

NEUGESTALTUNG DER ADMINISTRATION VON FLUGVERSUCHEN

J. Kistner & E. Özger, Technische Hochschule Ingolstadt,
Esplanade 10 Ingolstadt, Deutschland

Zusammenfassung

Da Flugzeugsysteme immer komplexer werden, nimmt der Aufwand für die Zulassung der Luftfahrzeuge inzwischen größere Dimensionen an als die Entwicklung. Die beteiligten Ingenieure sehen sich dabei einem zunehmenden administrativen Arbeitsaufwand ausgesetzt, der bei der Erfüllung der technischen Aufgaben hinderlich sein kann. Um diesem Phänomen entgegenzuwirken, soll eine Software eingesetzt werden, die administrative Aufgaben erleichtern oder sogar übernehmen kann. Im ersten Teil dieses Papers soll anhand der Analyse von veröffentlichter Literatur und vorhandener Software erstens festgestellt werden, ob der Einsatz solcher Software sinnvoll ist und zweitens, ob bereits erfolgte Entwicklungen genutzt werden können oder ob es notwendig ist, solche Software von Grund auf neu zu entwickeln. Zu diesem Zweck werden Anforderungen aus den Vorgehensweisen des Testens im Maschinenbau abgeleitet. Ergebnisse aus der Literatur bestätigen, dass diese Art von Software in projektbezogenen Tätigkeitsfeldern leistungssteigernde Effekte hat. Es konnte jedoch keine davon als geeignet oder gar als für diesen Zweck ausgelegt identifiziert werden. Darüber hinaus konnte keine Literatur zu Entwicklungsansätzen entsprechender Software gefunden werden. Zusammenfassend wird die grundsätzliche Neuentwicklung eines computergestützten Systems zur Verbesserung der Zertifizierungs- und Prüfsystematik in der Luftfahrt als sinnvoll erachtet. Daher wird im zweiten Teil dieser Arbeit beispielhaft ein Konzept zur Administration von Flugversuchen im Vergleich zum bisherigen Vorgehen einschließlich des erwarteten Nutzens vorgestellt. Erste Fortschritte bei der Entwicklung und Implementierung einer solchen Software unter Verwendung von MATLAB werden präsentiert.

1. EINLEITUNG

Flugversuchingenieure klagen über den wachsenden Anteil administrativer Aufgaben an ihrer beruflichen Tätigkeit, da dadurch weniger Ressourcen für ihre Hauptarbeit zur Verfügung stehen. Dieser Ineffizienz soll durch den Einsatz von Software entgegengewirkt werden, die die administrativen Tätigkeiten bei der Prüfung und Zulassung von Luftfahrzeugen vereinfacht. Diese Software wird in diesem Paper mit der Bezeichnung *Management- und Informationssystem* (MIS) beschrieben. Der Name leitet sich aus dem Anwendungszweck ab. Kleine und mittlere Flugzeugentwickler verfügen in der Regel nicht über die Ressourcen, um selbst eine angepasste Lösung zu entwickeln oder entwickeln zu lassen. Dies ist der Grund für die Motivation dieser und folgender Arbeiten.

Das übergeordnete Ziel ist daher die Entwicklung eines MIS, das als zentrale Plattform für den Austausch von internen Informationen und Dokumenten für die Prüfung und Zulassung von Flugzeugen dient. Mit einem Minimum an Aufwand soll der einzelne Ingenieur in der Lage sein, sich selbst und andere über Planung, Spezifikationen, Ausführung und Ergebnisse zu informieren und die zugehörigen Dokumente auszutauschen.

Bevor Anstrengungen zur Entwicklung eines neuen MIS unternommen werden, ist es zunächst wichtig, die Sinnhaftigkeit dieses Projekts zu beurteilen. Aus diesem Grund muss - obwohl es bereits eine Nachfrage nach einer solchen Software gibt - zunächst geprüft werden, ob

die erhofften Qualitäten überhaupt erreicht werden können. Dies führt zu Forschungsfrage 1.

F1: Kann der Benutzer eines MIS durch dessen Einsatz effektiver arbeiten?

Wenn F1 mit *nein* beantwortet wird, sollte man kein MIS verwenden. Wenn sie mit *ja* beantwortet werden kann, ist der Einsatz der Software sinnvoll. Dies bedeutet nicht unbedingt, dass die Entwicklung von Grund auf sinnvoll ist. Es ist denkbar, dass es bereits Software gibt, die ohne Probleme im Flugversuch eingesetzt werden kann. Folglich muss Frage 2 gestellt werden.

F2: Gibt es mindestens ein MIS, das die Anforderungen des Benutzers erfüllt?

Wenn F2 mit *ja* beantwortet werden kann, müsste gegebenenfalls ein bestehendes MIS angepasst werden. Lautet die Antwort auf Frage 2 *nein*, muss geprüft werden, ob an anderer Stelle bereits an der Entwicklung einer entsprechenden Lösung gearbeitet wird, die noch nicht verfügbar ist und auf der ein zukünftiges MIS aufbauen kann. Daher folgt Frage 3.

F3: Gibt es bereits Entwicklungsansätze für ein MIS zur zertifizierenden Flugerprobung?

Wenn F3 mit *ja* beantwortet werden kann, müsste die Entwicklung nicht von Grund auf, sondern auf einem bis dahin bereits erstellten Konzept basierend durchgeführt werden. Nur wenn F1 mit *ja* beantwortet werden kann und sowohl F2 als auch F3 mit *nein* beantwortet werden können, wird die grundlegende Entwicklung eines MIS für

die Luftfahrt als relevant angesehen. In diesem Fall stellt sich Frage 4.

F4: Wie muss ein Administration reduzierendes MIS angelegt sein?

Dies kann nicht mit *ja* oder *nein* beantwortet werden, sondern mit einem Konzept. Wenn dieses Konzept erstellt und umgesetzt ist, muss Frage 5 gestellt werden. Die Antwort bestimmt, ob das Konzept in Zukunft sinnvoll angewendet werden kann.

F5: Ist dieses Konzept adäquat, um das Problem zu lösen?

Dieses Paper ist somit in zwei Hauptteile gegliedert: Recherche und Entwicklung. Die Recherche bezieht sich auf verfügbare Literatur und Software.

Für die Literaturrecherche, die in Kapitel 2 beschrieben wird, wird zunächst die Methodik beschrieben, mit der geeignete Quellen ermittelt wurden. Es werden Kriterien für die Einsortierung der gefundenen Quellen vorgestellt und die verwendete Literatur kategorisiert. Anschließend werden die einzelnen Werke vorgestellt und die relevanten Inhalte zusammengefasst.

Ein ähnlicher Ansatz wird bei der Analyse potenzieller Software verfolgt, die in Kapitel 3 dokumentiert ist. Zu Beginn wird das Vorgehen bei der Erhebung beschrieben. Danach werden Einschlusskriterien für die identifizierte Software beschrieben. Für die Bewertung der übrigen Software werden zunächst relevante Systemattribute abgeleitet, gegen die die einzelnen Programme getestet werden. Anschließend werden die Ergebnisse der Untersuchung der verbleibenden MIS dargelegt.

Kapitel 4, das die bisherige Entwicklungsarbeit zusammenfasst, ist in zwei Unterabschnitte unterteilt. Zunächst wird ein theoretisches Konzept beschrieben und der erwartete Nutzen erläutert. Anschließend wird die Implementierung des Konzepts in eine lauffähige Software vorgestellt.

2. LITERATURRECHERCHE

2.1. Suchmethode

Die Recherche erfordert eine Spezifizierung dessen, was Gegenstand der Suche sein soll. In der einschlägigen Softwaresparte gibt es jedoch keine klare Unterscheidung zwischen den Begriffen oder deren Verwendung, mit denen ein MIS alternativ beschrieben werden könnte. So werden beispielsweise die verschiedenen Begriffe *project management software* [1], *project management software tool* [2], *project management system* [3], *project management information system* [4] und *project information system* [5] mit vergleichbarer Bedeutung in Bezug auf die Anwendung in Projekten verwendet. Um die gesamte Literatur von Bedeutung erfassen zu können, wurden gemäß folgendem Verfahren

Wortzusammensetzungen aus einschlägigen Begriffen gebildet:

(application / portal / software / system / tool / groupware)
& (certification / collaborative / document / enterprise / project / test)
&* (management / planning) &* (information)
&* (aircraft / airplane / flight)
&* (criteria / effect/efficiency / development / impact / selection)
*optional

Die Reihenfolge der Begriffe ist dabei flexibel. Die daraus resultierenden Wortzusammensetzungen, z. B. *flight test management software*, wurden in die Textsuchen von den folgenden Datenbanken wissenschaftlicher Publikationen eingespeist: ACM Digitale Bibliothek, Elsevier ScienceDirect, GetInfo, Google Scholar, IEEE Xplore, SpringerLink.

Es ist zu beachten, dass nicht jede mögliche Kombination verwendet wurde. Wenn eine Kombination keine relevanten Ergebnisse liefert, ist es nicht sinnvoll, die Suche durch Hinzufügen weiterer Wörter zu einem exklusiveren Suchbegriff zu erweitern. Wenn z. B. *flight test management software* keine zufriedenstellenden Ergebnisse liefert, würden zusätzliche Begriffe die Treffer weiter einschränken und wären daher nicht hilfreich.

2.2. Einschlusskriterien

Die folgenden Kriterien wurden verwendet, um aus den zurückgegebenen Ergebnissen die zu untersuchenden Texte zu selektieren.

· Formale Einschlusskriterien:

- 1) Die Quelle ist als vollständiger Text verfügbar.
- 2) Der Text ist auf Englisch oder Deutsch verfasst.
- 3) Das Jahr der Publikation liegt nicht vor 2010.

· Inhaltliche Einschlusskriterien:

- 4) Besonderes Augenmerk liegt auf Management- und Informationsmethoden.
- 5) Die Implementierung von Management- und Informationsmethoden ist informatischer Art.
- 6) Die Motivation der wissenschaftlichen Arbeit ist die Funktionserfüllung von MIS.

Es ist zu beachten, dass Literatur, die vor 2010 publiziert wurde, im Hinblick auf Hinweise auf Entwicklungen in der Luftfahrt untersucht wurde, um etwaige Versäumnisse zu vermeiden. Nach der Aussortierung nicht relevanter Literatur wurde die verbleibende Literatur kategorisiert.

2.3. Kategorisierung

Nach Anwendung der Einschlusskriterien verbleibt ein kleiner Teil der Literatur zur weiteren Rezension. Um gezielt auf die Fragen eingehen zu können, wurden die Arbeiten wie folgt kategorisiert und in TAB 1 dargestellt.

- 1. **Recherche:** Untersuchung existierender MIS
 - 1a. **Effekte:** Bestimmung des Einflusses von MIS auf die Arbeit des Benutzers
 - 1b. **Auswahl:** Analyse des Angebots und der Zweckmäßigkeit von MIS
- 2. **Gestaltung:** Beschreibung von Entwicklungsarbeit neuer MIS

Kinuthia und Were [8] verfolgen einen ähnlichen Ansatz. Insgesamt wurden 109 Bauunternehmen befragt, um den Einfluss von MIS auf Bauprojekte zu untersuchen. Die Ergebnisse zeigen, dass Projekte, bei denen ein MIS angewendet wird, profitabler sind als solche, bei denen kein MIS angewendet wird [S. 94]. Darüber hinaus führt der Einsatz von MIS zu einer Leistungssteigerung und einer höheren Erfolgsquote [S. 90ff]. Dies steht im Einklang mit der Untersuchung von Rahman, Shafique und Rashid [9]. Ihre Befragung von Projektmitarbeitern an 179 Universitäten bezüglich deren Projekterfolg zeigt, dass eine steigende Erfolgsquote von Projekten in Organisationen mit einem verstärkten Einsatz von MIS einhergeht [S. 6].

Autoren	Publikation	Jahr	Kategorie	
			1	2
			a	b
Bellah, Chen & Zimmer		2018		•
Borštnar & Pucihar		2014	•	
Braglia & Frosolini		2014		•
Caniëls & Bakens		2012	•	
Chadli, Ros, Fernández-Alemán & Carrillo de		2016		•
Fabac, Radoševi & Pihir		2010	•	•
Ferreira & Tereso		2014		•
Kinuthia & Were		2015	•	
Kostalova, Tetrevova & Svedik		2015		•
Mehta, Puranik & Sharma		2016	•	
Obeidat & Hameed		2016	•	
Pellerin, Perrier, Guillot & Léger		2013	•	
Pellerin, Perriera, Guillota, Léger & Pierre		2013	•	
Pradhan, Rishiwal & Agarwal		2016	•	
Qingmin, Yutao, Ruojun & Zhi		2013		•
Rahman, Shafique & Rashid		2018	•	
Raymond & Bergeron		2015	•	
Rinčis & Bērziša		2016	•	
Taghavi, Patel & Taghavi		2011		•
Taghavi, Patel & Taghavi		2011		•
Teixeira, Xambre, Figueiredo & Alvelos		2016		•
Vathsavayi, Sievi-Korte & Kari		2014		•

TAB 1. Kategorisierung der Literatur

Caniëls und Bakens [10] befragten Manager, die jeweils für mindestens zwei Projekte verantwortlich sind, zur Beziehung zwischen MIS und der Entscheidungsfindung innerhalb von Projekten [S. 166]. Die Analyse der Antworten zeigt, dass der Einsatz von MIS die Entscheidungsfindung in Managementfragen verbessert [S. 169]. Konkret bedeutet dies eine höhere Qualität der Entscheidungen, eine kürzere Zeit bis zur Entscheidungsfindung, eine bessere Ressourcenallokation und eine bessere Überwachung der einzelnen Aktivitäten [S. 169]. Zusammengefasst wird ein höherer Nutzen bei reduziertem Ressourcenverbrauch festgestellt. Raymond und Bergeron [11] kommen in ihrer Befragung von Managern zu einem ähnlichen Ergebnis. Der Einsatz von MIS durch Projektmanager erhöht somit deren Produktivität, Effektivität und Effizienz bei der Entscheidungsfindung [vgl. S. 1348]. Im Gegensatz zu Caniëls und Bakens [10] lässt sich jedoch kein direkter Einfluss des Einsatzes von MIS auf den Projekterfolg feststellen, sondern lediglich ein indirekter Einfluss durch positive Effekte auf die Qualität der Arbeit des Nutzers [11, S. 1349].

2.4. Inhalte

Nach der Kategorisierung gilt es, die Literatur inhaltlich zu bewerten. Nach den Kategorien geordnet, werden im Folgenden die relevanten Werke kurz vorgestellt. Es finden sich vor allem Aussagen zu Projekten im Allgemeinen. Die Aktivitäten der Flugerprobung sind als Projektarbeiten zu betrachten, weshalb die Aussagen auf die Luftfahrt übertragbar sind.

Borštnar und Pucihar [12] implementierten ein MIS in einem kleinen Unternehmen und befragten die Mitarbeiter über die Auswirkungen dieser Software auf ihre Arbeit. Aus den Antworten schlossen sie u.a. auf die Bedeutung der Einbeziehung der Mitarbeiter in den Arbeitsplanungsprozess, was durch ein MIS umgesetzt werden kann [S. 21].

Einige Autoren, die der Kategorie 1a zuzuordnen sind, erfassen die Auswirkungen von MIS, wobei sie Befragungen und Messungen als Untersuchungsmethoden verwenden. Pradhan, Rishiwal und Agarwal [6] stellen nach Befragung von Anwendern fest, dass der Einsatz von MIS im Projektmanagement zu einer höheren Effizienz in der Ressourcennutzung führt [S. 7 f]. Ebenso stellen Fabac, Radoševi, und Pihir [7] in einer Umfrage bei den größten Unternehmen in Kroatien fest, dass MIS als nützlich für das Management und die Kontrolle komplexer Projekte angesehen werden. Die Anwender halten den Einsatz von MIS bei der Umsetzung von Managementpraktiken wie der Projektplanung für sinnvoll [S. 469]. Darüber hinaus wird eine signifikante Korrelation zwischen der Komplexität des Projekts und dem Einsatz von MIS festgestellt [S. 469].

Pellerin, Perrier, Guillot und Léger [13] gingen ähnlich vor. Sie untersuchten ebenfalls den Effekt von MIS auf Ingenieurprojekte innerhalb eines Unternehmens und zeigten einen Zusammenhang zwischen der intuitiven Bedienbarkeit und Qualität von MIS einerseits, und der Leistung und den Ergebnissen der Projekte andererseits auf. Darüber hinaus bestätigen Messungen einen signifikanten positiven Effekt des Nutzungsgrades eines MIS auf die Projekteffizienz [S. 12; S. 15]. Zusammen mit Pierre-Majorique wird eine höhere Kosteneffizienz auch durch eine erhöhte Nutzungszeit von MIS gemessen [1, S. 863].

Riņģis und Bērziša kommen zu einem ähnlichen Ergebnis [14]. Sie haben die Auswirkungen von MIS an einem bestimmten Beispiel, der Software *Redmine*, in 15 Projekten gemessen. Der vermehrte Einsatz von MIS verbessert die Kosteneffizienz des Projekts, woraus sich ein positiver Effekt auf Projekterfolg und die Projektleistung durch den Gebrauch von MIS formulieren lässt [S. 68f]. Darüber hinaus besteht mit zunehmender Komplexität des Projekts eine zunehmende Notwendigkeit für den Einsatz von MIS [S. 69]. Während sich Braglia und Frosolini [15] hauptsächlich mit der Umsetzung eines MIS befassen, wurden zunächst die Effekte der entwickelten Software überprüft und ähnliche Ergebnisse wie die von Riņģis und Bērziša [14] erzielt. Die Software führte zu positiven Effekten wie Zeitersparnis, verbesserte Kommunikation zwischen den Projektbeteiligten und Verbesserungen bei der Planung und Durchführung der Projektarbeiten [S.19].

Mehta, Puranik und Sharma [5] untersuchten die Literatur über die Auswirkungen von MIS in Projekten. Demnach steigern diese die Effizienz durch bessere Zusammenarbeit und Überwachung [S. 22]. Die Gründe hierfür seien Zeitersparnisse, Fehlerreduzierung, Vermeidung von irrtümlicher Wiederholung von Arbeitsschritten sowie vereinfachte Projektplanung mit Hilfe von MIS [S. 24].

Die Autoren der Literaturkategorie 1b untersuchen verfügbare MIS hinsichtlich der darin bereitgestellten Funktionen. Ferreira und Tereso [16] untersuchten vier MIS und konzentrierten sich dabei auf sogenannte kollaborative MIS, d.h. Software, bei der mehrere Projektbeteiligte und nicht nur ein einzelner Manager Lösungen erarbeiten. Typische Funktionen sind z. B. integrierte Nachrichtenübermittlung, Gruppenkalender und elektronische Konferenzsysteme, wobei keine der untersuchten Software alle Funktionen zur Verfügung stellt [S. 79]. Allerdings wird zunächst eine Analyse hinsichtlich nicht-kollaborativer Managementfunktionen wie Dokumentenmanagement, Projektmonitoring etc. durchgeführt, wobei allein *Clarizen* für geeignet befunden wird [S. 77]. In vergleichbarer Vorgehensweise führen Fabac, Radoševi und Pihir [7] sechs populäre MIS aller Preisklassen auf. Diese werden in Unternehmen, die komplexe Projekte durchführen, anhand von fünf grob abgegrenzten Kriterien analysiert, wobei z. B. das Projektmanagement als separates Kriterium ohne weitere Konkretisierung aufgeführt wird [S. 467]. Demnach spiegelt der Preis nicht die Leistungsfähigkeit wider [S. 467]. Dagegen fanden Kostalova, Tetreva und Svedik [17] bei Umfragen unter MIS-Anbietern heraus, dass kostenlose Software oft unvollständig ist und nur in einfacheren zeitweiligen Projekten eingesetzt werden kann [S. 102].

Chadli, Ros, Fernández Alemán und Carrillo de Gea [18] untersuchen Literatur über die Wirkung von MIS auf Softwareentwicklungsprojekte. Darüber hinaus werden in

der Literatur genannte Softwarelösungen für das Projektmanagement in diesem Bereich untersucht. Nur ein kleiner Teil der untersuchten Software deckt den gesamten Softwareentwicklungsprozess ab [vgl. S. 23]. Die Untersuchungskriterien sind allgemein gehalten. Beispielsweise wird untersucht, ob Informationsmanagement mit Hilfe der Software möglich ist, allerdings nicht, inwiefern dafür Funktionen zur Verfügung gestellt werden [S. 10].

Bellah, Chen und Zimmer [2] definieren Anforderungen an MIS, gegen die sechs Softwarepakete geprüft werden. Die Anforderungen sind so formuliert, dass die Software für die Studierenden beim Erlernen von Projektmanagement nützlich sein kann. Beispielsweise wird vorausgesetzt, dass das MIS für die Studierenden kostenlos ist. Darüber hinaus werden Einfachheit in der Anwendung und Unterstützung der wichtigsten Projektmanagementmethoden gefordert [2, S. 159]. Keine Software erfüllt die Anforderungen gänzlich, was die Autoren zur Entwicklung eines eigenen MIS veranlasst.

Dieser Vorgehensweise spiegelt sich auch in anderen Veröffentlichungen der Literaturkategorie 2 wider, die sich mit der Entwicklung speziell ausgelegter MIS befassen. Teixeira, Xambre, Figueiredo und Alvelos [19] stellen fest, dass MIS im Projektkontext in der Regel allgemeine Lösungen sind, die nicht auf spezifischere Projektanforderungen eingehen [S. 173]. Aus diesem Grund und wegen der hohen Anschaffungskosten erwerben kleine und mittlere Unternehmen solche MIS meist nicht [S. 171]. Daher werden Anforderungen festgelegt in deren Übereinstimmung ein Konzept entwickelt wird. Dabei handelt es sich um ein MIS für einen Finanzdienstleister, wobei die Software auch den Kunden über den Projektstatus informieren soll [S. 174].

Bellah, Chen und Zimmer [2] entwarfen ein MIS, anhand dessen Studierende Projektmanagement erlernen sollen. Das MIS soll so repräsentativ wie möglich für das Projektmanagement im Allgemeinen sein und ist nicht für eine konkrete Anwendungsfall ausgelegt [S. 160].

M. Taghavi, Patel und H. Taghavi [20] beschreiben ihre Entwicklung eines webbasierten MIS. Die konkrete Anwendung ist die Vergabe von Großprojekten im Informations- und Kommunikationssektor an externe Auftragnehmer der Regierung. Es wird ein logisches Modell für das System vorgestellt, wobei sowohl Dokumentenmanagement und Aufgabenzuweisung als auch Forderungen, Gebote und Vertragsmanagement zu nennen sind [S. 4f]. Braglia und Frosolini [15] entwickeln ebenfalls ein webbasiertes MIS, in ihrem Fall für ein Unternehmen der Schiffsindustrie. Dieses MIS enthält Funktionen zur Planung und Terminierung von Arbeitsschritten, zielt allerdings auf eine Anwendung in der Produktion mit verlängerter Werkbank ab. Aus diesem Grund werden der Koordination und Kommunikation mit Lieferanten und Kunden eine große Bedeutung beigemessen [S.22].

Vathsavayi, Sievi-Korte und Kari [21] entwickeln ein Werkzeug zur Unterstützung von Managern in der Umgebung der Softwareentwicklung. Im Planungsprozess von Entwicklungsprojekten soll die Software die Aufgabenzuweisung erleichtern, indem sie Entscheidungen unter Abwägung von Zeit- und Kostenfaktoren vorschlägt. Weitere wesentliche Aspekte des Managements oder der Information über die Software werden nicht erwähnt.

Qingmin, Yutao, Ruojun und Zhi [22] sind die einzigen Autoren, die sich mit einem Informationssystem für die Luftfahrt befassen, das u.a. über eine Datenbank für Luftfahrtspezifikationen verfügt [S. 538]. Das Programm führt den Benutzer über eine Benutzerschnittstelle durch den Zulassungsprozess sowie durch den Aufbau der Systeme eines Luftfahrzeugs. Im Gegensatz zu dem in anderer Literatur entwickelten MIS, ist die Software prozessorientiert, nicht projektorientiert ausgerichtet.

Insgesamt besagen die Quellen in Literaturkategorie 1a, dass die Anwendung von MIS in Unternehmen positive Auswirkungen auf deren Erfolg und Leistung hat.

In der Literatur der Kategorie 1b werden die verfügbaren MIS im Hinblick auf verschiedene Kriterien für die Zweckmäßigkeit der Aufgabenerfüllung in Projekten untersucht, die von Unternehmen zu Unternehmen unterschiedlich definiert sind. Es konnte keine Quelle identifiziert werden, die sich speziell auf Flugzeug- oder Maschinentests bezieht. Nur in einem Fall wird ein MIS für die beschriebene Aufgabe als geeignet befunden [16].

In Literaturkategorie 2 werden Konzepte von MIS für spezielle Anwendungsbereiche vorgestellt. Es gibt einen Fall für die Entwicklung eines MIS für den Zulassungsprozess von Flugzeugen [22], der für die Lösung des Problems dieses Papers nicht ausreichend ist. Alle Autoren der Literaturkategorie 2 entwickeln MIS aus der Motivation heraus, dass angebotene Software nicht ihren Anforderungen gerecht wird. Ebenso muss bei einem MIS für die Luftfahrt überprüft werden, ob - und falls ja, welches - verfügbare MIS verwendet werden können. Zu diesem Zweck wird eine Software-Untersuchung durchgeführt, die im folgenden Kapitel beschrieben wird.

3. SOFTWARE-UNTERSUCHUNG

3.1. Suchmethode

Um relevante Software erfassen zu können, wurde eine vergleichbare Methodik wie in Unterkapitel 2.1 angewandt. Als Suchbegriffe wurden Kombinationen von verwandten Begriffen gemäß dem folgenden Verfahren verwendet:

(application / portal / software / system / tool / groupware)
 & (certification / collaborative / document / enterprise / project / test)
 &* (management / planning) &* (information)
 &* (aircraft / airplane / flight)

*optional

Die Reihenfolge der Worte ist dabei flexibel. Die resultierenden Wortkompositionen, wie z.B. *flight test management software*, wurden in Google eingespeist. Zudem wurden die in der Literatur der Kategorie 1b genannten sowie in der Kategorie 2 beschriebenen MIS über Google gesucht. Bewusst wird sich nicht nur auf in einschlägigen Quellen als „populär“ oder „beste“ deklarierte Software konzentriert. Popularität kann unter anderem auf offensive Verkaufsstrategien zurückgeführt werden, Qualität hinsichtlich Kriterien für einen anderen Anwendungszweck beurteilt worden sein.

3.2. Einschlusskriterien

Für weitere Untersuchungen wurden die folgenden Abgrenzungskriterien angewandt, um in den Ergebnissen die relevanten MIS zu identifizieren:

- 1) Die Hauptfunktionen der Software sind Management- und Informationsmethoden.
- 2) Eine kostenfreie (Test-)Version ist verfügbar.
- 3) Die Software ist lauffähig auf Windows-Betriebssystemen.
- 4) Die Software ist alleinstehend lauffähig und stellt kein Zusatzmodul als Erweiterung anderer Software dar.

Diese Kriterien leiten sich aus den gleichen Anforderungen ab, anhand derer die Bewertung selbst durchgeführt wurde. Diese werden im folgenden Unterkapitel erläutert.

3.3. Bewertungskriterien

Nach Anwendung der Einschlusskriterien werden die verbleibenden MIS getestet. Dies erfordert Evaluationskriterien, d.h. die Voraussetzungen, die ein MIS im Einsatz erfüllen muss. Diese werden im Folgenden abgeleitet.

Grundvoraussetzung ist zunächst, dass das MIS kostenlos zur Verfügung steht. Relativ kleine Unternehmen sind in der Regel weniger zahlungsfähig als größere Unternehmen, weshalb das MIS keine finanzielle Belastung darstellen sollte. Darüber hinaus sollte das MIS als webbasierte Anwendung nutzbar sein. Dadurch soll eine unkomplizierte Nutzung über verschiedene Endgeräte und Betriebssysteme hinweg ermöglicht werden. Zudem sind Cloud-basierte MIS für kleinere Unternehmen effektiver [15, S. 21], ein Ansatz, den auch Taghavi et al. [3] und Bellah et al. [2] bei der Implementierung verfolgen.

Eine intuitive Einarbeitung und Bedienung der Benutzeroberfläche des MIS ist eine elementare Voraussetzung. Damit soll sichergestellt werden, dass das MIS den administrativen Aufwand reduziert und nicht durch den Bedienungsaufwand erhöht. Des Weiteren stellen Raymond und Bergeron [11, S. 1350] und Pellerin et al.

[13, S. 21f] fest, dass eine einfache Bedienbarkeit und Erlernbarkeit zu einer Leistungssteigerung durch verbesserte Zugänglichkeit und Zuverlässigkeit des MIS führt. In diesem Sinne sollte der Funktionsumfang minimiert werden, um die Benutzeroberfläche übersichtlich zu halten. Das MIS soll eine kollaborative Plattform sein, um die Einbindung aller relevanten Mitarbeiter zu gewährleisten.

Für detailliertere Anforderungen, die aus dem Betrieb innerhalb einer flugerprobenden Institution stammen, werden zunächst Tests in der Luftfahrt allgemein untersucht, um die betreffenden Themen zu isolieren. Zweitens die dabei beteiligten Akteure, drittens die Artefakte, die sie bei den Tests handhaben, und viertens die Reihenfolge, in der sie dies tun. Diese Untersuchung bezieht sich hauptsächlich auf Auszüge aus der Arbeit von Engel [23]. Er gibt ein Verständnis und eine Anleitung zur Verifikation und Validierung von technischen Systemen mit dem Schwerpunkt auf der Durchführung durch Tests. Insbesondere gibt er einen Überblick über relevante Dokumente im Rahmen der Zulassungsversuche und deren Inhalt [S. 120 - 131].

De Florio [24] befasst sich mit dem gesamten Prozess der Musterzulassung eines Flugzeugs, einschließlich einer Vorstellung der Akteure, die an der Flugerprobung beteiligt sind [S. 140]. Flühr [25] beschreibt den Testprozess in ähnlicher Weise als Teil seiner Erläuterungen zu Zertifizierungs- und Zulassungsaspekten, zu denen auch Ebenen der Standardisierung gehören. Flugsicherheit und Avionik bilden den zweiten Bereich seiner Arbeit, der sich mit Normungs- und Zulassungsdokumenten modularer und nicht standardisierter Avionik befasst [25, S. 21f]. Ott [26] befasst sich mit der Entwicklung in der Luftfahrttechnik hin zur integrierten modularen Avionik, die später von Flühr thematisiert wurde. Wichtiger noch ist, dass der erste Teil seiner Arbeit die Systemtechnik einschließlich allgemeiner Prozesse und Ansätze im Testverfahren betrachtet [S. 35 - 57].

Es gibt mehrere Zwecke für die Flugerprobung. Häufige Beweggründe sind unter anderem Untersuchungen im Rahmen des Entwicklungsprozesses, die Systemkalibrierung, die Validierung von Simulationsdaten, die Verifizierung von Funktionalitäten, die Untersuchung von Vorfällen und die Zulassung neuer Flugzeuge. Für die ersten MIS-Versionen werden nur Verifikations- und Validierungstests für Zertifizierungszwecke in Betracht gezogen. Die Auswahl der Testfälle ist daher immer funktions- oder anforderungsbasiert [26, S. 44].

Im Allgemeinen sind die Unterabschnitte der Anforderungsdokumente für Baumusterzulassungen so kategorisiert wie die Abteilungen vieler Unternehmen. Diese sind nämlich üblicherweise nach Disziplinen unterteilt. Daher ist es möglich, einen in einer Anforderung geforderten Testfall der fachlich betreffenden Person oder Abteilung eines Unternehmens zuzuordnen, die für die Bearbeitung des Testfalls verantwortlich ist. Folglich kann

eine logische Klassifizierung der einzelnen Tests entsprechend der Firmenstruktur einen Überblick über die Zuständigkeiten und notwendige Fachlichkeit für den Testfall geben, was ein nützliches Element eines MIS sein kann.

Darüber hinaus kann der Integrationsgrad des getesteten Objekts von Einheiten- und Anwendungstests, System- oder Integrationstests, bis hin zu Boden- oder Flugtests ausfallen [26, S. 42]. Im MIS werden nur die Boden- und Flugerprobung betrachtet, das MIS muss auf Flugzeugzertifizierungsprojekte anwendbar sein.

Neben den organisatorischen Aspekten zwischen den Tests sollen auch die Prozeduren zur Bearbeitung einzelner Spezifikationen für die Zertifizierung durch das MIS abgedeckt werden. Die Ausgangssituation bei der Zertifizierung ist ein Unternehmen, das eine Baumusterzulassung für ein neuentwickeltes Flugzeug anstrebt. Dazu müssen die von einer Behörde gestellten Anforderungen erfüllt werden. Entweder ist das Testen direkt vorgeschrieben oder die Validierung von Simulationsdaten durch Tests indirekt erforderlich. Die Vorschriften der Behörde geben in der Regel an, welche Qualitäten das Produkt aufweisen muss, aber sie quantifizieren oder beschreiben nicht, wie diese Qualitäten zu bemessen sind. Die beteiligten Akteure eines antragstellenden Unternehmens sind dabei die Projektmanager, Ingenieure, Testpiloten und Mechaniker [24 S. 140].

Die Manager koordinieren den Zertifizierungsprozess zwischen den Teams und den einzelnen Teammitgliedern. Die Rolle eines Managers wird in die Untersuchungen dieses Papers einbezogen. Abhängig von der Größe des Luftfahrtunternehmens und der Effektivität des MIS könnte die Aufgabe eines Managers von den Ingenieuren selbst übernommen werden, indem sie stattdessen das MIS nutzen. Man beachte, dass ein Ingenieur auch die Rolle eines Managers übernehmen kann, insbesondere im Hinblick auf die Selbstorganisation.

Das Ziel des Testingenieurs ist es, die Konformität mit den Anforderungen zu erreichen. Zur Verifikation und Validierung als Nachweis der Konformität leiten sie Testpunkte aus den Spezifikationen und Hilfsdokumenten ab, um einen geeigneten Test zu entwerfen. Dieser Testentwurf umfasst die Kriterien für das Bestehen bzw. Fehlschlagen, die Testpunkte, die Inputs und Outputs und die Instrumentierung, die letztendlich allesamt zur Demonstration der Anforderungserfüllung gebraucht werden. Darüber hinaus ordnet der Ingenieur relevante Einzelangaben in eine Art Checkliste, Testprozedur genannt, als Anleitung für Testpiloten und andere Testbeteiligte. [24, S. 139ff] Zusammen mit den organisatorischen Informationen liefert die Testprozedur die detaillierten Angaben für die Testfälle.

Die Testergebnisse werden während und nach der Testdurchführung generiert. Dies sind Messdaten,

bestandene oder fehlgeschlagene Versuche und weitere Korrekturschritte. Die Piloten schreiben einen Testbericht, der Vorfälle, Probleme und - falls erforderlich - ein Feedback zur Bewertung der Handhabungsqualitäten enthält. Die Kombination (evtl. durch Anhängen von Dateien) dieser Dokumente mündet in einem Gesamtdokument zum Konformitätsnachweis. Im Idealfall können die Berichte (halb-)automatisiert erstellt, archiviert und exportiert werden. Ein Archivierungssystem für Dokumente ist in Projekten leistungssteigernd [12, S. 20] und wird für den Einsatz in der Flugprobung und Zertifizierung als unabdingbar angesehen.

Das Nachweisdokument ist den Behörden vorzulegen. Ein Manager entscheidet, ob dieses Dokument aus Unternehmenssicht zur Vorlage bereit ist. Nach dem Einreichen erteilt die Behörde idealerweise die Lufttüchtigkeit. [25, S. 24] Innerhalb des Unternehmens müssen Verantwortlichkeiten für Arbeitsschritte zugewiesen werden, die im MIS identifizierbar sein sollten.

Für einen Überblick über verschiedene Testfälle ist eine Tabellenansicht mit allen relevanten organisatorischen Attributen der Testelemente zur Darstellung verschiedener Angaben zu den Testfällen vorgesehen. Zur Erleichterung der Information sollte eine Textsuche für den Tabelleninhalt als Funktion vorhanden sein.

Eine weitere Strukturierung der Arbeiten sollte durch eine grafische Darstellung möglich sein, die logische und zeitliche Abhängigkeiten zwischen den Arbeitspaketen erkennbar macht. Zu diesem Zweck müssen den Testfällen eine Dauer und erforderliche direkte Vorgänger zugeordnet werden, die sich aus der logischen Reihenfolge in der Funktionsabdeckung des Systems ergeben. Daraus resultieren Eckdaten für den zeitlichen Ablauf. Diese Daten und Beziehungen können zur automatischen Erstellung eines Testplans verwendet werden, der von Regierungsbehörden z. B. in FAR Part 23 [28] gefordert wird: „Efforts should begin early in the certification program to provide assistance to the applicant to develop a certification plan and subsequently a test plan to ensure coverage of all certification requirements. The applicant should develop a test plan that includes the required instrumentation.“ [S. 17]

Zusammenfassend lässt sich festhalten, dass die Akteure das MIS zum Austausch von Informationen und Dokumenten gebrauchen. Sie erreichen dies, indem sie die Daten, die sie für ihre Arbeit benötigen, entnehmen, sie zur Erfüllung ihrer Aufgabe nutzen und ihre dokumentierte Arbeit in einer Datenbank speichern. Basierend auf der Eignung zur Unterstützung dieses Prozesses, ausgedrückt durch die formulierten Attribute, werden die ermittelten MIS getestet. Die Bewertungsattribute für das MIS wurden in Absprachen mit Fachleuten aus der Luftfahrt überprüft.

3.4. Evaluierete Systeme

Einige Anbieter haben Beispielprojekte in die Testversion integriert, andernfalls wurden eigene Beispielprojekte mit Spezifikationen, Testfällen, Ergebnissen usw. erstellt. In einigen Fällen, wie z. B. bei *Clarizen* und *Mavenlink*, gibt es kostenlose Testversionen, Anfragen hierfür sind jedoch unbeantwortet geblieben. TAB 2 listet die getesteten MIS kategorisiert in Projektmanagement (PM) und Testmanagement (TM), die zu erfüllenden Anforderungen und die jeweiligen Ergebnisse auf. Die Symbole haben dabei folgende Bedeutungen:

- ✓ Anforderung wird erfüllt
- ✓* Anforderung wird teilweise erfüllt
- ✗ Anforderung wird nicht erfüllt
- + Anforderung wird in Folgeversion erfüllt

	Freeware	Webapplikation	Einarbeitung / Nutzung intuitiv	Knapphaltung der Funktionen	Kollaborativ	Netzplan-Diagramm	Verantwortungszuweisung	Tabellarische Übersicht	Zeitliche Randbedingungen	Kategorisierung	Textsuche	Testmatrix	Details Arbeitsschritt	Integrierte Vorgaben	Dateianhänge	Export von Dokumenten
PM																
Asana	✗	✓	✗	✗	✗	✗	✗	✓	✓	✓	✓	✗	✗	✗	✗	✗
easypj	✗	✓	✗	✗	✗	✗	✗	✓	✓	✗	✓	✗	✗	✗	✗	✗
Factro	✗	✓	✗	✗	✗	✗	✗	✓	✓	✓	✓	✗	✗	✗	✗	✗
Flow	✗	✓	✗	✗	✗	✗	✗	✓	✓	✓	✓	✗	✗	✗	✗	✗
Freedcamp	✗	✓	✗	✗	✗	✗	✗	✓	✓	✗	✓	✗	✗	✗	✗	✗
GanttProject	✓	✗	✓	✓	✗	✗	✗	✓	✓	✗	✓	✗	✗	✗	✗	✗
Monday	✗	✓	✗	✗	✗	✗	✗	✓	✓	✓	✓	✗	✗	✗	✗	✗
MS Project	✗	✗	✗	✗	✗	✗	✗	✓	✓	✓	✓	✗	✗	✗	✗	✗
OneDesk	✗	✗	✗	✗	✗	✗	✗	✓	✓	✓	✓	✗	✗	✗	✗	✗
Openproject	✗	✓	✗	✗	✗	✗	✗	✓	✓	✗	✓	✗	✗	✗	✗	✗
Planio	✗	✓	✗	✗	✗	✗	✗	✓	✓	✓	✓	✗	✗	✗	✗	✗
Redminde	✗	✓	✗	✗	✗	✗	✗	✓	✓	✗	✓	✗	✗	✗	✗	✗
View path	✗	✓	✗	✗	✗	✗	✗	✓	✓	✓	✓	✗	✗	✗	✗	✗
Wrike	✗	✓	✗	✗	✗	✗	✗	✓	✓	✓	✓	✗	✗	✗	✗	✗
TM																
aqua ALM	✗	✓	✗	✗	✗	✗	✗	✓	✓	✓	✓	✗	✗	✗	✗	✗
JIRA	✗	✓	✗	✗	✗	✗	✗	✓	✓	✗	✓	✗	✗	✗	✗	✗
Meliora	✗	✓	✗	✗	✗	✗	✗	✓	✓	✗	✓	✗	✗	✗	✗	✗
PractiTest	✗	✓	✗	✗	✗	✗	✗	✓	✓	✓	✓	✗	✗	✗	✗	✗
QAComplete	✗	✓	✗	✗	✗	✗	✗	✓	✓	✓	✓	✗	✗	✗	✗	✗
Qmetry	✗	✓	✗	✗	✗	✗	✗	✓	✓	✓	✓	✗	✗	✗	✗	✗
ReQtest	✗	✓	✗	✗	✗	✗	✗	✓	✓	✓	✓	✗	✗	✗	✗	✗
SpiraTest	✗	✓	✗	✗	✗	✗	✗	✓	✓	✓	✓	✗	✗	✗	✗	✗
Test Collab	✗	✓	✗	✗	✗	✗	✗	✓	✓	✓	✓	✗	✗	✗	✗	✗
TestCaseLat	✗	✓	✗	✗	✗	✗	✗	✓	✓	✓	✓	✗	✗	✗	✗	✗
Testpad	✗	✓	✗	✗	✗	✗	✗	✓	✓	✓	✓	✗	✗	✗	✗	✗
Xqual	✗	✓	✗	✗	✗	✗	✗	✓	✓	✓	✓	✗	✗	✗	✗	✗
Zeta Test	✗	✓	✗	✗	✗	✗	✗	✓	✓	✓	✓	✗	✗	✗	✗	✗

TAB 2. Anforderungsabdeckung untersuchter MIS

Der Übersichtlichkeit halber werden nur diejenigen MIS aufgeführt, die mindestens ein Drittel, d.h. 6 der 16 Anforderungen, erfüllen. Dadurch hat sich die Anzahl der ursprünglich berücksichtigten MIS auf etwa ein Drittel reduziert. Funktionen, die sich auf allgemeine Arbeitspakete beziehen, können bewertet werden, indem man die Arbeitspakete als Testfälle definiert. Der Aspekt einer möglichen Kombination verschiedener Systeme wurde bewusst nicht berücksichtigt, da die daraus resultierende Komplexität und Unklarheiten das Problem eher verschärfen als lösen würden.

Außerhalb der öffentlich zugänglichen Forschung und Produkte ist es möglich, dass Luftfahrtunternehmen mit der notwendigen Infrastruktur bereits interne Lösungen entwickelt haben. Keines der untersuchten verfügbaren Softwareprodukte konnte jedenfalls die geforderten Voraussetzungen ausreichend erfüllen.

4. SOFTWAREENTWICKLUNG

Die Untersuchungen von Literatur und zugänglicher Software haben somit gezeigt, dass eine Neuentwicklung sinnvoll ist, welche im Folgenden beschrieben wird. Die Anforderungen, nach denen das neue System entwickelt wird, sind die Kriterien, anhand derer die bestehende Software beurteilt wurde.

4.1. Konzept & Nutzen

Bei der Ableitung der notwendigen Systemeigenschaften in Unterkapitel 3.3. wurde der Zertifizierungsprozess, wie er gegenwärtig durchgeführt wird, bereits erläutert. Zum besseren Verständnis der Vorteile, die der Einsatz eines MIS mit sich bringen kann, ist der Zertifizierungsprozess in vereinfachter Form in BILD 1 dargestellt.

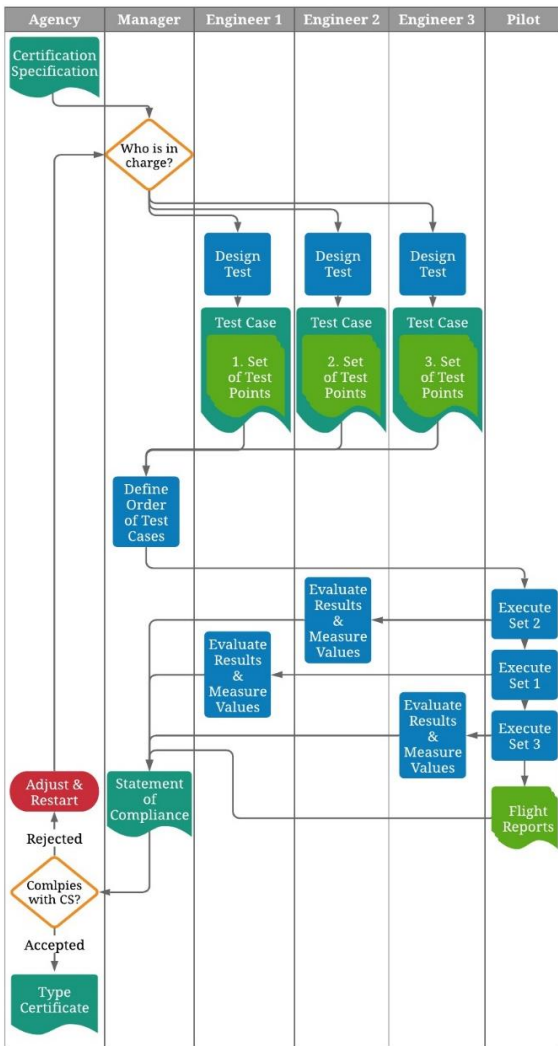


BILD 1. Zulassungsprozess ohne MIS

Die Grundidee besteht nun darin, die Rolle des Managers so gut wie möglich durch eine gemeinsame Selbstorganisation der Ingenieure unter Einbeziehung des MIS zu ersetzen. Auf diese Weise wird die Entscheidungsfindung in die Hände der Ingenieure gelegt. Darüber hinaus sollen standardisierbare Anteile der Arbeitsprozesse des Ingenieurs durch das MIS automatisiert werden, sodass die Auslastung des Ingenieurs auf diejenigen Prozesse reduziert wird, die dessen Urteilsvermögen erfordern (BILD 2).

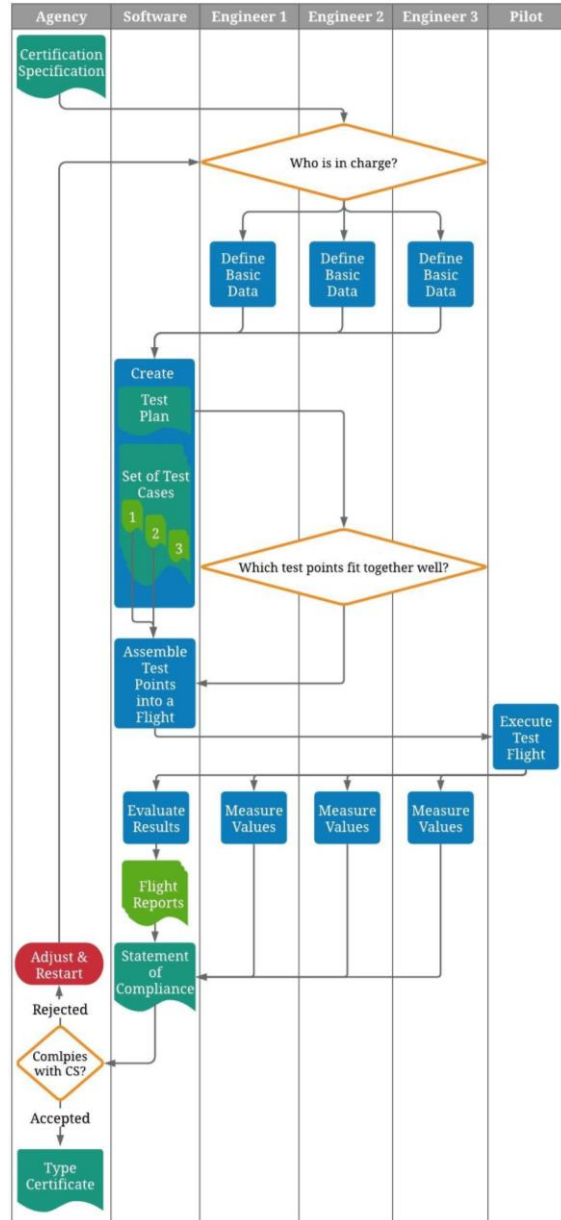


BILD 2. Zulassungsprozess mit MIS

Diese Vereinfachung bedeutet z. B. für den Ingenieur konkret: Bisher bestand die organisatorische Arbeit im Zertifizierungsprozess in der Festlegung der Testintervalle und -punkte, der Erstellung einer Testmatrix und Testprozedur, dem Zusammenstellen eines Fluges, dem Messen, Auswerten und Dokumentieren der Daten.

Mit Hilfe des MIS reduziert sich die Arbeit nun auf die Definition der Eckdaten und die Auswertung der Messdaten. Allerdings müssen die Ingenieure die Fragestellungen "Wer von uns ist verantwortlich?" und "Welche Testfälle können in einem Flug kombiniert werden?" klären. Ein wichtiges Ziel dabei ist es, die Entscheidungsmöglichkeiten der Anwender nicht durch eine übermäßige Bevormundung durch das MIS einzuschränken, sondern den Handlungsfreiraum durch Flexibilität offen zu halten. Nichtsdestotrotz handelt es sich um eine neuartige Software, weshalb ihre Spezifikationen nicht vollständig definiert sind und positive Effekte nicht unmittelbar nach Nutzungsbeginn zu erwarten sind. Daher ist ein Bottom-up-Ansatz die gewählte Strategie, um frühe Ergebnisse und Rückmeldungen für Verbesserungs- und Erweiterungsvorschläge zu noch in der Entwicklung zu erhalten. Auf diese Weise wächst die Software im Laufe der Zeit Schritt für Schritt von einer ersten nutzbaren Basisversion hin bis zur endgültigen Gesamtlösung. Dieses Vorgehen erscheint erfolgversprechender als die Veröffentlichung eines vermeintlich fertigen MIS als Gesamteinheit.

4.2. Implementierungsstatus

Ausgangspunkt ist daher eine Teilsoftware, die die ersten wesentlichen Funktionen abdeckt. Dazu wird der *MathWorks® MATLAB App Designer* verwendet, der als Entwicklungsumgebung dient. Der Entwicklungsstand wird in diesem Unterkapitel vorgestellt.

Auf der Grundlage der Vorschriften erstellt der Ingenieur einen Testfall. Zu diesem Zweck müssen zunächst organisatorische Details eingegeben werden. Dies sind der Testname, die Test-ID, der Name und die Abteilung des verantwortlichen Ingenieurs, die Dauer und die obligatorischen direkten Vorgänger des Testfalls. Der Testfall wird dann in einer Übersichtstabelle festgehalten. Nun übersetzt der Ingenieur die allgemeinen, oft relativen Parameter aus den Vorgaben in konkrete Werte für das zu testende Flugzeug. Dazu reichen Maximal- und Minimalwerte der Randbedingungen sowie die Schrittweite und -richtung des Testfalls aus, um den Test zu entwerfen (BILD 3).

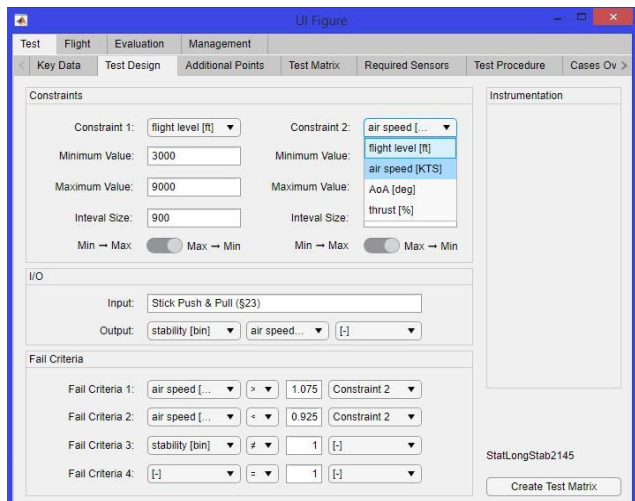


BILD 3. Testentwurf

Das MIS verwendet diese technischen Daten zur Erstellung einer Testmatrix, die der Ingenieur überprüfen und gegebenenfalls anpassen kann. Man beachte die relationalen Ausfallkriterien in Abhängigkeit von den Randbedingungen. Sollten zusätzliche Testpunkte erforderlich sein, die nicht in das definierte Raster passen, können solche Testpunkte in eine zusätzliche Maske eingetragen werden. Darüber hinaus werden die zu Beginn eingegebenen organisatorischen Daten zur Generierung eines Testplans verwendet. Dieser zeigt die Abhängigkeiten zwischen den Testfällen auf und ordnet diese entsprechend ihrer zeitlichen Abfolge im Gesamtverlauf an.

Eine Verlässlichkeit unter Berücksichtigung aller potentiellen Verknüpfungsmöglichkeiten der Tests wird zukünftig noch einen weiteren erheblichen Entwicklungsaufwand erfordern. Sie ist vielleicht sogar die höchste Hürde bei der Weiterentwicklung dieses Systems, die es zu überwinden gilt. In BILD 4 ist abgebildet, wie diese aussehen sollte: Testfälle, die innerhalb eines Fluges bearbeitet werden sollen, können hier ausgewählt und schnell gruppiert werden. Es empfiehlt sich, Testfälle zu verknüpfen, bei denen die Randbedingungen ähnlich sind und die einen ähnlichen Zeitrahmen einnehmen.

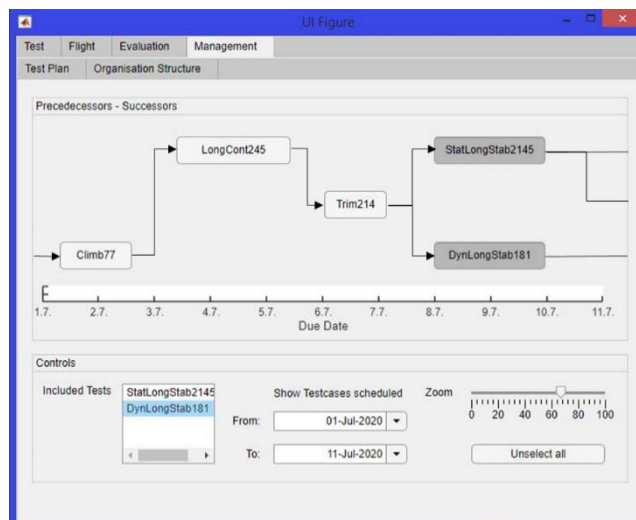


BILD 4. Testplan

Key Data	Flight Matrix	Flight Instrumentation	Procedure	Flight Schedule	Reports
9000	8700	8100			
200			DynLongStab181 Test point 7 Climb to 8700 ft and a...		Stat
190	StatLongStab2145 Test point 1 Climb to 9000 ft and ...				Stat
182			DynLongStab181 Test point 8 Climb to 8700 ft and a...		Stat
180	StatLongStab2145 Test point 2 Climb to 9000 ft and ...				Stat
170	StatLongStab2145 Test point 3 Climb to 9000 ft and ...				Stat
164			DynLongStab181 Test point 9 Climb to 8700 ft and a...		Stat
160	StatLongStab2145 Test point 4 Climb to 9000 ft and ...				Stat
150	StatLongStab2145 Test point 5 Climb to 9000 ft and ...				Stat
146			DynLongStab181 Test point 10 Climb to 8700 ft and ...		Stat
140	StatLongStab2145 Test point 6 Climb to 9000 ft and ...				Stat
130	StatLongStab2145 Test point 7 Climb to 9000 ft and ...				Stat
128			DynLongStab181 Test point 11 Climb to 8700 ft and ...		Stat
120	StatLongStab2145 Test point 8 Climb to 9000 ft and ...				Stat
120			DynLongStab181 Test point 12 Climb to 8700 ft and ...		Stat
110	StatLongStab2145 Test point 9 Climb to 9000 ft and ...				Stat

BILD 5. Flugmatrix

Für die Erstellung der Flugmatrix verschachtelt das MIS anhand der Randbedingungswerte die Testmatrizen der ausgewählten Testfälle zu einer Gesamtmatrix (BILD 5). Dies ermöglicht ein effizienteres und wirtschaftlicheres Arbeiten, da mehrere Tests innerhalb eines Fluges ohne nennenswerten Mehraufwand durchgeführt werden können, anstatt sie nacheinander auszuführen.

Um es dem Piloten zu ermöglichen, die einzelnen Testpunkte nacheinander anzufliegen, wird die Matrix als Prozedur angezeigt (BILD 6).

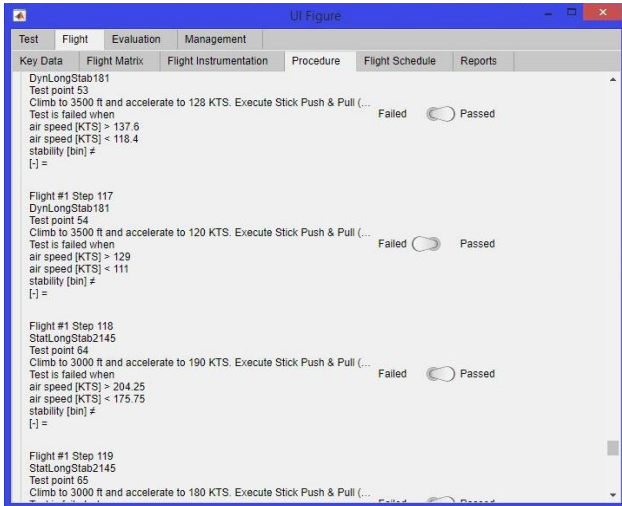


BILD 6. Flugprozedur

Diese kann vom Piloten z. B. auf einem Tablet abgehakt werden. Jeder Schritt gehört zu einem Testfall. Der Pilot folgt den Anweisungen, um zu wissen, in welche Fluglage er das Flugzeug versetzen muss und welches Manöver er durchzuführen hat. Die Versagenskriterien geben dabei eine Orientierung, ob der Test bestanden ist oder nicht, was durch den Schalter anzugeben ist. Die technische Bewertung der Testschritte erfolgt im Rahmen der jeweiligen Testfälle, nicht eines ganzen Fluges. Dementsprechend müssen die Ergebnisse der Testschritte nach Fallzugehörigkeit aufgelistet werden. Hierfür werden sie automatisch in separaten Testberichten ausgegeben (BILD 7).

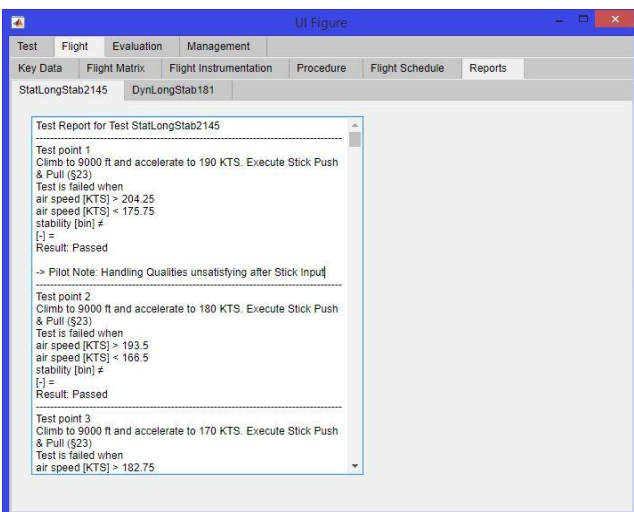


BILD 7. Testberichte

Für die Testbeteiligten besteht keine Notwendigkeit mehr, diese Informationen zu protokollieren. Es gibt jedoch die Möglichkeit, die Ergebnisse manuell zu bearbeiten, zu kommentieren oder die einzelnen Abschnitte näher zu erläutern. Zusammen mit den Messdaten ergibt sich daraus ein Konformitätsnachweis, sofern die Mitarbeiter die Ergebnisse als den Vorgaben entsprechend bewerten.

Die Entwicklung ist so weit vorangeschritten. Aus Gründen der Konsistenz dieser Arbeit muss das eigens entwickelte MIS den Evaluationskriterien aus Unterkapitel 3.3, mit denen Software von Fremdanbietern getestet wurde, standhalten. Es hat die in TAB 3 dargestellte Bewertung erreicht.

	Freeware	Webapplikation	Einarbeitung / Nutzung intuitiv	Knapphaltung der Funktionen	Kollaborativ	Netzplan-Diagramm	Verantwortungszuweisung	Tabellarische Übersicht	Zeitliche Randbedingungen	Kategorisierung	Textsuche	Testmatrix	Details Arbeitsschritt	Integrierte Vorgaben	Dateianhänge	Export von Dokumenten
TH1	✓	+	+	✓	✓	+	✓	✓	✓	✓	+	✓	✓	✓	+	+

TAB 3. Anforderungsabdeckung des entwickelten MIS

Die vollständig funktionale automatisierte Erstellung des Testplans, das Hinzufügen der Messwerte als Datei oder Auswertungen durch den Ingenieur, sowie eine Exportierbarkeit der Testberichte als pdf-Dateien sind beispielsweise noch zukünftig zu implementierende Funktionen. Eine Überarbeitung der Benutzeroberfläche nach den Standards des User-Experience-Designs sowie eine Migration der Anwendung in eine Webanwendung (was von *MathWorks*® zur Verfügung gestellt wird) wird noch folgen. Diese Software-Version wurde nicht unter Verwendung von Frameworks oder üblichen IT-Paradigmen programmiert. Sie ist daher nicht robust genug für eine benutzergeprüfte Version, außerdem ist der *MATLAB*-Code wenig performant. Für eine baldige Herausgabe der jetzt existierenden Alphaversion wird die Fachkompetenz eines professionellen Programmierers erforderlich sein.

5. ERGEBNISSE

Die Ergebnisse der Literatur- und Softwarerecherche sowie der bisherigen Softwareentwicklungsarbeit werden im Folgenden zusammengefasst.

Die Quellen der Literaturkategorie 1a besagen, dass die Anwendung von MIS in Unternehmen positive Auswirkungen auf deren Erfolg und Leistung hat. Es wurde keine Literatur gefunden, die keinen oder einen negativen Effekt feststellen konnte. Die Aussagen von Managern und anderen Projektmitarbeitern zeigen, dass MIS als positiv für ihre eigene Arbeit empfunden wird. Auch Messungen auf der Grundlage von Zeit, Kosten und Fertigstellungsgrad zeigen positive Auswirkungen auf die

Kosteneffizienz durch die Einführung von MIS. In der Literatur der Kategorie 1b werden die verfügbaren MIS im Hinblick auf verschiedene Kriterien für die Angemessenheit der Aufgabenerfüllung in Projektarbeiten untersucht. Es konnte keine Quelle identifiziert werden, die sich speziell auf die Luftfahrt oder Maschinentests bezieht. In Literaturkategorie 2 werden Konzepte von MIS vorgestellt, die für spezielle Anwendungsbereiche konzipiert sind. Es gibt einen Fall für die Entwicklung eines MIS für den Zulassungsprozess von Flugzeugen [22], der für die Lösung der Aufgabenstellung dieses Papers, ebenso wie für die in anderer Literatur beschriebenen Entwicklungen, nicht ausreichend ist.

Die Softwarerecherche hat gezeigt, dass es zahlreiche MIS in einer breiten Vielfalt an Konfigurationen gibt, entweder allgemein für Projektarbeiten oder speziell für die Softwareentwicklung. Die Prüfung dieser zeigte, dass keines der untersuchten MIS alle zuvor abgeleiteten Anforderungen abdecken konnte.

Da kein geeignetes Exemplar einer Gesamtlösung gefunden wurde, wurde ein Entwicklungsprozess angestoßen: Es wurde ein Konzept erstellt, mit dem die Arbeitszeit des Ingenieurs (automatisierter Testentwurf & Verfahrenserstellung), des Piloten (automatisierte Berichtserstellung) und des Managers (automatisierte Testplanerstellung) reduziert werden soll. Die Arbeit des letzteren wird nahezu eliminiert, jedoch müssen sich die Ingenieure unter Unterstützung des MIS selbst organisieren. Im Endeffekt ist zu erwarten, dass weniger Arbeitszeit für die Administration der Flugprüfung aufgewendet werden muss.

Darüber hinaus ist mit einer Verringerung des gesamten Zeitbedarfs im Zulassungsprozess zu rechnen: Die Gestaltung der Flüge basiert nun auf Prinzipien, die neben der Einsparung von Ressourcen auch Anlass zur Erwartung von weniger Flugzeit und möglicherweise weniger Flügen geben. Dies ist zu vermuten, da die Verlustzeiten zwischen direkt miteinander verbundenen Tests verschiedener Verantwortlichkeiten reduziert werden. Dies würde zu weiteren Ressourceneinsparungen führen.

Das fertiggestellte MIS würde auch ein zentralisiertes System für sämtliche Dokumente bieten, was in der Literatur als leistungssteigernd bestätigt wurde [12]. Die Fertigstellung bis zu einem gebrauchsfähigen Grad, auf dem das MIS bei einem Flugzeughersteller als Anfang der Problemlösung erprobt werden kann, steht unmittelbar bevor.

6. DISKUSSION

Die Softwareuntersuchung zeigt, dass erste Überlegungen zu Merkmalen, wie z. B. einige Anforderungen und die Idee eines MIS in einer Testumgebung, nicht so grundlegend innovativ sind wie ursprünglich angenommen. Jedoch war vor allem angesichts des

breiten Softwareangebots bei der geringen Anzahl von Anforderungen zu erwarten, dass eine Lösung vorhanden sein würde, die in der Flugprüfung eingesetzt werden kann. Dies ist insbesondere angesichts des Ergebnisses zu erwarten gewesen, dass der Einsatz von MIS als sinnvoll zu erachten ist, was auch die breite Palette an Produkten erklärt. Für die meisten dieser identifizierten MIS ist in der Literatur keine Publikation zu finden, die eine Entwicklung beschreiben würde. Es kann daher nicht ausgeschlossen werden, dass parallel zu der hier beschriebenen Arbeit an eine vergleichbare entwickelt wird, für die bisher keine Veröffentlichung erschienen ist.

Es sei hervorzuheben, dass die Analysen dieser Arbeit im Hinblick auf einen speziellen Bereich innerhalb einer bestimmten Branche durchgeführt wurden. Die Untersuchung liefert keinen umfassenden Vergleich, welches der untersuchten MIS im Allgemeinen die beste Lösung ist. Darüber hinaus kann z. B. das Kriterium der Knapphaltung auf einen eingeschränkten, möglicherweise unbefriedigend geringen Funktionsumfang zurückzuführen sein und spiegelt nicht unbedingt die Qualität des MIS wider. Die Kriterien der Einarbeitung und Bedienung sowie die Beurteilung als wesentliche Funktionen sind ohnehin in gewissem Maße subjektiv und nicht standardisiert.

Auf Hemmnisse, die außerhalb des Bereichs der Flugversuchsabteilungen liegen, aber diese Abteilung betreffen, wurde in diesem Paper nicht eingegangen. Solche etwaigen Komplikationen müssten innerhalb des Unternehmens, aber außerhalb der Flugversuchsabteilungen angegangen werden.

Können Testfälle nicht in Matrizen von in Wertintervalle unterteilte Randbedingungen abstrahiert oder anhand von qualitativen oder quantitativen Ausfallkriterien geprüft werden, muss ein anderer Weg zur Eingabe von Inputdaten für den Testentwurf geschaffen werden. Im gegenwärtigen Entwicklungsstand ist die Flexibilität für den Nutzer ohnehin begrenzt.

Abschließend sei auf Folgendes hingewiesen: Obwohl das MIS für einen speziellen Anwendungszweck entwickelt wird, könnte es auf viele andere Testgebiete ausgedehnt werden: Bereiche in Industrie und Forschung müssen oft nach spezifischen Anforderungen testen, einen selbstbestimmten Zeitplan einhalten, benötigen Testmatrizen und -prozeduren sowie eine adäquate Dokumentation. Das MIS könnte folglich auch dort helfen, den administrativen Aufwand zu reduzieren. Es ist schlicht in der Luftfahrt aufgrund der hohen Komplexität der Systeme und des damit verbundenen Verwaltungsaufwandes in der Erprobung noch dringlicher geworden, den administrativen Aufwand zu reduzieren.

7. ZUSAMMENFASSUNG

In diesem Paper wurde untersucht, ob die Neuentwicklung eines MIS für die Anwendung in der Erprobung und Zertifizierung von Luftfahrzeugen sinnvoll ist, um dort den

administrativen Aufwand zu reduzieren. Hierbei wurde zunächst durch Literatur bestätigt, dass der Einsatz von MIS in einer Projektumgebung als vorteilhaft anzusehen ist. Zu diesem Zweck wurden Aussagen der Autoren auf der Grundlage von Umfragen und Messungen ausgewertet. Das Ergebnis ist, dass die Benutzer von MIS durch deren Einsatz effektiver und effizienter arbeiten können, Forschungsfrage 1 wird daher mit *ja* beantwortet.

Darüber hinaus hat eine Literatur- und Softwarerecherche gezeigt, dass zwar eine breite Palette an Software zur Verfügung steht, aber keine von ihnen den in diesem Paper abgeleiteten Benutzeranforderungen im Bereich der Flugerprobung gerecht wird. Daher wird Frage 2 mit *nein* beantwortet. Außerdem wurde festgestellt, dass in der Literatur Entwicklungen beschrieben werden, die an spezielle Anwendungsbereiche angepasst, aber für die Problemlösung hier nicht geeignet sind. Diese Ergebnisse sind nur auf den in diesem Paper beschriebenen, streng begrenzten Einsatzzweck anwendbar. Forschungsfrage 3 wird folglich mit *nein* beantwortet. Zusammenfassend zeigen diese Ergebnisse, dass die Neuentwicklung eines MIS in der Flugerprobung und -zulassung ein sinnvoller Handlungsschritt ist. Im Zusammenhang mit der Forderung nach einem solchen System wird sie auch als relevant eingestuft.

Ein Konzept für ein MIS wurde als Antwort auf Frage 4 erstellt. Diese ist keine verifizierbare oder falsifizierbare Fragestellung. Daher muss Frage 5 beantwortet werden. Im Rahmen dieses Papers und unter Berücksichtigung des Fertigstellungsgrades des MIS, auf welchen das Konzept bisher umgesetzt wurde, und dessen Beurteilung anhand der Bewertungskriterien muss Forschungsfrage 5 noch mit *nein* beantwortet werden. Ein Reifegrad des MIS, der dieses *nein* in ein *ja* wenden könnte, ist in Kürze zu erreichen. Der Nachweis ist im Einsatz innerhalb einer Institution für Flugversuche zu erbringen.

QUELLEN

- [1] R. Pellerin, N. Perriera, X. Guillota, Léger und Pierre-Majorique, „Project management software utilization and project performance.“ *Procedia Technology*, Bd. 9, pp. 857-866, 2013.
- [2] J. C. Bellah, L. Chen und J. C. Zimmer, „Development of a Project Management Software Tool: A Design Case.“ *International Journal of Design for Learning*, Bd. 9, Nr. 1, pp. 158-170, 2018.
- [3] M. Taghavi, A. Patel und H. Taghavi, „Web Base Project Management System for Development of ICT Project Outsourced by Iranian Government.“ in *Conference on Open Systems*, Langkawi, 2011.
- [4] M. A. Q. Obeidat und A. S. Hameed, „The Role of Project Management Information Systems towards the Project Performance: The Case of Construction Projects in United Arab Emirates.“ *International Review of Management and Marketing*, Bd. 6, Nr. 3, pp. 559-568, 2016.
- [5] S. S. Mehta, P. S. Puranik und S. B. Sharma, „A Review on Project Information System for Improving Efficiency of Project Development Cycle.“ *Research & Reviews: A Journal of Embedded System & Applications*, Bd. 4, Nr. 3, 2016.
- [6] P. Pradhan, V. Rishiwal und A. Agarwal, „A survey on effectiveness of tool based software project planning.“ in *2nd International Conference on Advances in Computing, Communication, & Automation (ICACCA) (Fall)*, Bareilly, 2016.
- [7] R. Fabac, D. Radošević und I. Pihir, „Frequency of Use and Importance of Software Tools in Project Management Practice in Croatia.“ in *Proceedings of the ITI 2010 32nd Int. Conf. on Information Technology Interfaces*, 2010.
- [8] G. N. Kinuthia und S. Were, „Influence of Project Management Software Technology on the Performance of Construction Projects in Nairobi County.“ *International Journal of Innovative Social Sciences & Humanities Research*, Bd. 3, Nr. 1, pp. 82-101, 2015.
- [9] H. Rahman, M. N. Shafique und A. Rashid, „Project Success in the Eyes of Project Management Information System and Project Team Members.“ *Abasyn Journal of Social Sciences*, pp. 1-8, 2018.
- [10] M. C. Caniels und R. J. Bakens, „The effects of Project Management Information Systems on decision making in a multi project environment.“ *International Journal of Project Management*, Bd. 30, Nr. 2, pp. 162-175, 2012.
- [11] L. Raymond und F. Bergeron, „Impact of Project Management Information Systems on Project Performance.“ in *Handbook on Project Management and Scheduling Vol. 2*, Cham, Springer, 2015, pp. 1339-1354.
- [12] M. K. Borštnar und A. Pucihar, „Impacts of the Implementation of a Project Management Information System - a Case Study of a Small R&D Company.“ *Organizacija*, Bd. 47, Nr. 1, pp. 14-23, 2014.
- [13] R. Pellerin, N. Perrier, X. Guillot und P.-M. Léger, „Project characteristics, project management software utilization and project performance: An impact analysis based on real project data.“ *International Journal of Information Systems and Project Management*, Bd. 1, Nr. 3, pp. 5-26, 2013.
- [14] M. Riņģis und S. Bērziša, „Efficiency Measurement of Project Management Software Usage at State Social Insurance Agency.“ *Information Technology and Management Science*, Bd. 19, Nr. 1, pp. 65-70, 2016.
- [15] M. Braglia und M. Frosolini, „An integrated approach to implement Project Management Information Systems within the Extended Enterprise.“ *International Journal of Project Management*, Bd. 32, Nr. 1, pp. 18-29, 2014.
- [16] M. E. Ferreira und A. P. Tereso, „Software Tools for Project Management – Focus on Collaborative Management.“ in *New Perspectives in Information Systems and Technologies*, Volume 2, Cham, Springer, 2014, pp. 73-84.
- [17] J. Kostalova, L. Tetrevova und J. Svedik, „Support of Project Management Methods by Project Management Information System.“ *Procedia - Social and Behavioral Sciences*, Bd. 210, Nr. 210, pp. 96-104, 2015.
- [18] S. Y. I. A. Chadli, J. N. Ros, J. L. Fernández-Alemán und J. M. Carrillo de Gea, „Software

- project management tools in global software development: a systematic mapping study,“ SpringerPlus, Bd. 5, Nr. 1, p. 2006, 2016.
- [19] L. Teixeira, A. R. Xambre, J. Figueiredo und H. Alvelos, „Analysis and Design of a Project Management Information System: practical case in a consulting company,“ *Procedia Computer Science*, Nr. 100, pp. 171- 178, 2016.
- [20] M. Taghavi, A. Patel und H. Taghavi, „Design of an Integrated Project Management Information Systems for Large Scale Public Projects: Iranian Case Study,“ *Journal of Information Technology Research*, Bd. 4, Nr. 3, pp. 14-28, 2011.
- [21] S. Vathsavayi, O. Sievi-Korte und S. Kari, „Tool Support for Planning Global Software Development Projects,“ in *International Conference on Computer and Information Technology*, Xi'an, 2014.
- [22] S. Qingmin, Z. Yutao, W. Ruojun und W. Zhi, „The Airworthiness Certification System Development Based on VB,“ in *International Conference on Computer Sciences and Applications*, Wuhan, 2013.
- [23] A. Engel, *Verification, Validation and Testing of Engineered Systems*, Hoboken: Wiley, 2010.
- [24] F. De Florio, *Airworthiness : An Introduction to Aircraft Certification and Operations*, Oxford: Butterworth- Heinemann, 2016.
- [25] H. Flühr, *Avionik und Flugsicherungstechnik*, Wiesbaden: Springer Vieweg, 2012.
- [26] A. Ott, *System Testing in the Avionics Domain*, Bremen: Universität Bremen, 2007.
- [27] H. Ahn, *Effektivitäts- und Effizienzsteigerung - Controlling-Konzept und Balanced Scorecard*, Frankfurt am Main: Peter Lang, 2003.
- [28] Federal Aviation Administration . 2019. FAR part 23: Airworthiness Standards: Normal Category Airplanes. Washington D.C.: FAA, 26.12.2019