anzahl Individuelle Konflikte	0.92	0.64	1.40	*0.74*	1.31	*1.25*	0.93	*0.70*	0.77	*0.83*	1.20	*0.86*
Anzahl Individuell: Neue Konflikte	0.15	0.38	0.40	*0.63*	0.54	*0.78*	0.33	*0.49*	0.08	*0.28*	0.27	*0.59*
Übergabehöhe korrekt	29.00	4.43	26.87	*7.41*	30.00	*3.08*	29.07	*3.95*	29.62	*4.07*	29.33	*4.69*
Zusätzliche Flugzeit	-56.92	180.69	38.73	*290.41*	78.69	*530.06*	-87.47	*173.72*	-67.15	*157.70*	-101.93	*154.61*
Heterogenität Individuelle Konflikte	0.38	0.87	0.62	*0.62*	0.10	*0.86*	0.33	*0.90*	0.31	*0.48*	0.76	*0.43*
Heterogenität Übergabehöhe	0.08	0.13	0.11	*0.25*	0.10	*0.10*	0.12	*0.15*	0.07	*0.09*	0.10	*0.19*
Heterogenität Schweregrad Individuelle Konflikte	0.96	0.08	0.83	*0.31*	0.71	*0.37*	0.89	*0.25*	0.80	*0.26*	0.94	*0.18*

Tabelle 42 Deskriptive Daten zur mentalen Beanspruchung Studie Erfahrung

Skala		R1	*R1_sd*	R2	*R2_sd*	R3	*R3_sd*
Aufbau und Erhalt von Situationsbewusstsein	*WJ*	14.73	*4.81*	14.13	*5.47*	12.77	*5.49*
	WN	14.77	*4.79*	13.42	*5.19*	11.88	*5.55*
Monitoring der Informationsquellen	*WJ*	13.93	*4.43*	13.50	*5.86*	11.30	*5.44*
	WN	13.50	*4.53*	12.73	*6.34*	10.88	*5.49*
Memory Management	*WJ*	16.93	*4.17*	15.20	*5.37*	13.27	*5.09*
	WN	14.12	*4.46*	13.92	*4.35*	12.31	*4.72*
Steuerung des Arbeitsplatzes	*WJ*	13.33	*4.41*	12.93	*5.45*	11.07	*5.45*
	WN	12.42	*4.49*	12.58	*6.24*	10.27	*4.38*
Diagnose und Erkennen von Problemen	*WJ*	14.30	*4.72*	14.03	*5.82*	12.37	*5.40*
	WN	13.38	*4.88*	13.08	*6.05*	11.27	*5.28*
Entscheidungsfindung und Problemlösung	*WJ*	13.93	*4.65*	14.07	*5.19*	12.43	*5.42*
	WN	13.19	*4.47*	12.65	*4.66*	12.31	*4.91*
Management kognitiver Ressourcen und Multi-Tasking	*WJ*	14.10	*3.95*	13.73	*4.95*	12.33	*5.32*
	WN	13.00	*3.90*	13.27	*5.50*	10.73	*4.16*
Bewusstsein im Team	*WJ*	12.63	*3.82*	14.00	*5.63*	11.23	*5.26*
	WN	12.27	*4.41*	11.12	*4.68*	10.27	*4.56*

E.3 Kommunikationsverhalten

Tabelle 43 Deskriptive Werte zum Kommunikationsprofile Studie Erfahrung

		R1	*SD*	R2	*SD*	R3	*SD*
Austausch Flugdaten	WJ	78.80	*26.94*	84.20	*20.99*	88.53	*27.70*
	WN	88.00	*35.56*	80.77	*23.54*	92.62	*27.05*
Kein Konflikt	WJ	11.93	*8.88*	15.13	*7.65*	18.60	*9.09*
	WN	17.00	*8.25*	16.62	*10.45*	18.54	*12.93*
Konfliktlösung	WJ	43.73	*24.99*	42.20	*19.86*	40.87	*22.05*
	WN	43.31	*17.21*	45.69	*21.20*	48.38	*23.16*
Kommentiere Benutzereingabe	WJ	25.80	*13.41*	23.53	*10.09*	24.53	*13.23*
	WN	24.92	*12.28*	27.23	*11.16*	29.08	*12.86*
Rückmeldung	WJ	27.73	*16.78*	31.47	*16.36*	39.47	*20.10*
	WN	28.62	*15.95*	25.62	*9.40*	34.46	*12.86*
ohne Aufgabenbezug	WJ	22.73	*15.89*	19.13	*12.94*	29.93	*25.29*
	WN	27.85	*33.47*	39.23	*44.21*	28.77	*23.78*
Rest	WJ	5.67	*4.35*	6.20	*3.32*	4.07	*3.01*
	WN	5.77	*3.19*	5.23	*2.62*	5.54	*3.71*

Tabelle 44 Mittlere Häufigkeiten des kategorisierten Zeitpunkts der initialen Interaktion

Kategorie		R1	*R1_sd*	R2	*R2_sd*	R3	*R3_sd*
früher als erwartet	WJ	16.73	*6.37*	20.80	*6.60*	24.00	*7.07*
	WN	18.23	*6.86*	18.77	*7.19*	23.38	*5.61*
eher früh	WJ	6.07	*2.87*	4.53	*2.97*	3.67	*2.19*
	WN	5.69	*2.66*	5.62	*2.18*	4.31	*3.28*
eher spät	WJ	2.47	*2.03*	1.60	*1.45*	1.07	*1.53*
	WN	2.77	*1.79*	2.00	*1.78*	1.54	*1.56*
zu spät	WJ	1.00	*0.93*	0.67	*0.72*	0.47	*0.74*
	WN	0.54	*0.97*	0.85	*1.34*	0.46	*0.97*
nicht kommuniziert	WJ	6.73	*4.08*	5.40	*4.08*	3.80	*4.48*
	WN	5.77	*3.68*	5.77	*4.51*	3.31	*2.36*

Tabelle 45 Übersicht der Metriken des Kommunikationsverhaltens Studie Erfahrung Durchgang 1

Verhaltensweise	Metrik	kein Wechsel		mit Wechsel		df	t	p	sig
									Komponenten-Komplexität
Irrelevanter Informationsaustausch	LFZ mit Monitoring (Informationsaustausch), ohne geplanten Kommunikationsbedarf	7.92	*2.29*	7.13	*2.92*	25.77	0.80	.431	
	Irrelevante Interaktionen	19.00	*9.87*	14.47	*7.62*	22.46	1.34	.192	
Schwerpunkt der übermittelten Informationen	Insgesamt verfügbare Menge irrelevanter Informationen	1.45	*0.42*	1.33	*0.36*	23.92	0.80	.430	
	durchschnittliche Anzahl Routeninformation pro LFZ	0.88	*0.28*	0.79	*0.30*	25.93	0.86	.396	
	durchschnittliche Anzahl Speedinformation pro LFZ	0.23	*0.18*	0.22	*0.24*	25.58	0.17	.868	
LFZ mit geplanten Konflikt ohne Monitoring	Flugzeuge ohne Monitoring	5.54	*3.64*	6.60	*4.10*	25.98	-0.73	.475	
	Relevante LFZ ohne Monitoring	2.46	*2.07*	2.73	*1.53*	21.91	-0.39	.700	
	LFZ mit geplantem Konflikt und ohne Monitoring	1.38	*1.39*	1.87	*1.30*	24.89	-0.94	.354	
									Dynamische Komplexität
Zeitpunkt des Monitoring der Flugzeuge	mittlerer Distanz Erstkontakt	15.21	*25.82*	22.87	*30.54*	25.99	-0.72	.479	
	mittlerer Distanz Datenaustausch nach Erstkontakt	112.88	*37.43*	125.87	*37.15*	25.38	-0.92	.367	
	mittlere relative Distanz	1.54	*0.59*	1.26	*0.45*	22.48	1.38	.181	
Zeitpunkt Monitoring von Konflikte	Mittlere Distanz zu geplantem Konfliktzeitpunkt [s]	45.41	*48.31*	16.19	*50.48*	25.72	1.56	.130	
	Mittlere zeitliche Distanz vor Separationsverletzung	64.82	*131.53*	36.13	*63.00*	16.95	0.71	.485	
Menge und Anteil pro-aktives Monitoring	Monitoring gesamt	88.00	*35.56*	78.80	*26.94*	22.20	0.76	.454	
	n Monitoring pro-aktiv	26.46	*19.13*	24.47	*15.65*	23.25	0.30	.768	
	n Informationen pro-aktiv	35.85	*25.96*	34.40	*23.42*	24.46	0.15	.879	
	n LFZ initial pro-aktiv	17.23	*9.05*	16.67	*9.35*	25.65	0.16	.873	
									Koordinative Komplexität
Kommunikations sequenzen	Anzahl Transitionen	198.85	*80.44*	183.33	*71.12*	24.23	0.54	.596	
	Anzahl verwendeter erwartetet Transitionen	11.85	*2.15*	11.27	*3.06*	25.04	0.59	.564	
	Anteil erwarteter Transitionen für Kategorien mit Aufgabenbezug	0.53	*0.06*	0.54	*0.08*	25.35	-0.34	.735	
	n erwartete Transitionen gesamt	124.54	*45.17*	114.00	*45.60*	25.51	0.61	.545	
Kommunikation von Lösungen	**Anzahl Chunks mit Sequenz expliziter Konfliktlösung**	**4.46**	***1.81***	**3.13**	***2.17***	**25.97**	**1.77**	**.089**	**.**
	Anzahl Chunks mit impliziter Koordination	3.15	*2.64*	3.80	*2.88*	25.90	-0.62	.542	
	Anzahl Chunks mit Situationsanalyse „Kein Konflikt“	**13.62**	***6.32***	**9.53**	***6.27***	**25.37**	**1.71**	**.099**	**.**
	Geplante Konflikte mit Konfliktanalyse (Plan + Folge)	13.31	*1.11*	12.00	*3.05*	18.12	1.55	.139	
	Lösungsvorschlag für geplante Separationsverletzung	5.00	*1.29*	4.87	*1.19*	24.68	0.28	.780	
	Situationsanalyse -- Separationsverletzung Neu	3.62	*2.22*	3.33	*3.02*	25.39	0.28	.779	
	n Interaktionsevents Lösungsvorschlag geplante Konflikte	16.62	*5.68*	17.00	*10.07*	22.61	-0.13	.900	
	Länge der Phase Lösungsvorschlag	1.32	*0.14*	1.31	*0.11*	22.85	0.23	.817	
Frühzeitige Lösungsvorschläge	**TTC Lösungsvorschlag – Separationsverletzung**	**99.39**	***56.86***	**34.14**	***26.24***	**13.34**	**3.52**	**.004**	*****
	Zeitdistanz Lösungsvorschlag - geplanter Konflikt	**115.00**	***26.23***	**91.31**	***35.78***	**25.36**	**2.01**	**.055**	**.**
	Anzahl Separationsverletzung mit Analyse	2.77	*1.92*	2.87	*2.03*	25.77	-0.13	.897	
	Anzahl Separationsverletzung ohne Analyse	0.92	*0.76*	1.47	*1.30*	23.01	-1.37	.184	
Kommunikation von Benutzereingaben	Anzahl Benutzereingaben	77.54	*28.78*	84.73	*34.03*	25.99	-0.61	.550	
	Anzahl LFZ mit Benutzereingaben	28.31	*5.42*	28.33	*6.01*	25.95	-0.01	.991	
	Anzahl Höhenänderung	24.08	*7.41*	27.93	*10.73*	24.86	-1.12	.274	
	Anzahl Änderung Geschwindigkeit	41.69	*17.92*	42.00	*13.83*	22.46	-0.05	.960	

	Anzahl Routenänderung	9.46	*10.68*	12.33	*16.77*	24.03	-0.55	.589
	Anzahl Benutzereingaben nicht kommuniziert	27.92	*12.80*	31.40	*17.74*	25.25	-0.60	.554
	Anzahl Benutzereingaben kommuniziert	24.23	*11.05*	24.40	*14.67*	25.56	-0.03	.973
	Anzahl Höhenänderungen nicht kommuniziert	19.08	*7.14*	19.07	*11.01*	24.22	0.00	.998
	Anzahl Höhenänderungen kommuniziert	12.92	*3.86*	13.27	*6.99*	22.35	-0.16	.871
	Länge der Phase „Implementierung“	1.00	*1.08*	1.27	*1.75*	23.67	-0.49	.627
Frühzeitige Kommunikation Benutzereingabe	Mittlere Distanz Kommunikation der Benutzereingabe	3.52	*8.37*	0.17	*18.31*	18.49	0.62	.543
	Mittlere absolute Distanz Kommunikation Benutzereingabe	26.59	*9.35*	25.91	*13.01*	23.58	0.16	.876
Closed-Loop-Kommunikation	Anzahl Rückmeldung	28.62	*15.95*	27.73	*16.78*	25.75	0.14	.888
	n Chunks mit Rückmeldung	18.85	*8.04*	18.93	*9.48*	25.99	-0.03	.979

Tabelle 46 Übersicht der Metriken des Kommunikationsverhaltens Studie Erfahrung Durchgang 2

Verhaltensweise	Metrik	kein Wechsel		mit Wechsel		df	t	p	sig
									Komponenten-Komplexität
Irrelevanter Informationsaustausch	LFZ mit Monitoring (Informationsaustausch), ohne geplanten Kommunikationsbedarf	8.15	*2.15*	7.60	*2.72*	25.82	0.6	.553	
	Irrelevante Interaktionen	17.38	*7.53*	16.00	*7.49*	25.4	0.49	.631	
Schwerpunkt der übermittelten Informationen	Insgesamt verfügbare Menge irrelevanter Informationen	1.42	*0.38*	1.42	*0.39*	25.65	0.03	.979	
	durchschnittliche Anzahl Routeninformation pro LFZ	0.96	*0.28*	0.94	*0.25*	24.18	0.2	.847	
	durchschnittliche Anzahl Speedinformation pro LFZ	0.17	*0.14*	0.21	*0.22*	23.58	-0.57	.573	
LFZ mit geplanten Konflikt ohne Monitoring	Flugzeuge ohne Monitoring	5.46	*4.56*	5.13	*3.93*	23.92	0.2	.841	
	Relevante LFZ ohne Monitoring	2.62	*2.93*	1.73	*1.75*	19.01	0.95	.355	
	LFZ mit geplantem Konflikt und ohne Monitoring	1.92	*2.02*	1.20	*1.52*	22.12	1.06	.302	
									Dynamische Komplexität
Zeitpunkt des Monitoring der Flugzeuge	mittlerer Distanz Erstkontakt	11.44	*24.61*	5.36	*28.80*	26	0.6	.552	
	mittlerer Distanz Datenaustausch nach Erstkontakt	123.73	*56.27*	97.60	*29.28*	17.47	1.51	.15	
	mittlere relative Distanz	1.39	*0.43*	1.44	*0.36*	23.37	-0.34	.739	
Zeitpunkt Monitoring von Konflikte	**Mittlere Distanz zu geplantem Konfliktzeitpunkt [s]**	**1.42**	***63.72***	**39.15**	***43.45***	**20.73**	**-1.8**	**.086**	**.**
	Mittlere zeitliche Distanz vor Separationsverletzung	51.73	*116.95*	98.42	*62.03*	18.26	-1.27	.22	
Menge und Anteil pro-aktives Monitoring	Monitoring gesamt	80.77	*23.54*	84.20	*20.99*	24.34	-0.4	.69	
	n Monitoring pro-aktiv	27.85	*15.98*	28.53	*14.90*	24.82	-0.12	.908	
	n Informationen pro-aktiv	42.15	*27.36*	42.80	*23.91*	24.09	-0.07	.948	
	n LFZ initial pro-aktiv	19.54	*9.57*	19.60	*9.32*	25.22	-0.02	.986	
									Koordinative Komplexität
Kommunikationssequenzen	Anzahl Transitionen								
	Anzahl verwendeter erwartetet Transitionen	12.38	*2.43*	11.20	*1.82*	22.02	1.44	.164	
	Anteil erwarteter Transitionen für Kategorien mit Aufgabenbezug	0.53	*0.06*	0.54	*0.08*	24.8	-0.19	.848	
	n erwartete Transitionen gesamt	126.77	*44.95*	116.13	*33.14*	21.82	0.7	.489	
Kommunikation von Lösungen	Anzahl Chunks mit Sequenz expliziter Konfliktlösung	3.23	*2.01*	2.93	*2.34*	26	0.36	.72	
	Anzahl Chunks mit impliziter Koordination	4.15	*2.41*	3.33	*2.66*	25.94	0.86	.4	
	Anzahl Chunks mit Situationsanalyse „Kein Konflikt“	12.69	*7.05*	11.73	*5.24*	21.94	0.4	.691	
	Geplante Konflikte mit Konfliktanalyse (Plan + Folge)	12.23	*2.71*	13.33	*2.13*	22.68	-1.18	.249	
	Lösungsvorschlag für geplante Separationsverletzung	**4.38**	***1.39***	**5.80**	***2.01***	**24.87**	**-2.19**	**.038**	*****
	Situationsanalyse -- Separationsverletzung Neu	**5.54**	***3.73***	**2.80**	***2.46***	**20.25**	**2.26**	**.035**	*****
	n Interaktionsevents Lösungsvorschlag geplante Konflikte	15.31	*8.49*	18.80	*8.69*	25.6	-1.07	.293	
	Länge der Phase Lösungsvorschlag	1.32	*0.12*	1.38	*0.14*	25.95	-1.35	.188	
Frühzeitige Lösungsvorschläge	TTC Lösungsvorschlag – Separationsverletzung	73.87	*58.63*	73.26	*38.21*	18.92	0.03	.976	
	Zeitdistanz Lösungsvorschlag - geplanter Konflikt	113.98	*38.65*	108.89	*30.75*	22.88	0.38	.706	
	Anzahl Separationsverletzung mit Analyse	2.15	*1.46*	3.13	*2.42*	23.46	-1.32	.201	
	Anzahl Separationsverletzung ohne Analyse	1.62	*1.71*	1.27	*1.03*	19.15	0.64	.529	
Kommunikation von Benutzereingaben	Anzahl Benutzereingaben	93.00	*36.01*	79.60	*16.61*	16.35	1.23	.235	
	Anzahl LFZ mit Benutzereingaben	29.46	*4.72*	29.40	*4.90*	25.68	0.03	.973	
	Anzahl Höhenänderung	30.00	*8.06*	26.20	*9.62*	25.98	1.14	.266	
	Anzahl Änderung Geschwindigkeit	49.46	*19.53*	44.80	*9.45*	16.77	0.78	.444	
	Anzahl Routenänderung	12.15	*15.60*	6.47	*6.17*	15.24	1.23	.236	
	Anzahl Benutzereingaben nicht	31.08	*14.45*	33.40	*12.60*	24.07	-0.45	.657	

	kommuniziert								
	Anzahl Benutzereingaben kommuniziert	27.23	*11.96*	22.80	*9.62*	23.03	1.07	.296	
	Anzahl Höhenänderungen nicht kommuniziert	22.08	*7.82*	17.33	*7.36*	24.92	1.65	.112	
	Anzahl Höhenänderungen kommuniziert	12.77	*4.76*	12.33	*5.22*	25.91	0.23	.819	
	Länge der Phase „Implementierung“	**1.23**	***1.01***	**0.53**	***0.64***	**19.72**	**2.14**	**.045**	*****
Frühzeitige Kommunikation Benutzereingabe	**Mittlere Distanz Kommunikation der Benutzereingabe**	**-4.77**	***12.63***	**4.64**	***11.83***	**24.86**	**-2.03**	**.054**	**.**
	Mittlere absolute Distanz Kommunikation Benutzereingabe	26.81	*11.23*	28.06	*10.57*	24.91	-0.3	.765	
Closed-Loop-Kommunikation	Anzahl Rückmeldung	25.62	*9.40*	31.47	*16.36*	22.84	-1.18	.251	
	n Chunks mit Rückmeldung	18.69	*4.84*	19.53	*7.62*	23.99	-0.35	.727	

Tabelle 47 Übersicht der Metriken des Kommunikationsverhaltens Studie Erfahrung Durchgang 3

Verhaltensweise	Metrik	kein Wechsel		mit Wechsel		df	t	p	sig
									Komponenten-Komplexität
Irrelevanter Informationsaustausch	LFZ mit Monitoring (Informationsaustausch), ohne geplanten Kommunikationsbedarf	9.15	*1.57*	9.00	*2.27*	24.90	0.21	.835	
	Irrelevante Interaktionen	21.00	*5.96*	20.67	*8.57*	24.92	0.12	.905	
Schwerpunkt der übermittelten Informationen	Insgesamt verfügbare Menge irrelevanter Informationen	1.62	*0.45*	1.62	*0.38*	23.59	-0.05	.957	
	durchschnittliche Anzahl Routeninformation pro LFZ	1.07	*0.27*	1.08	*0.30*	25.90	-0.05	.961	
	durchschnittliche Anzahl Speedinformation pro LFZ	0.19	*0.22*	0.20	*0.20*	24.63	-0.09	.927	
LFZ mit geplanten Konflikt ohne Monitoring	Flugzeuge ohne Monitoring	3.15	*2.15*	3.73	*4.35*	21.08	-0.46	.653	
	Relevante LFZ ohne Monitoring	1.31	*0.85*	1.73	*2.22*	18.57	-0.69	.501	
	LFZ mit geplantem Konflikt und ohne Monitoring	0.54	*0.66*	1.00	*1.31*	21.28	-1.20	.243	
									Dynamische Komplexität
Zeitpunkt des Monitoring der Flugzeuge	mittlerer Distanz Erstkontakt	-1.84	*23.13*	-8.70	*26.47*	26.00	0.73	.471	
	mittlerer Distanz Datenaustausch nach Erstkontakt	117.43	*20.36*	109.46	*30.27*	24.61	0.83	.416	
	mittlere relative Distanz	1.59	*0.42*	1.52	*0.41*	25.43	0.44	.663	
Zeitpunkt Monitoring von Konflikte	Mittlere Distanz zu geplantem Konfliktzeitpunkt [s]	31.05	*31.42*	34.33	*41.59*	25.57	-0.24	.814	
	Mittlere zeitliche Distanz vor Separationsverletzung	41.88	*81.66*	49.77	*60.35*	22.10	-0.28	.782	
Menge und Anteil pro-aktives Monitoring	Monitoring gesamt	92.62	*27.05*	88.53	*27.70*	25.60	0.39	.697	
	n Monitoring pro-aktiv	35.54	*16.74*	36.00	*16.42*	25.29	-0.07	.942	
	n Informationen pro-aktiv	52.62	*25.34*	58.27	*28.09*	25.95	-0.56	.581	
	n LFZ initial pro-aktiv	22.62	*7.93*	24.00	*8.59*	25.87	-0.44	.661	
									Koordinative Komplexität
Kommunikationssequenzen	Anzahl Transitionen	218.92	73.13	213.20	87.31	25.98	0.19	.852	
	Anzahl verwendeter erwartetet Transitionen	12.31	1.97	12.07	1.67	23.67	0.35	.732	
	Anteil erwarteter Transitionen für Kategorien mit Aufgabenbezug	0.50	0.05	0.52	0.07	24.27	-0.85	.402	
	n erwartete Transitionen gesamt	130.08	42.52	123.93	44.61	25.74	0.37	.712	
Kommunikation von Lösungen	Anzahl Chunks mit Sequenz expliziter Konfliktlösung	3.00	2.55	2.93	2.37	24.81	0.07	.944	
	Anzahl Chunks mit impliziter Koordination	5.23	2.83	5.33	3.50	25.90	-0.09	.932	
	Anzahl Chunks mit Situationsanalyse „Kein Konflikt“	12.85	7.37	14.60	6.16	23.54	-0.68	.505	
	Geplante Konflikte mit Konfliktanalyse (Plan + Folge)	12.54	2.33	12.80	1.82	22.62	-0.33	.747	
	Lösungsvorschlag für geplante Separationsverletzung	5.00	1.91	5.13	1.55	23.13	-0.20	.843	
	Situationsanalyse -- Separationsverletzung Neu	4.31	2.75	4.00	3.89	25.07	0.24	.809	
	n Interaktionsevents Lösungsvorschlag geplante Konflikte	16.62	6.76	14.07	7.53	25.95	0.94	.354	
	Länge der Phase Lösungsvorschlag	1.35	0.11	1.32	0.15	25.43	0.66	.514	
Frühzeitige Lösungsvorschläge	TTC Lösungsvorschlag – Separationsverletzung	49.36	44.55	59.24	41.12	16.40	-0.50	.623	
	Zeitdistanz Lösungsvorschlag - geplanter Konflikt	107.22	23.64	116.87	18.07	22.32	-1.20	.243	
	Anzahl Separationsverletzung mit Analyse	1.92	1.32	2.27	1.39	25.74	-0.67	.508	
	Anzahl Separationsverletzung ohne Analyse	0.62	0.87	1.20	1.01	26.00	-1.64	.113	
Kommunikation von Benutzereingaben	Anzahl Benutzereingaben	83.92	22.17	80.33	32.08	24.87	0.35	.731	
	Anzahl LFZ mit Benutzereingaben	30.85	3.83	29.33	4.70	25.92	0.94	.357	
	Anzahl Höhenänderung	28.46	8.66	23.93	8.08	24.82	1.42	.167	
	Anzahl Änderung Geschwindigkeit	50.54	16.02	44.73	14.09	24.18	1.01	.322	
	Anzahl Routenänderung	6.23	6.75	10.27	13.39	21.27	-1.03	.316	

	Anzahl Benutzereingaben nicht kommuniziert	29.92	10.64	30.20	21.18	21.24	-0.04	.965	
	Anzahl Benutzereingaben kommuniziert	28.69	13.95	23.87	12.45	24.34	0.96	.347	
	Anzahl Höhenänderungen nicht kommuniziert	**21.54**	**8.38**	**16.27**	**6.16**	**21.77**	**1.87**	**.075**	**.**
	Anzahl Höhenänderungen kommuniziert	14.15	6.19	11.00	4.28	20.91	1.55	.137	
	Länge der Phase „Implementierung“	1.31	1.70	0.73	0.88	17.45	1.10	.288	
Frühzeitige Kommunikation Benutzereingabe	Mittlere Distanz Kommunikation der Benutzereingabe	-0.10	10.03	2.20	7.13	21.32	-0.69	.498	
	Mittlere absolute Distanz Kommunikation Benutzereingabe	**22.31**	**6.06**	**28.90**	**12.61**	**20.73**	**-1.80**	**.087**	**.**
Closed-Loop-Kommunikation	Anzahl Rückmeldung	34.46	12.86	39.47	20.10	24.08	-0.79	.435	
	n Chunks mit Rückmeldung	22.31	7.71	24.67	9.76	25.81	-0.71	.482	

F STUDIE „KOMMUNIKATIONSMEDIUM“

F.1 Leistung

Tabelle 48 Deskriptive Werte der Teamleistung Studie Kommunikationsmedium

Aspekt von Leistung	Metrik	Chat	*SD*	Funk	*SD*
Primäres Ziel	Anzahl Konflikte	6.00	*3.25*	4.18	*2.70*
Primäres Ziel	Schweregrad der Konflikte	267.29	*202.77*	148.06	*129.51*
Teamleitung - quantitativ	Anzahl Teamkonflikte	4.43	*2.69*	2.54	*2.17*
	Team: Geplante Konflikte	2.96	*1.67*	1.79	*1.69*
	Team: Folgekonflikte	1.00	*0.86*	0.68	*0.82*
	Team: Neue Konflikte	0.46	*0.96*	0.07	*0.26*
Zusammensetzung der Teamkonflikte	Team: Geplante Konflikte_%	0.71	*0.20*	0.69	*0.34*
	Team: Folgekonflikte_%	0.22	*0.16*	0.29	*0.34*
	Team: Neue Konflikte_%	0.07	*0.13*	0.03	*0.10*
Schweregrad der Teamkonflikte	Schweregrad der Teamkonflikte	217.59	*190.24*	92.31	*95.41*
	Schweregrad Individuelle Konflikte	49.70	*44.53*	55.74	*51.53*
	Schweregrad Team: Geplante Konflikte	137.73	*126.89*	63.85	*81.72*
	Schweregrad Team: Folgekonflikte	46.35	*45.51*	23.54	*29.88*
	Schweregrad Team: Neue Konflikte	33.50	*86.94*	4.92	*18.37*
Anteile Schweregrad Teamkonflikte	Schweregrad Team: Geplante Konflikte_%	0.67	*0.27*	0.64	*0.41*
	Schweregrad Team: Folgekonflikte_%	0.26	*0.24*	0.33	*0.41*
	Schweregrad Team: Neue Konflikte_%	0.08	*0.16*	0.04	*0.15*
Individuelle vs. Teamleistung	Anteil Teamkonflikte an allen Konflikten	0.71	*0.25*	0.62	*0.27*
	Anteil Schweregrad der Teamkonflikte	0.75	*0.27*	0.62	*0.28*
	Anteil Schweregrad der Individuellen Konflikte	0.25	*0.27*	0.38	*0.28*
Individuelle Leistung	Anzahl Individuelle Konflikte	1.57	*1.17*	1.64	*1.37*
	Anzahl Individuell: Neue Konflikte	0.71	*0.85*	0.68	*0.90*
Sekundäres Ziel	Übergabehöhe korrekt	27.71	*4.73*	27.93	*4.25*
Tertiäres Ziel	Zusätzliche Flugzeit	83.57	*312.97*	-12.04	*323.33*
Heterogenität des Teams	Heterogenität Individuelle Konflikte	0.10	*0.15*	0.11	*0.10*
	Heterogenität Übergabehöhe	0.68	*0.44*	0.60	*0.42*
	Heterogenität Schweregrad Individuelle Konflikte	0.82	*0.29*	0.70	*0.35*

F.2 Kommunikationsverhalten

Tabelle 49 Deskriptive Werte zum Kommunikationsprofil Studie Kommunikationsmedium

Kategorie	Chat	*SD*	Funk	*SD*
Kein Konflikt	4.18	*4.02*	11.86	*8.82*
Konfliktlösung	16.18	*10.54*	40.86	*25.32*
Austausch Flugdaten	59.57	*15.86*	87.54	*33.85*
Rückmeldung	11.61	*9.47*	16.50	*10.83*
ohne Aufgabenbezug	20.46	*26.60*	34.50	*36.20*
Kommentiere Benutzereingaben	14.50	*7.58*	14.21	*8.49*

Tabelle 50 Übersicht der Metriken des Kommunikationsverhaltens Studie Kommunikationsmedium

Verhaltensweise	Metrik	Chat		Funk		df	t	p	sig
									Komponenten-Komplexität
Irrelevanter Informationsaustausch	**LFZ mit Monitoring (Informationsaustausch), ohne geplanten Kommunikationsbedarf**	**6.93**	***2.68***	**7.64**	***3.08***	**27**	**-2.15**	**.041**	*
	Irrelevante Interaktionen	**11.93**	***5.31***	**20.21**	***12.86***	**27**	**-4.48**	**.000**	*
Schwerpunkt der übermittelten Informationen	**Insgesamt verfügbare Menge irrelevanter Informationen**	**1.37**	***0.48***	**1.65**	***0.59***	**27**	**-3.05**	**.005**	*
	durchschnittliche Anzahl Routeninformation pro LFZ	**0.80**	***0.29***	**0.98**	***0.35***	**27**	**-3.60**	**.001**	*
	durchschnittliche Anzahl Speedinformation pro LFZ	0.32	*0.36*	0.33	*0.37*	27	-0.14	.892	
LFZ mit geplanten Konflikt ohne Monitoring	**Flugzeuge ohne Monitoring**	**5.82**	***5.68***	**4.57**	***5.85***	**27**	**2.28**	**.031**	*
	Relevante LFZ ohne Monitoring	2.75	*3.24*	2.21	*2.90*	27	1.41	.170	
	LFZ mit geplantem Konflikt und ohne Monitoring	1.61	*2.17*	1.25	*1.94*	27	1.36	.186	
									Dynamische Komplexität
Zeitpunkt des Monitoring der Flugzeuge	mittlerer Distanz Erstkontakt	12.54	*28.00*	7.34	*30.87*	27	1.01	.323	
	mittlerer Distanz Datenaustausch nach Erstkontakt	116.57	*36.31*	118.25	*33.93*	27	-0.18	.859	
	mittlere relative Distanz	1.28	*0.35*	1.35	*0.31*	27	-1.04	.307	
Zeitpunkt Monitoring von Konflikte	Mittlere Distanz zu geplantem Konfliktzeitpunkt [s]	17.04	*60.74*	24.19	*41.36*	27	-0.61	.546	
	Mittlere zeitliche Distanz vor Separationsverletzung	64.55	*79.05*	29.67	*73.97*	27	1.92	.065	.
Menge und Anteil pro-aktives Monitoring	**Monitoring gesamt**	**59.57**	***15.86***	**87.54**	***40.96***	**27**	**-5.06**	**.000**	*
	n Monitoring pro-aktiv	32.00	*16.34*	36.00	*17.56*	27	-1.74	.093	.
	n Informationen pro-aktiv	53.79	*33.89*	59.57	*34.78*	27	-1.15	.262	
	n LFZ initial pro-aktiv	21.46	*9.36*	22.68	*9.24*	27	-1.15	.260	
									Koordinative Komplexität
Kommunikations sequenzen	**Anzahl Transitionen**	**109.82**	***50.26***	**178.04**	***98.33***	**27**	**-5.71**	**.000**	*
	Anzahl verwendeter erwartetet Transitionen	**8.00**	***3.04***	**9.79**	***3.51***	**27**	**-3.23**	**.003**	*
	Anteil erwarteter Transitionen für Kategorien mit Aufgabenbezug	0.31	*0.08*	0.30	*0.09*	27	0.53	.598	
	n erwartete Transitionen gesamt	**44.25**	***12.53***	**76.82**	***37.94***	**27**	**-5.44**	**.000**	*
Kommunikation von Lösungen	**Anzahl Chunks mit Sequenz expliziter Konfliktlösung**	**3.11**	***2.23***	**4.50**	***3.21***	**27**	**-2.31**	**.029**	*
	Anzahl Chunks mit impliziter Koordination	4.18	*2.93*	3.96	*3.24*	27	0.27	.789	
	Anzahl Chunks mit Situationsanalyse „Kein Konflikt“	**3.39**	***3.17***	**8.54**	***7.13***	**27**	**-4.75**	**.000**	*
	Geplante Konflikte mit Konfliktanalyse (Plan + Folge)	**4.29**	***2.89***	**7.75**	***3.13***	**27**	**-5.92**	**.000**	*
	Lösungsvorschlag für geplante Separationsverletzung	**2.93**	***2.11***	**4.89**	***2.08***	**27**	**-4.43**	**.000**	*
	Situationsanalyse -- Separationsverletzung Neu	**1.64**	***1.62***	**4.89**	***5.02***	**27**	**-4.54**	**.000**	*
	n Interaktionsevents Lösungsvorschlag geplante Konflikte	**6.32**	***4.55***	**14.29**	***9.55***	**27**	**-4.76**	**.000**	*
	Länge der Phase Lösungsvorschlag	1.24	*0.31*	1.34	*0.23*	27	-1.29	.208	
Frühzeitige Lösungsvorschläge	TTC Lösungsvorschlag – Separationsverletzung	36.77	*42.27*	62.26	*58.69*	27	-1.72	.097	.
	Zeitdistanz Lösungsvorschlag - geplanter Konflikt	**75.44**	***39.98***	**102.08**	***30.40***	**27**	**-2.76**	**.010**	*
	Anzahl Separationsverletzung mit Analyse	2.36	*1.99*	2.32	*2.02*	27	0.11	.915	
	Anzahl Separationsverletzung ohne Analyse	**3.82**	***2.68***	**1.68**	***1.63***	**27**	**4.55**	**.000**	*
Kommunikation	Anzahl Benutzereingaben	72.57	*31.44*	77.25	*29.82*	27	-1.42	.167	

von Benutzereingaben	**Anzahl LFZ mit Benutzereingaben**	**24.82**	***5.99***	**26.71**	***6.41***	**27**	**-3.13**	**.004**	*
	Anzahl Höhenänderung	**22.54**	***9.52***	**24.96**	***11.15***	**27**	**-2.37**	**.025**	*
	Anzahl Änderung Geschwindigkeit	**30.96**	***16.47***	**36.68**	***16.88***	**27**	**-2.27**	**.031**	*
	Anzahl Routenänderung	19.68	*20.33*	15.50	*15.43*	27	1.54	.135	
	Anzahl Benutzereingaben nicht kommuniziert	38.79	*23.99*	46.32	*25.07*	27	-1.57	.127	
	Anzahl Benutzereingaben kommuniziert	33.79	*19.85*	30.93	*15.99*	27	0.79	.435	
	Anzahl Höhenänderungen nicht kommuniziert	9.50	*7.37*	12.36	*8.86*	27	-1.68	.104	
	Anzahl Höhenänderungen kommuniziert	13.04	*6.62*	12.61	*7.59*	27	0.28	.778	
	Länge der Phase „Implementierung“	**1.03**	***0.07***	**1.00**	***0.01***	**27**	**2.29**	**.030**	*
Frühzeitige Kommunikation Benutzereingabe	**Mittlere Distanz Kommunikation der Benutzereingabe**	**-16.80**	***15.89***	**1.34**	***20.28***	**27**	**-3.74**	**.001**	*
	Mittlere absolute Distanz Kommunikation Benutzereingabe	30.66	*14.54*	29.59	*13.00*	27	0.27	.792	
Closed-Loop-Kommunikation	**Anzahl Rückmeldung**	**11.61**	***9.47***	**16.50**	***11.71***	**27**	**-2.50**	**.019**	*
	n Chunks mit Rückmeldung	**8.71**	***6.31***	**12.82**	***8.67***	**27**	**-2.95**	**.006**	*