

# **Hochschule Darmstadt**

– Fachbereich Informatik–

## **Automatisierte Impact Analyse regulativer Compliance für ATM/ANS Equipment**

Abschlussarbeit zur Erlangung des akademischen Grades  
Bachelor of Science (B.Sc.)

vorgelegt von

**Jannes Lücht**

Matrikelnummer: 770166

Referent : Prof. Dr. Oliver Weissmann  
Korreferent : Thomas Sauer



## ERKLÄRUNG

---

Ich versichere hiermit, dass ich die vorliegende Arbeit selbständig verfasst und keine anderen als die im Literaturverzeichnis angegebenen Quellen benutzt habe.

Alle Stellen, die wörtlich oder sinngemäß aus veröffentlichten oder noch nicht veröffentlichten Quellen entnommen sind, sind als solche kenntlich gemacht.

Die Zeichnungen oder Abbildungen in dieser Arbeit sind von mir selbst erstellt worden oder mit einem entsprechenden Quellennachweis versehen.

Diese Arbeit ist in gleicher oder ähnlicher Form noch bei keiner anderen Prüfungsbehörde eingereicht worden.

*Darmstadt, 06. März 2024*

---

Jannes Lucht

## ZUSAMMENFASSUNG

---

In dieser Arbeit werden die Möglichkeiten der Nutzung elektronisch verfügbarer Informationen zu rechtlichen und regulativen Nachweisdokumenten und anderen externen regulativen Anforderungen an ATM/ANS Einrichtungen analysiert. Dabei sollen Auswirkungen regulativer Änderungen auf die interne Nachweisführung reflektiert werden. Es wird im Folgenden erläutert, welche Anforderungen für die Zertifizierung bzw. für die Konformitätserklärung zur Inbetriebnahme von ATM/ANS Equipment relevant sind und wie diese im Rahmen der gesetzgebenen Organisationen erstellt und überarbeitet werden. Hierfür sollen sowohl der Aufbau sowie die Verfügbarkeit der öffentlichen Informationsquellen analysiert und bewertet werden, um zu überprüfen, inwiefern – und mit welchem Aufwand – aus dem Lifecycle der regulativen Anforderungen Rückschlüsse auf Änderungen in der Nachweisführung gezogen werden können. Für den Rahmen der Analyse wird dieser Prozess auf eine Impact-Analyse abgebildet und anhand bekannter Prozesse und Metriken bewertet.



# INHALTSVERZEICHNIS

---

## I Definitionen

I Begriffsbestimmungen	2
------------------------	---

## II Thesis

1 Problemstellung	5
1.1 Motivation	5
1.2 Definition und Rahmen	6
1.3 Zeitliche Einordnung	6
2 Rechtliche Rahmenbedingungen	7
2.1 Europäische Rahmenbedingungen	7
2.1.1 Single European Sky (SES)	7
2.1.2 Durchführungsbestimmungen (IR)	11
2.1.3 Gemeinschaftliche Spezifikationen (CS)	12
2.2 Internationale Richtlinien und Empfehlungen	13
3 Betriebliche Prozesse zu ATM/ANS Equipment	14
3.1 Produktmanagement	14
3.2 Anforderungsmanagement	15
3.3 Nachweisführung	15
4 Anforderungen der Impactanalyse	16
4.1 Ziel der Impactanalyse	16
4.2 Modellierung der Daten	17
4.2.1 Regulative Anforderungen	17
4.2.2 ATM/ANS Equipment	19
4.2.3 Angaben zur Compliance	19
4.2.4 Compliance Matrizen	20
4.3 Modellierung der Impact-Analyse	21
4.4 Bewertung der Impact-Analyse	22
4.4.1 Bewertung der primären Änderungsdefinition	23
4.4.2 Bewertung der Eingrenzung	24
4.4.3 Bewertung des Ergebnisses	24
5 Datenquelle 1: EU Verordnungen und Cellar	26
5.1 Europäische Verordnungen	26
5.1.1 Beteiligte Organisationen	26
5.1.2 Ordentliches Gesetzgebungsverfahren	27
5.1.3 Lifecycle von Verordnungen	28
5.2 OpenData in der Europäischen Union	28
5.3 EU Cellar Plattform	29
5.3.1 Implementierung	29
5.3.2 Metadaten	30
5.3.3 Inhalte	33
5.4 Bewertung der Datenquelle	36

5.4.1	Integration in das erarbeitete Datenmodell . . . . .	37
6	Datenquelle 2: EASA und Easy Access Rules	39
6.1	European Union Aviation Safety Agency . . . . .	39
6.1.1	Aufgaben der EASA . . . . .	39
6.1.2	Annehmbare Nachweisverfahren . . . . .	40
6.1.3	Guidance Material . . . . .	40
6.1.4	Rechtsetzungsprozess . . . . .	40
6.1.5	Easy Access Rules . . . . .	41
6.2	EASA eRules Plattform . . . . .	42
6.2.1	Informationsarchitektur . . . . .	42
6.2.2	Analyse der Metadaten . . . . .	44
6.3	Bewertung der Datenquelle . . . . .	48
6.3.1	Integration in das erarbeitete Datenmodell . . . . .	48
6.3.2	Verfügbarkeit und rechtliche Verbindlichkeit . . . . .	49
7	Implementation der Datenquellen	50
7.1	Verfügbarkeit der Daten . . . . .	50
7.2	Impact-Analyse . . . . .	51
8	Ausblick	54
9	Fazit	56
 <b>III Anhang</b>		
A	Liste der relevanten Durchführungsverordnungen	58
A.1	Rahmenverordnung . . . . .	58
A.2	ANS Bereitstellung . . . . .	58
A.3	Luftraumnutzung und -organisation . . . . .	58
A.4	Interoperabilität . . . . .	59
A.5	Einheitliche Regelung der Zivilluftfahrt . . . . .	60
B	Referenzen zu Datenquelle 1	61
B.1	Übersetzungen der referenzierten ATTO Tabellen . . . . .	61
 Literatur		 63

## ABBILDUNGSVERZEICHNIS

---

Abbildung I.1	ATM/ANS Definition [55] . . . . .	2
Abbildung 4.1	Hauptmetriken der Impact Analyse (IA) Effektivität nach Arnold et al. [1, S. 296] . . . . .	22
Abbildung 5.1	Gesetzgebungsprozess der EU . . . . .	27
Abbildung 5.2	Work-Expressions-Manifestations-Content Stream Hier- archie . . . . .	34
Abbildung 5.3	Semantic Web Tech-Stack . . . . .	38
Abbildung 6.1	Beispiel der OPC Strukturierung einer Easy Access Ru- les (EAR) . . . . .	43
Abbildung 6.2	Referenzierung des ParentIR Attributs im EASA CCMS	47



## TABELLENVERZEICHNIS

---

Tabelle 4.1	Mögliche SIS#/EIS# Abhängigkeiten nach Arnold et al. [1, S. 297] . . . . .	23
Tabelle 4.2	Mögliche EIS#/System# Abhängigkeiten nach Arnold et al. [1, S. 297] . . . . .	24
Tabelle 4.3	Mögliche AIS#/EIS# Abhängigkeiten nach Arnold et al. [1, S. 299] . . . . .	25
Tabelle 5.1	URIs der Durchführungsverordnung (EU) 2017/373 . . .	30
Tabelle 5.2	Cellar RDF Metadaten zu Rechtsdokumenten (verein- fachte Darstellung) . . . . .	32
Tabelle B.1	Deutsche Übersetzungen der Bezeichner der ATTO Tabelle FD_370 . . . . .	61
Tabelle B.2	Deutsche Übersetzungen der Bezeichner der ATTO Tabelle FD_375 . . . . .	62

## ABKÜRZUNGSVERZEICHNIS

---

**AC** Advisory Circles

**AEUV** Vertrag über die Arbeitsweise der Europäischen Union

**AM** Anforderungsmanagement

**AMC** Accepted Means of Compliance

**ALTMOC** Alternative Means of Compliance

**AIA** Automatisierte Impact Analyse

**ANS** Flugsicherungsdienste / Air Navigation Services

**ANSP** Flugsicherungsdienstleister / Air Navigation Service Provider

**ATC** Flugverkehrskontrolle / Air Traffic Control

**ATFM** Verkehrsflussregelung / Air Traffic Flow Management

**ATM** Flugverkehrsmanagement / Air Traffic Management

**APV** Approach procedures with Vertical Guidance

**BAF** Bundesaufsichtamt für Flugisierung

**CCMS** Component Content Management System

**CEN** Europäisches Komitee für Normung

**CENELEC** Europäisches Komitee für elektrotechnische Normung

CERTS Certification Specification

CS Gemeinschaftliche Spezifikationen / Community Specifications

DFS Deutsche Flugsicherung GmbH

DLS Data Link Services

DTD Dokumenttypdefinition

DVO Durchführungsverordnung

DELVO Delegierte Verordnung

EASA European Union Aviation Safety Agency

EAR Easy Access Rules

EATMN Europäisches Flugverkehrsmanagement Netz / European air traffic management network

ECMA Industry association for standardizing information and communication systems

EG Europäische Gemeinschaft

EGP EG-Prüferklärung

EGK EG-Konformitätserklärung

EGG EG-Gebrauchtauglichkeitserklärung

EGRC Enterprise Governance Risk & Compliance

ELI European Legislation Identifier

EU Europäische Union

EUROCAE European Organisation for Civil Aviation Equipment

EUV Vertrag über Europäische Union

ER Essential Requirements

ESO Europäische Normungsorganisation

ETSI Europäisches Institut für Telekommunikationsnormen

EWK Europäischer Wirtschaftsraum

FAA Federal Aviation Administration (USA)

FAB Funktionale Luftraumblock / Functional Airspace Block

FABEC Funktionaler Luftraumblock Zentraleuropa

FMTF Flight Message Transfer Protocol

FPD Flugverfahrensplanung

FRBR Funktionale Anforderungen an bibliographische Datensätze

FUA Flexible Luftraumnutzung

GG Grundgesetz

GBAS Ground Based Augmentation System

GM Guidance Material

IA Impact Analyse

ICAO Internationale Zivilluftfahrtorganisation

IR Durchführungsbestimmungen / Implementing Regulations

IRI Internationalized Resource Identifier

IWG Informationsweiterverwendungsgesetz

JAA Joint Airworthiness Authorities

LUFTVG Luftverkehrsgesetz

LPV Localizer Performance with Vertical guidance

MET Meteorologie

MS Microsoft

NAA Nationale Luftfahrtbehörde / National aviation authority

NF Netzfunktionen

NM Network Manager

NPA Notices of Proposed Amendment

OJ Amtsblatt der EU (engl. Office Journal)

OP Amt für Veröffentlichung der EU (fr. Office des publications)

OPC Open Packaging Convention

OOXML Open Office XML

PANS Procedures for Flugsicherungsdienste / Air Navigation Services (ANS)

PDM	Produktmanagement
RDF	Resource Description Framework
SARP	Standards And Recommended Practices
SES	Single European Sky
SESAR	Single European Sky Research Programme
SGML	Standard Generalized Markup Language
SOC	Statement of Compliance
SUR	Überwachung
SSS	System/Subsystem Specification
SWAL	Software Assurance Levels
UN	Vereinten Nationen
URI	Unique Resource Identifier
UUID	Universally Unique Identifier
VLOS	Visual Line Of Sight
VO	Verordnung
WEMI	Werk, Expression, Manifestation und Exemplar
XML	Extensive Markup Language
XSL	Extensible Stylesheet Language

xslt XSL Transformations

xslfo XSL Formatting Objects

## Teil I

### DEFINITIONEN



## BEGRIFFSBESTIMMUNGEN

## ATM/ANS

Air Traffic Management/Air Navigation Services (ATM/ANS) – definiert in VO (EU) Nr. 2018/1139 Art. 3 Abs. 5 – bezeichnet alle Aufgabenbereiche aus dem Flugverkehrsmanagement / Air Traffic Management (ATM), der Flugsicherungsdienste / Air Navigation Services (ANS) sowie der Flugverfahrnsplanung (FPD) (siehe Abbildung I.1). Die jeweiligen Dienste und Funktionen dieser Bereiche werden im Zuge der Single European Sky (SES) Rahmenverordnung (siehe 2.1.1) definiert.

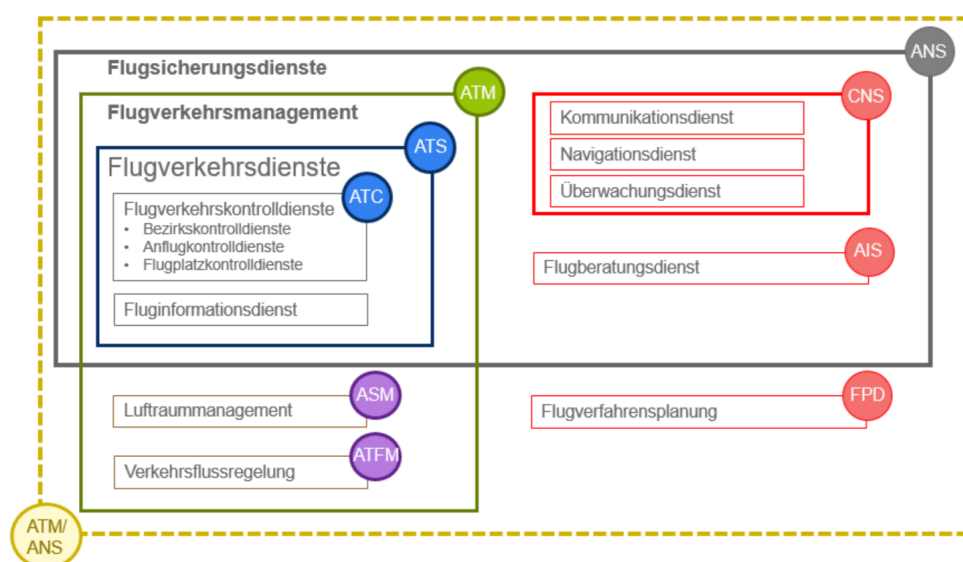


Abbildung I.1: ATM/ANS Definition [55]

Durch den rechtlichen Rahmen der DVO (EU) Nr. 2017/373 und der national verantwortlichen Behörde werden lokale Flugsicherungsdienstleister / Air Navigation Service Provider (ANSP) für die oben aufgelisteten Aufgabenbereiche zertifiziert. Die Deutsche Flugsicherung GmbH (DFS) verfügt hierbei über die Zertifizierung für die Erbringung aller in Abbildung I.1 genannten ATM/ANS Dienste im deutschen Zuständigkeitsbereich. [vgl. 55, S. 17]

## ATM/ANS Equipment

*ATM/ANS Equipment* (oder auch *ATM/ANS Ausrüstung*), definiert in der Durchführungsverordnung (DVO) EU 2023/1769 Art. 2 Abs. 1, bestimmt sowohl *Systeme* als auch *Komponenten*, welche zur Erbringung der Dienste im *funktionalen System* beitragen. [14, Art.2 Abs.1]

### *ATM/ANS Komponenten*

*ATM/ANS Komponenten* (im Folgenden auch *Komponenten*) definieren nach VO (EU) Nr. 2018/1139 Art. 2 Abs. 6 alle bezeichnet sowohl materielle Objekte wie Geräte als auch immaterielle Objekte wie Software, von denen die Interoperabilität des Europäischen Flugverkehrsmanagement Netz / European air traffic management network (EATMN) abhängt. [14, Art.2 Abs.6]

### *ATM/ANS Systeme*

*ATM/ANS Systeme* (im Folgenden auch *Systeme*) definieren nach der gleichen Verordnung die Zusammenfassung u.a. bodengestützter *Komponenten*, welche eine Unterstützung für Flugsicherungsdienste aller Flugphasen bieten. [14, Art.2 Abs.7]

### *Compliance-Erklärung*

Die *Compliance-Erklärung* (oder auch *Erklärung*) bezeichnet jede schriftliche Aussage eines ATM/ANS Anbieters, welche bestätigt, dass alle anwendbaren Anforderungen aus den einschlägigen Bestimmungen einer ATM/ANS Ausrüstung, erfüllt sind. [61, Art.2 Abs.10]

### *(FS-)Technische Einrichtung*

FS-Technische Einrichtungen sind Einrichtungen<sup>1</sup> im Rahmen der DFS, für die das Bundesaufsichtamt für Flugsicherung (BAF) festgestellt hat, dass gemäß Luftverkehrsgesetz (LuftVG) die Tätigkeiten beim Betrieb der Inbetriebhaltung<sup>2</sup> der Erlaubnispflicht unterliegen. [55, S. 19]

### *Funktionales System*

Ein *Funktionales System* (engl. *functional system*) beschreibt nach der DVO (EU) Nr. 2017/373 „eine Kombination von Verfahren, Personal und *Ausrüstung*, einschließlich Hardware und Software, zur Erfüllung einer Funktion im Bereich ATM/ANS und sonstiger Funktionen des Flugverkehrsmanagementnetzes“ [13, Anh.I Abs.56]. Die DFS wird im Rahmen der oben definierten Aufgabenbereiche auch als Gesamt-Funktionales System (auch *Gesamtsystem Flugsicherung*) qualifiziert. [55, S. 17]

### *Impact Analyse*

Eine *Impact Analyse* – dessen genaue Definition aus dem Kapitel 4.3 hervorgeht – beschreibt das abstrakte Konzept, vernetzte Entitäten im Hinblick auf eine primäre Änderung zu analysieren. Die *Impact Analyse* zieht in Betracht, welche Entitäten im System vorliegen und wie diese miteinander verknüpft sind. Folglich kann ermittelt werden, wie sich eine primäre Änderung auf die weiteren Entitäten auswirkt.

<sup>1</sup> darunter auch, aber nicht ausschließlich, ATM/ANS Equipment

<sup>2</sup> umfasst Instandhaltung und Überwachung

Teil II

THESIS

## PROBLEMSTELLUNG

---

### 1.1 MOTIVATION

Die Zuverlässigkeit von ATM/ANS Equipment spielt in der Gewährleistung von Sicherheit und Effizienz im internationalen Luftverkehr eine entscheidende Rolle. Die Einhaltung strikter Anforderungen zur Funktionalität, Sicherheit und Interoperabilität verschiedener ATM/ANS Systeme – vor allem in einem zunehmend einheitlichen europäischen Luftraum – ist hierbei für eine reibungslose, sichere Abwicklung des Luftverkehrs unabdingbar.

In diesem europäischen Luftraum sollen einheitliche, rechtlich bindende Rahmenbedingungen dafür Sorge tragen, dass ATM/ANS Equipment sicher genutzt werden kann. Um die einheitliche Anwendung und Einhaltung dieser zu gewährleisten, wurden von der Europäischen Kommission Vorschriften definiert, welche die Verfahren der Nachweisführung zu ATM/ANS Equipment sowie die Rechte und Pflichten deren Inhaber:innen beschreiben. [61, Art.43]

Die korrekte Abbildung von rechtlichen Änderungen der Anforderungsdokumente auf die jeweilige Compliance-Erklärung erfordert einen hohen manuellen Aufwand. Nicht zuletzt aufgrund des Umfangs und Lifecycles verschiedener Anforderungsdokumente ist die Abbildung dieser Anforderungen herausfordernd. Im Rahmen dieser Arbeit sollen Datenquellen analysiert werden, welche regulative Anforderungsdokumente in maschinenlesbarer Form bereitstellen und somit die Basis einer Impact-Analyse bilden können. Diese soll folglich Betreiber:innen und Entwickler:innen die bessere Abschätzung betroffener Complianceangaben im Rahmen ihres ATM/ANS Equipments ermöglichen.

Auch das allgemeine Interesse an automatischer Datenverarbeitung von Rechtsdokumenten ist in den letzten Jahren stark gewachsen. Unternehmen profitieren fortgehend von immer neuen Werkzeugen und Prozessen, die es ermöglichen, rechtliche Informationen einzulesen, zu verarbeiten oder mit internen Ressourcen und Prozessen zu verknüpfen. Bestehende Lösungen beschränken sich jedoch meist auf einzelne Anwendungsfälle, lokale Zuständigkeitsbereiche oder stellen ihre Daten nur intransparent zur Verfügung [50, S. 385]. Um den Mehrwert einer Integration im Rahmen von einer IA für regulatorische Anforderungen an ATM/ANS Equipment zu maximieren, ist es notwendig alle qualifizierten Datenquellen gewissenhaft auf ihre mögliche Verwendung zu überprüfen.

## 1.2 DEFINITION UND RAHMEN

Im Rahmen dieser Arbeit sollen die Daten zwei ausgewählter Quellen für die Verwendung in einer Impact-Analyse zur regulativen Nachweisführung überprüft werden. Hierfür werden zunächst die zugrundeliegenden betrieblichen Nachweisführungsprozesse; deren regulativen Basisverordnungen; sowie die Beteiligung und Funktion externer Stakeholder:innen; definiert. Für die Evaluation von Betriebsprozessen bezieht sich diese Arbeit auf das Betriebsumfeld der DFS in seiner Rolle als deutscher ANSP und in seiner Funktion sowohl als Hersteller und Inbetriebhalter als auch als Nutzer von ATM/-ANS Equipment.

Des Weiteren soll geprüft werden, welche Rahmenbedingungen und Einschränkungen existieren, um auf Basis der Anforderungsdokumente<sup>1</sup> die Auswirkungen von Änderungen auf interne Anforderungsprozesse und Complianceangaben abzubilden. Die Arbeit definiert hierfür allgemeine Anforderungen an ein Datenmodell, welche für die Abbildung der Daten erforderlich sind und eine Vergleichbarkeit der beiden Quellen schaffen. Zur Auswahl der Datenquellen wurden zwei öffentliche, offizielle Schnittstellen relevanter Behörden der Europäischen Union (EU) berücksichtigt:

- Daten des Amts für Veröffentlichung der Europäischen Union (EU)
- Daten der European Union Aviation Safety Agency (EASA)

Im Rahmen der Analyse gilt es, die Quellen anhand ihrer Formate, Tiefe, Bereitstellung, rechtlichen Relevanz, Zugriff, Vergleichbarkeit; sowie deren Integration in das vordefinierte Datenmodell und einer Impact-Analyse<sup>2</sup>; zu vergleichen und anhand von definierten Kriterien und Metriken zu bewerten.

## 1.3 ZEITLICHE EINORDNUNG

Diese Arbeit entsteht in dem Zeitraum von Dezember 2023 bis März 2024. Auch nach Inkrafttreten der Delegierten Verordnungen der (EU) Nrn. 2023/-1768ff. im September 2023 ist die Adoption der darin beschriebenen Prozesse zur Zeit des Verfassens noch nicht vollständig umgesetzt. Das BAF stellt zwischenzeitlich eigene Anforderungen zu der Nachweisführung, welche die Zeit der europäischen Adoption und der Übernahme der EASA sowie dessen Spezifikation der Prozesse, überbrücken soll. Aufgrund der noch fehlenden Spezifikationen zur Nachweisführung der EASA sowie den entsprechenden Businessprozessen der Flugsicherungen bezieht sich diese Arbeit in Teilen der Analyse und Definition der Prozesse noch auf Prozesse zur Nachweisführung unter dem BAF.

---

<sup>1</sup> in digitaler Form

<sup>2</sup> gemäß eines herangezogenen Frameworks

## RECHTLICHE RAHMENBEDINGUNGEN

---

### 2.1 EUROPÄISCHE RAHMENBEDINGUNGEN

#### 2.1.1 *Single European Sky (SES)*

„Der Luftraum über Europa ist – historisch bedingt – stark fragmentiert“: Er ist in 679 Flugsicherungssektoren aufgeteilt, die von 38 Flugsicherungsorganisationen (ATM) mit jeweils unterschiedlichen Betriebssystemen und Verfahrensabläufen in 65 Bezirkskontrollstellen überwacht werden. Diese Fragmentierung verursacht Kosten, die vermieden werden können: [45, S.6]

Auch wenn der europäische Luftraum, im Vergleich zu dem flächenmäßig ähnlichen US-amerikanischen Luftraum insgesamt (60 %)¹ weniger Flüge kontrolliert, so erzeugen die vielen beteiligten Flugsicherungs-Organisationen aufgrund der staatlich orientierten Strukturen des Europäischen Luftraumes² erhebliche Einschränkungen in puncto Effizienz, Kosten und Performance. Flugzeuge passieren so im Schnitt deutlich mehr Luftraumblöcke verschiedener ANSP, was zu komplizierten Prozessen der Abrechnung und ineffizienten Flugrouten führt. [8, S. 74]

Basierend auf diesen Gründen und Problemen, hat der Europäische Rat am 23. und 24. März 2000 die Kommission auf seiner Sondertagung aufgerufen, zusammen mit Stakeholdern militärischer sowie ziviler Luftfahrt Vorschläge für eine entsprechende regulative Umsetzung zu erarbeiten. Die Ergebnisse dieser Arbeit wurden im November des gleichen Jahres vorgelegt. [57, ErwG. 2]

#### *Zielsetzung*

Die Single European Sky (SES) Initiative der Europäische Union (EU), deren Rahmenverordnung 2004 in Kraft trat, zielt darauf ab, Sicherheitsstandards, Kapazitäts- und Umweltaspekte sowie die Gesamteffizienz im europäischen Luftverkehrsmanagement zu verbessern. Der europäische Luftraum soll sich so zu einem ausgewogenem, integrierten Luftraum entwickeln, in dem nationale und territoriale Grenzen keinen negativen Einfluss auf die Abwicklung des Luftverkehrs nehmen und den Anforderungen aller Luftraumnutzer entsprochen wird [57, Art. 1 Abs. 1]. Flugsicherungsorganisationen (ANSP) sollen überregional und übernational zusammenarbeiten und neue Technologien sollen im Rahmen des Single European Sky Research Programme (SESAR) digitalere und stärker vernetzte ATM Systeme der teilnehmenden

---

¹ Stand 2010 (Eurocontrol)

² vgl. Motivation des Abkommens über die Internationale Zivilluftfahrt [2]

ANSP ermöglichen. Weiter ist SES ein Schlüsselfaktor, um die Umweltauswirkungen der Luftfahrt durch effizientere Routen zu reduzieren.

Das EU Parlament schätzt<sup>3</sup>, dass SES zu seiner vollständigen Umsetzung (2030–2035) die europäische „Luftraumkapazität verdreifachen und die Kosten des ATM halbieren, die Sicherheit um ein Zehnfaches verbessern und die [Umweltauswirkungen] der Luftfahrt [...] um 10 % verringern [kann].“ [12]

### *Rahmenverordnung*

Im Anschluss dieser Zielsetzung wurde das sogenannte SES-Paket I durch das Europäische Parlament und den Rat beschlossen<sup>4</sup>. Das Gesetzespaket umfasst

- einen Vorschlag zur Rahmenverordnung „Maßnahmen zur Schaffung eines einheitlichen europäischen Luftraums“[24, 25],
- einen Vorschlag zu einer Verordnung „für eine sichere und effizientere Erbringung von Flugsicherungsdiensten“[26]; in Einheit mit
- einen Vorschlag zu einer Verordnung „zur Ordnung und Nutzung des Luftraums im einheitlichen europäischen Luftraum“[28]; in Einheit mit
- einen Vorschlag zu einer Verordnung „zur Verwirklichung der Interoperabilität des europäischen Flugverkehrsmanagements“[27].

Die Gesetzesvorschläge zu den vier genannten Verordnungen wurden am 10.März 2004 als Verordnungen VO (EG) Nrn. 549ff./2004 beschlossen und traten am 21.Oktober 2004 in Kraft [45, S.12]. Sie definieren die sogenannten Rahmenverordnungen (engl. Essential Requirements (ER)) des SES Rahmens.

Im Weiteren sollen diese Rahmenverordnungen als oberste Abstraktions-ebene im SES-Modell dienen. Die hierbei definierten Anforderungen und Rahmenbedingungen werden folglich durch spezifischere Durchführungsbestimmungen / Implementing Regulations (IR) und technische Gemeinschaftliche Spezifikationen / Community Specifications (CS) weiter ausgearbeitet, um eine einheitliche Umsetzung der Rahmenbedingungen zu gewährleisten. Die Rahmenverordnungen gewährleisten hierbei die Integrität der definierten Ziele im Rahmen aller im Folgenden formulierten Dokumente.

<sup>3</sup> aus den „offiziellen“ Ziele(n) des SES, deren Ursprung unklar ist“[12]

<sup>4</sup> Beschluss nach Art. 100 Abs. 2 AEUV (ehem. Art. 80 Abs. 2 EBV)

## VERORDNUNG (EG) NR. 549/2004

„Rahmen für die Schaffung eines einheitlichen europäischen Luftraums“  
[32, 57]

Die Verordnung Nr. 549 wird auch als Rahmenverordnung des SES-Pakets I bezeichnet. Wesentliche Eckpunkte der Verordnung beinhalten

- die Einrichtung und Verwaltung nationaler Aufsichtsbehörden<sup>5</sup>,
- die Einberufung eines Ausschusses für den einheitlichen Luftraum zur Unterstützung der Kommission,
- die Erstellung von Durchführungsbestimmungen durch Eurocontrol auf Basis von Mandaten des Ausschusses<sup>6</sup> und
- das Ermöglichen von Leistungsüberprüfung- und Sicherheitsmechanismen der einzelnen Staaten. [32]

## VERORDNUNG (EG) NR. 550/2004

„Einheitlicher europäischer Luftraum – EU-Bestimmungen für Flugsicherungsdienste“ [29, 58]

Die Verordnung Nr. 550 legt gemeinsame Anforderungen für die Erbringung der Flugsicherungsdienste für den allgemeinen Flugverkehr in der Europäischen Union fest. Wesentliche Eckpunkte der Verordnung beschreiben:

- Anforderungen an die Zertifizierung von Flugsicherungsorganisationen,
- Aufgaben nationaler Aufsichtsbehörden und deren Autorität über den lokalen Dienstleister; sowie
- die mögliche Einrichtung und Voraussetzungen funktionaler Luftraumböcke (FAB). [29]

## VERORDNUNG (EG) NR. 551/2004

„Flugverkehrsmanagement: Ordnung und Nutzung des Luftraums im einheitlichen europäischen Luftraum“ [30, 59]

Das Ziel der Verordnung Nr. 551 in dem Kontext des SES-Pakets ist es, eine optimale Nutzung des gemeinsamen Luftraums zu gewährleisten und so die Auswirkungen von Flugverspätungen, angesichts des zunehmenden Luftverkehrs, zu minimieren. Wichtige Eckpunkte der Verordnung beinhalten:

<sup>5</sup> zulande das Bundesaufsichtamt für Flugsicherung (BAF)

<sup>6</sup> siehe 2.1.3



- die Schaffung eines einheitlichen europäischen Luftraums inkl. der übernationalen Regelung von Schwankungen der Flugverkehrskapazität;
- einer besseren Integration zwischen militärischem und zivilem Luftraum für eine optimierte flexible Luftraumnutzung,
- ein besseres Netzmanagement für die optimale Nutzung funktionaler Luftraumblöcke im Interesse der Luftraumnutzer. [30]

#### VERORDNUNG (EG) NR. 552/2004

„Interoperabilität des europäischen Flugverkehrsmanagementnetzes“  
[31, 60]

Die Verordnung Nr. 552 – auch genannt „Interoperabilitätsverordnung“ – zielt darauf ab, gemeinsame Anforderungen für die verschiedenen nationalen Flugverkehrsmanagementsysteme festzulegen, um eine Interoperabilität aller Systeme sicherzustellen [31]. Hierbei definiert die Verordnung ein einheitliches System für die Zertifizierung von Komponenten und Systemen<sup>7</sup> sowie den dazugehörigen Verfahren und stellt zudem sicher, dass neue zugelassene und validierte Betriebskonzepte eingeführt werden. [60, Art.3 Abs.1] Hierbei erklären ANSP folglich EG-Prüferklärungen (EGP)<sup>8</sup>, welche die Einhaltung aller einschlägigen Verordnungen begründet und der nationalen Aufsichtsbehörde<sup>9</sup> vorgelegt werden. [60, Art. 6 Abs. 1f]

Weitere wesentliche Inhalte der Verordnung beinhalten:

- Grundlegende Anforderungen (essential requirements) und
- Maßnahmen im Bereich der Interoperabilität;
- Gemeinschaftliche Spezifikationen (CS);
- Komponenten EG-Konformitätserklärung (EGK) und EG-Gebrauchtauglichkeitserklärung (EGG); sowie
- verbundene Schutzmaßnahmen und
- Übergangsbestimmungen

#### VERORDNUNG (EU) NR. 2018/1139

„Festlegung gemeinsamer Vorschriften für die Zivilluftfahrt und zur Errichtung einer Agentur der Europäischen Union für Flugsicherheit [...] und zur Aufhebung der Verordnungen (EG) Nr. 552/2004 [...]“ [61]

<sup>7</sup> darunter ATM/ANS Komponenten / -Systeme

<sup>8</sup> Gültigkeit bis 2023; Ablösung durch Statement of Compliance (SoC) unter EASA nach VO (EU) Nr. 1769/2023 [14]

<sup>9</sup> Bundesaufsichtamt für Flugsicherung (BAF) in Deutschland

Die Verordnung Nr. 1139<sup>10</sup> aus dem Jahre 2018 gilt als Überarbeitung der vorhergehenden Verordnung VO (EG) Nr. 552/2004, welche neue Vorschriften aller Schlüsselbereiche der Luftfahrt umfasst, um das „Wachstum des Luftfahrtsektors in der EU zu fördern, den Sektor wettbewerbsfähiger zu machen und Innovationen anzuregen.“ [33]

Im Weiteren enthält die Verordnung ein überarbeitetes Mandat für die Aufgabenbereiche der European Union Aviation Safety Agency (EASA), welche fortan die Aufgaben des SES-Pakets I übernimmt, sowie weiteren Vorschriften zu unbemannten Luftfahrzeugen sowie Sport- und Freizeitfliegerei. Die unter der VO (EG) Nr. 552/2004 erlassenen Durchführungsbestimmung behalten im Sinne der Vorbereitung weiterer Rechtsakte vorerst weiter ihre Gültigkeit. [61, ErwG. 83]

### 2.1.2 Durchführungsbestimmungen (IR)

Die oben dargelegten SES-Rahmenbedingungen werden durch eine Ansammlung von spezifischeren Durchführungsbestimmungen<sup>11</sup> komplementiert. Diese sollen die abstrakten Ziele und Grundsätze des Frameworks in detaillierte, anwendungsspezifische Anforderungen übertragen und die Einführung neuer und validierter Betriebskonzepte und Technologien koordinieren [39, S. 22]. Die einzelnen Verordnungen werden dabei von der Europäischen Kommission, in Zusammenarbeit mit dem Single Sky Ausschuss, entwickelt und in Komitologie als Durchführungsverordnung (DVO) erlassen. Die Rahmenverordnung (VO (EG) Nr. 549/2004) bestimmt die Funktion des Ausschusses in Art. 5 sowohl nach Beratungsverfahren<sup>12</sup> als auch nach Regelungsverfahren<sup>13</sup>. Die Ausarbeitungen der Durchführungsbestimmungen auf Basis der definierten Rahmenverordnungen [57, Art. 3] fällt in die Zuständigkeit von Eurocontrol. Hiernach ist Eurocontrol angehalten, auf Basis von Aufträgen<sup>14</sup> der Kommission – und in Zusammenhang mit sinnvollen Anhörungen Beteiligter – die darin beschriebenen Arbeiten innerhalb des angegebenen Zeitrahmens umzusetzen. Im Anschluss wird die Kommission im Rahmen des oben referenzierten Beratungsverfahrens tätig. [57, Art. 8. Abs. 1]

Auf der Grundlage dieser erarbeiteten Ergebnisse werden mittels des ebenfalls referenzierten Regelungsverfahrens Entscheidungen über deren Anwendung in der Gemeinschaft und die Fristen von deren Umsetzung getroffen und anschließend im Amtsblatt der EU (engl. Office Journal) (OJ) veröffentlicht. [57, Art. 8 Abs. 2]

Der Anhang A beinhaltet eine Liste aller relevanten Durchführungsverordnungen, welche in Bezug auf die einzelnen Rahmenverordnungen des SES-Pakets I definiert wurden.

<sup>10</sup> Nummerierung harmonisiert nach 2015 [35]

<sup>11</sup> engl. *implementing regulations* (IR)

<sup>12</sup> nach Beschluss 1999/468/EG Art. 3 und 7 unter Beachtung des Art. 8 [6]

<sup>13</sup> nach Beschluss 1999/468/EG Art. 5 und 7 unter Beachtung des Art. 8 [6]

<sup>14</sup> in Form von Mandaten

### 2.1.3 Gemeinschaftliche Spezifikationen (CS)

Gemeinschaftliche Spezifikationen / Community Specifications (CS) bilden die spezifischste, dritte Abstraktionsebene des SES-Rahmens. Sie stehen außerhalb des verpflichtenden Teils der Regularien und dessen Anwendung ist für alle teilnehmenden Parteien freiwillig. Generell beschreiben CS

- einen Standard für Systeme oder Komponenten, welcher von einer Europäischen Normungsorganisation (ESO) wie Europäisches Komitee für Normung (CEN), Europäisches Komitee für elektrotechnische Normung (CENELEC), Europäisches Institut für Telekommunikationsnormen (ETSI) in Kooperation mit European Organisation for Civil Aviation Equipment (EUROCAE), auf einem Mandat der Europäischen Kommission herausgegeben wurde, oder
- eine Spezifikation bezüglich der operativen Koordination zwischen den ANSP, welche auf Ersuchen der Europäischen Kommission von Eurocontrol herausgegeben wurde.

Angenommene CS werden im Amtsblatt der EU (engl. Office Journal) (OJ) veröffentlicht. Beispielsweise:

- ETSI EN 303 214 V1.2.1<sup>15</sup>: Data Link Services (DLS) System: Requirements for ground constituents and system testing
- Eurocontrol Spec-0100 Edition 2.0<sup>16</sup>: Eurocontrol Specification of Interoperability and performance requirements for the Flight Message Transfer Protocol (FMTP)

Neben den bereits veröffentlichten CS wird weiterhin von den ESOs an Standards gearbeitet oder diese initiiert. Diese Arbeit basiert auf den Standardisierungsmandaten der Europäischen Kommission an die ESOs, welche die Ziele der zu erstellenden CS darlegen. Diese umfassen die Mandate<sup>17</sup>:

- M/390: Software Assurance Levels (SWAL) — prEN 16154
- M/408: Ground Based Augmentation System (GBAS) — Cat. I precision approach operations; Approach procedures with Vertical Guidance (APV) – Localizer Performance with Vertical guidance (LPV)
- M/510: Aerodrome mapping data
- M/524: Flugverkehrsmanagement / Air Traffic Management (ATM) interoperability for the ATM Master Plan

Der Inhalt der Mandate sowie die fortlaufende Arbeit der ESOs wird laufend überprüft und vollentwickelte Standards werden mit ihrer Fertigstellung und Abnahme veröffentlicht.

<sup>15</sup> OJ 2012/C/168/03

<sup>16</sup> OJ 2007/C/188/03

<sup>17</sup> <https://portal.etsi.org/EC-EFTA-Mandates>

## 2.2 INTERNATIONALE RICHTLINIEN UND EMPFEHLUNGEN

Neben den oben beschriebenen europäischen Regularien und Anforderungen an ATM/ANS-Equipment wurde bereits seit den Anfängen der Zivilluftfahrt verstanden, dass standardisierte Abläufe und Spezifikationen ein unabdingbares Mittel für eine weltweit einheitliche Luftverkehrssicherheit darstellen [49, S. 156]. Auf dieser Basis bestehen bereits viele internationale Rahmenbedingungen, welche unter anderem auch wesentliche Spezifikationen und Anforderungen von ATM/ANS-Equipment definieren. Regionale Ausarbeitungen – bspw. SES im europäischen Raum – beziehen sich so auf die immer gleiche Basis international einheitlicher Standards.

### ICAO

Die Internationale Zivilluftfahrtorganisation (ICAO) ist eine Sonderorganisation der Vereinten Nationen (UN), welche mit dem Abkommen über die Internationale Zivilluftfahrt (auch Chicagoer Abkommen) gegründet wurde und fortan Standards, Empfehlungen und Richtlinien für die zivile Luftfahrt erlässt. Diese bieten eine wichtige Grundlage als Referenz von definierten Anforderungen. Beispielsweise in den „Arbeitsmethodiken und Betriebsverfahren für die Erbringung von Flugberatungsdiensten“ (AIS.TR.100) aus der DVO (EU) Nr. 2017/373, welche sich auf die ICAO Anhänge 4 (*Aeronautical Charts*) und 15 (*Aeronautical Information Services*) beziehen. [13, Anh. IV]

### SARP / PANS

Internationale Standards And Recommended Practices (SARP) beschreiben die spezifischen technischen Spezifikationen, welche in den ICAO Anhängen definiert sind. Sie umfassen alle in Art. 37 a–k beschriebenen Themenbereiche, darunter auch ATM/ANS [2, S. 43f.]. Da die Anhänge selber rechtlich keinen Stellenwert internationaler Abkommen haben, fehlt diesen die unmittelbare Rechtsverbindlichkeit [49, S. 156–159]. Eine abweichende Nichteinhaltung gilt es jedoch dem Council nach Art. 38 mitzuteilen. [2, S. 45f]

SARP werden durch Procedures for ANS (PANS) ergänzt. Diese beschreiben genaue Verfahren, welche für Anwendungen der Flugsicherung und dessen Flugverkehrsdienste implementiert werden können.

### EUROCAE

Die European Organisation for Civil Aviation Equipment (EUROCAE)<sup>18</sup> ist eine gemeinnützige Organisation der Europäischen Union, welche Gemeinschaftliche Spezifikationen / Community Specifications (CS) für ATM/ANS-Produkte entwickelt. EUROCAE arbeitet hierbei eng mit der oben genannten ICAO, anderen beteiligten Organisationen, Ausrüstung Herstellenden und Betreibenden; sowie weiteren Luftfahrt-Stakeholder:innen zusammen, um das Erschaffen von harmonisierten Standards zu fördern.

<sup>18</sup> <https://www.eurocae.net/>

## BETRIEBLICHE PROZESSE ZU ATM/ANS EQUIPMENT

---

Im Rahmen der DFS Deutsche Flugsicherung GmbH<sup>1</sup>

ATM/ANS Equipment stellt die essenzielle Basis aller relevanten Prozesse im Flugsicherungsbetrieb dar und ist für die Abwicklung von Flugbewegungen unabdingbar. Kommunikations-, Navigations- und Überwachungsdienste sowie weitere Systeme zur Unterstützung von Lotsinnen und Lotsen ermöglichen es sicher, effizient und interoperabel Flugsicherung zu betreiben. Das Bundesministerium für Digitales und Verkehr verfügt weiter, dass alle diese „Flugsicherungsdienste und die dazu erforderlichen flugsicherungstechnischen Einrichtungen“ von denen eine Notwendigkeit im Sinne der DVO (EU) Nr. 2017/373 Artikel 3(a) ausgeht, entsprechend vorgehalten werden. [43, §27 d]

In seiner Position als deutsche Flugsicherungsorganisation betreibt – aber auch entwickelt – die DFS Deutsche Flugsicherung GmbH das ATM/ANS Equipment für die Erbringung von Flugsicherungsaufgaben im Verantwortungsbereich des deutschen Luftraums [43, §27 c]. Diese, ehemals hoheitliche, Aufgabe wurde nach der Privatisierung der DFS<sup>2</sup> 1993 in das LuftVG übertragen. Seit der Gültigkeit des SES Rahmens gilt die DFS als zertifizierter deutscher Flugsicherungsdienstleister / Air Navigation Service Provider (ANSP) und betreut im Rahmen des funktionalen Luftraumblockes Zentraleuropa (FABEC) die Aufgaben *Upper Airspace* und *Approach*.

Um die verschiedenen Tätigkeiten im Rahmen der konformen Inbetriebhaltung von ATM/ANS Equipment zu gewährleisten, definiert die DFS einen Rahmen von betrieblichen- und fachlichen Anweisungen zu konzernweiten Rahmenprozessen und internen Anforderungen. [vgl. 55, 56]

### 3.1 PRODUKTMANAGEMENT

Das Produktmanagement (PdM) einer ATM/ANS Ausrüstung ist definitionsgemäß für die Gesamtheit von dessen Führungsaufgaben und Organisation in allen Phasen bis zum Abschluss des Projektes verantwortlich [55, S. 31]. Hierzu zählt auch das Änderungsmanagement, welches u.a. auf Basis von geänderten Anforderungen entsprechende bundesweite Änderungsverfahren. Das PdM wird im Rahmen von Änderungen mit der technischen Umsetzung dieser vom Anforderungsmanagement beauftragt und ist weiter für die Erstellung der technischen Freigabe verantwortlich.

---

<sup>1</sup> Im Rahmen dieser Arbeit wird die Analyse und Modellierung der Prozesse und Daten in Bezug auf den Anwendungsfall der DFS betrachtet. Sie bildet das Gegenstück der Analyse der externen Anforderungsdokumente durch EU und EASA.

<sup>2</sup> ehemals Bundesamt für Flugsicherung

### 3.2 ANFORDERUNGSMANAGEMENT

Das Anforderungsmanagement (AM) ist nach Definition der DFS für die Erststellung sowie die bundesweite Pflege und Weiterentwicklung der Anforderungen an eine (FS-)Technische Einrichtung während ihres Lifecycles zuständig. Hierbei erhebt es betriebliche, betriebstechnische und systemtechnische Anforderungen<sup>3</sup> an eine (FS-)Technische Einrichtung bei den Nutzer:innen und vertritt diese gegenüber dem Produkt- und/oder dem Projektmanagement. Das betriebliche Anforderungsmanagement ist für die betriebliche Freigabe bei der Indienststellung sowie der Umrüstung einer FS-Technischen Einrichtung zuständig. [55, S. 31]

Im Rahmen dieses betrieblichen Freigabeprozesses<sup>4</sup>, ist es die Aufgabe des Anforderungsmanagements, die Nachweisführung – gemäß der folgenden Definition – zu allen einschlägigen externen Anforderungsdokumenten, Verordnungen wie Durchführungsbestimmungen zu erarbeiten.

### 3.3 NACHWEISFÜHRUNG

„Systeme für das Flugverkehrsmanagement dürfen erst in Dienst gestellt werden, wenn sie auf die Einhaltung der grundlegenden Anforderungen und relevanten DVO für die Interoperabilität geprüft wurden und diese einhalten.“ (BAF) [39, S. 17]

Die Betriebsprozesse der DFS fordern, dass es für jede Indienststellung oder Umrüstung einer FS-technischen Einrichtung / Technischen Einrichtung Typ 1<sup>5</sup> eine technische und betriebliche Freigabe zu erstellen gilt [56].

Die Verordnungslage der Interoperabilitätsverordnung<sup>6</sup> verlangt hierbei, dass vor der Indienststellung eines *Systems* durch die jeweilige Flugsicherungsorganisation eine EG-Prüferklärung (EGP) ausgestellt wird, mit der die Einhaltung der Vorschriften erklärt wird, und welche im Anschluss zusammen mit technischen Unterlagen der nationalen Aufsichtsbehörde vorgelegt wird. Die Bestandteile dieser Erklärung und der technischen Unterlagen sind in Anhang IV der selbigen Verordnung aufgeführt. Die nationale Aufsichtsbehörde ist außerdem in der Lage, zusätzliche Informationen anzufordern, die zur Überwachung der Compliance-Erklärung erforderlich sind. [60, Art.6 Abs.2]

Das Bundesaufsichtamt für Flugsicherung (BAF) – als nationale Aufsichtsbehörde – erfüllt in diesem Kontext die Funktion einer „funktional unabhängigen“ [57, Art. 4 Abs. 1f] Behörde, welche nach dem Trennungsgebots §31b Abs. 1 Satz 1 des LuftVG i.V.m. Art. 87 d Abs. 1 Grundgesetz (GG) gefordert ist. [45, S. 14]

3 gemeinsam bezeichnet als *angeforderter Sollzustand*

4 bei Indienststellung, Umrüstung oder Änderung der Anforderungen (darunter auch regulative Anforderungen)

5 (FS-)Technische Einrichtung welche die Definition von ATM/ANS Equipment erfüllt

6 VO (EG) Nr. 552/2004

## ANFORDERUNGEN DER IMPACTANALYSE

---

Eine Umsetzung einer automatischen regulatorischen Impactanalyse, welche die beschriebenen betrieblichen Prozesse des Anforderungsmanagements und der Nachweisführung berücksichtigt und die Lifecycle und Struktur regulatorischen Anforderungen und Anforderungsdokumenten darstellen kann, bedarf einiger Voraussetzungen.

Nach der Marktanalyse der Enterprise Governance Risk & Compliance (EGRC) Plattformen durch Gartner [9] unterstützt Compliance Management „Compliance Fachpersonal bei der Dokumentation, bei Workflows, Berichterstattung und der Visualisierung von Control Objectives [...]“ [9, S. 4 (übersetzt)] für verschiedene branchenspezifische Regularien, Vereinbarungen sowie externe und/oder interne Anforderungen. Die Impactanalyse – oder dessen mögliche Implementation in Rahmen einer Anwendung, einer EGRC Plattform oder eines Businessprozesses – sollte folglich auch in der Lage sein, einen Mehrwert im Sinne einer Automatisierung oder einer Verringerung des händischen Workloads darzustellen.

### 4.1 ZIEL DER IMPACTANALYSE

Das gewünschte Ergebnis der regulatorischen Impact Analyse (IA) im Rahmen dieser Implementation ist es, eine Liste jener Complianceangaben zu erhalten, welche für die Erfüllung einer relevanten Anforderung benötigt werden und durch eine analysierte Änderung *betroffen* sind. Eine Complianceangabe gilt folglich als *betroffen*, sowie die zugrundeliegende abgedeckte Anforderung verändert, ersetzt, gelöscht oder durch ein anderes Anforderungsdokument – oder eine andere Anforderung – konsolidiert wurde. Auch neue Anforderungen, hervorgehend aus neuen Anforderungsdokumenten oder der Ergänzung/Konsolidierung bestehender Dokumente, sollten durch die Analyse erkannt und je nach ihrer bewerteten Bedeutung entsprechend berücksichtigt werden. Diese Abbildung hilft folglich dabei, den Umfang größerer regulatorischer Änderungen oder Konsolidierungen besser auf einen kleineren – für das Projekt relevanten – Rahmen herunterzubrechen und die Effizienz sowie die Qualität der Nachweisführungsprozesse zu optimieren. Herstellende Parteien der betroffenen Komponenten könnten so, auf Basis dieser Analyse, einfach und übersichtlich betroffene Angaben bzgl. der Compliance ändern und fortan eine hohe Qualität der Nachweisführung sicherstellen.

Neben den Ergebnissen der Impact Analyse und deren Verwendung in den entsprechenden Nachweisführungsprozessen werden im Zuge der Analyse Datensätze erarbeitet, welche auch einen Mehrwert für andere Aufgabenbereiche erwirtschaften können.



## 4.2 MODELLIERUNG DER DATEN

Die Basis der Analyse bedarf der Existenz eines umfassenden Datensatzes, welcher – unabhängig von dessen Semantik – in der Lage ist, regulative Anforderungen, ATM/ANS Komponenten und ATM/ANS Systeme, jeweils mit allen wichtigen zugehörigen Informationen, Metadaten, Lifecycles sowie deren Beziehungen untereinander abzubilden. Im Folgenden sollen hierzu Anforderungen erarbeitet und erörtert werden, die eine Analyse unter dem oben definierten Ziel ermöglichen.

### 4.2.1 *Regulative Anforderungen*

Regulative (externe) Anforderungen beschreiben im Folgenden alle Anforderungen und Definition, welche von gesetzgebenden – oder hierdurch berechtigten – Parteien verfasst wurden und eine fortlaufende Bedeutung für die Erklärung der Compliance einer ATM/ANS Komponenten / eines ATM/ANS Systeme hat. Im Rahmen dieser Analyse bilden diese Anforderungen den volatilen Teil, aus welchem die zu analysierenden Änderungen hervorgehen. Dementsprechend bedarf es einer Datendarstellung, welche in der Lage ist die entsprechenden Lifecycles und Änderungen der Anforderungen inkl. aller wichtigen Informationen integer abzubilden. Wichtige Anforderungen an eine solche Abbildung beinhalten:

#### *Eindeutige Kennung*

Um eine einheitliche Nachweisführung sicherzustellen, muss durch die Datenmodellierung gewährleistet sein, dass Anforderungen – auch über Konsolidierungen oder strukturelle Änderungen der Anforderungsdokumente hinweg – eindeutig identifiziert werden können. Sowie die Anforderungsdokumente und deren Quelle keine eindeutige, struktur- und zeitunabhängige Identifizierung der einzelnen Anforderungen zur Verfügung stellen, bedarf es eines eigenen Prozesses zur Durchsetzung eigener Kennungsmethoden. Die Granularität, mit welcher Textabschnitte identifiziert werden können, gilt es gesondert in Bezug auf die Struktur der einzelnen Anforderungsdokumente herauszuarbeiten.

Im Falle von EU Verordnungen oder anderen Gesetzestexten sind die Kennung eines Textabschnittes zumeist an die Struktur des Dokumentes gebunden. In diesem Falle ist die Kennung einer Anforderung in einem Dokument auch unmittelbar mit dessen Position in der Gliederung verknüpft. In diesen Fällen gilt es zu prüfen, ob strukturelle Änderungen der Anforderungsdokumente Auswirkungen auf die Nummerierung bestehender Textabschnitte haben können. Im Beispiel von digitalen Verordnungen der EU<sup>1</sup> besteht auf Basis der technischen Dokumentation die Möglichkeit, dass die Struktur und Nummerierung von Textabschnitten im Rahmen einer Konsolidierung oder

<sup>1</sup> Publiziert durch das Amt für Veröffentlichungen der Europäischen Union (FMX Format)



Korrektur überarbeitet werden<sup>2</sup>. Auch wenn derartige Änderungen nicht im Sinne der Integrität des Anforderungsdokumentes getätigt werden und eine eigene Prüfung der relevanten Dokumente ergab, dass kein etwaiger Fall in den Dokumenten gefunden wurde, so gilt es im Einzelfall zu eruieren, ob eine strukturelle Identifizierung einzelner Anforderungen eine ausreichend integrale Identifizierungsmethode darstellt.

### *Regulative Quelle*

Die *regulative Quelle* einer Anforderung soll im Folgenden definieren, aus welchem Anforderungsdokument sich eine gewisse Anforderung ableitet. Diese Angabe soll folglich sicherstellen, dass auch komplexere Lifecycles von Anforderungen, und dessen Änderungsgesetzen<sup>3</sup> adäquat abgebildet werden können. Im möglichen Falle einer Änderung zweiten Grades, bspw. der Korrektur eines Änderungsgesetzes, kann durch den Verweis auf das Änderungsgesetz als *regulative Quelle*, auch dessen Korrektur festgestellt werden. Alle konsolidierenden Dokumente, jeden Grades, werden somit in den digitalen Lifecycle des Datenmodells mitaufgenommen, entsprechend abgebildet und berücksichtigt.

Sowie – durch die Analyse – erschlossen, bietet dieses Attribut Auskunft über die Versionierung individueller Anforderungen und ermöglicht es, einfach nachzuvollziehen, welche Anforderungen durch welche Konsolidierung betroffen sind und möglichen inhaltlichen Änderungen unterliegen.

### *Inkrafttreten / Anwendungszeitraum*

Für die Abbildung einer zeitabhängigen Compliance-Erklärung ist es relevant, die Gültigkeit von Anforderungen an einen genauen Zeitraum zu binden. Die Gültigkeit einer Anforderung beginnt – sowie nicht anderweitig definiert – mit dem Inkrafttreten des ursprünglichen Anforderungsdokumentes nach dessen Veröffentlichung<sup>4</sup>. Im Rahmen von Änderungen oder Korrekturen kann sich der Zeitpunkt des Inkrafttretens auf das entsprechende Inkrafttreten des Änderungsdokumentes oder ein anders definierten Zeitpunkt aktualisieren [37]. Die Gültigkeit eines Anforderungsdokumentes endet, im Falle der EU, mit dem Inkrafttreten einer anderen ablösenden oder aufhebenden Änderungsverordnung; oder durch die Aufhebung der Verordnung durch die Kommission im Amtsblatt. Die Übergangsbestimmungen werden hierbei innerhalb der ablösenden Verordnung<sup>5</sup> definiert.

<sup>2</sup> Nach der Dokumentation zu Annotationen bzgl. Änderungen (siehe „CLG.MDFO/MDFC“) im FMX Format kann die Nummerierung ersetzt werden (siehe Codes (NN): *new numbering*, (ON): *old numbering*)[22, vgl S. 76-79]

<sup>3</sup> Definition hier entsprechend *amending acts* (engl.) [37]

<sup>4</sup> Im Falle von EU Verordnungen am zwanzigsten Tage nach der Veröffentlichung im Amtsblatt der Europäischen Union (bspw. [61, Art. 141], [57, Art. 14]) sowie nicht in der Änderungsverordnung abweichend definiert (bspw. VO (EU) Nr. 2017/1347 (*ohne inhaltliche Bedeutung*))

<sup>5</sup> meist am Ende

### *Lifecycle*

Der Lifecycle einer Anforderung stellt den Hauptfokuspunkt der Analyse dar. Folglich sollte das Datenmodell in der Lage sein, alle möglichen Arten von Änderungen und Auflösungen der Anforderung darstellen zu können. Dies beinhaltet – im Falle von Verordnungen der EU – die Änderung oder Korrektur durch andere Änderungsgesetze oder durch eine Mitteilung im Amtsblatt; die Ablösung einer Verordnung durch eine neue Verordnung oder die Auflösung von dessen Gültigkeit; oder die mögliche Umstrukturierung eines Anforderungsdokumentes.

Im Weiteren benötigen einige Formen der Nachweisführung<sup>6</sup> die Dokumentation der gesamten inhaltlichen Historie einer Anforderung. Hierfür ist es notwendig, auch auf vorherige Konsolidierungen/Versionen einer Anforderung inhaltlich zugreifen zu können.

#### 4.2.2 *ATM/ANS Equipment*

Die Funktion der einzelnen ATM/ANS Ausrüstung, im Rahmen dieser Datenmodellierung, ist es lediglich eine Entität zu definieren, für welche die Compliance einer bestimmten Sammlung an Anforderungen erklärt werden kann. Hierbei gilt es zwischen den einzelnen standortabhängigen Komponenten und standortabhängigen Baselines der Ausrüstung zu differenzieren. Die Ausrüstung sollte innerhalb des Datenmodells eindeutig identifiziert werden können und sich gut in die bestehende Infrastruktur und Dienste der Flugsicherung integrieren lassen können.

#### 4.2.3 *Angaben zur Compliance*

Das Hauptziel der Analyse – sowie der Nachweisführung von ATM/ANS Equipment – ist es, die Compliance der einzelnen Anforderungen zu erklären, um den sicheren Gebrauch und die sichere Inbetriebnahme der Ausrüstung sicherzustellen. Hierbei wird in den entsprechenden Compliancedokumenten (SoC) auf Basis der technischen Dokumentation (z.B. System/Subsystem Specification (SSS)) die Compliance zu den einzelnen Anforderungen erklärt. Aus Perspektive der Datenmodellierung stellt eine solche Complianceangabe die Relation zwischen den einzelnen regulativen Anforderungen und den entsprechenden Baselines / Komponenten dar. Complianceangaben sollten dabei für die Kombination an Equipment und Version der Anforderung einmalig vorliegen. Für die Angabe einer jeden Baseline bestehen folgende Informationen:

<sup>6</sup> bspw. das Format der Compliance-Matrix zur Dokumentation der EG-Prüferklärung (Gültigkeit bis 2023)

### *Anforderungsreferenz*

Dadurch, dass die Anforderungsreferenz sinngemäß beschreibt, welche Anforderung durch die Angabe gerade erklärt wird, ist es notwendig, neben der Anforderung selber, auch zu beschreiben, welche Version der Anforderung gerade erklärt wird. So lässt sich später einfacher ableiten, dass Angaben, deren Anforderungen bereits konsolidiert wurden, nicht mehr den aktuellen Soll-Zustand der Compliance abbilden. Neben der Möglichkeit, die Gültigkeit der Angabe an dessen Erstellungszeitpunkt zu binden und diesen mit Zeitpunkten neuerer Änderungen gegenzuprüfen, ermöglicht die vorhergehende Modellierung der Anforderungen (siehe 4.2.1) alternativ einen Verweis auf die bereits definierte *regulative Quelle* der Anforderung. So würde eine Angabe beispielsweise die Anforderung ATS.OR.130 der DVO (EU) Nr. 2017/373, in ihrem Inhalt zuletzt konsolidiert durch die DVO (EU) Nr. 2020/469, erklären. Der Eintrag verweist so im Modell sowohl auf die Anforderung (ATS.OR.130) als auch auf die Verordnung (DVO (EU) Nr. 2020/469) und kann bei neuen Konsolidierungen des Anforderungsdokumentes mit der hinterlegten regulativen Quelle abgleichen, um die Integrität der Angabe über die Änderung hinweg zu gewährleisten.

### *Art der Compliance / Zuständigkeit*

Neben dem annehmbaren Fall der positiven Erklärung der Compliance kann in einigen Fällen auch eine Nicht-Compliance oder gar keine Compliance bzgl. einer Anforderung definiert werden. Mögliche Begründungen einer solchen Angabe sind bspw. die fehlende Implementation von Interoperabilitätsstandards durch andere EU-Mitgliedstaaten; oder die Regelung durch eine rechtlich definierte Ausnahmeregelung. Die Bewertung einer Nicht-Compliance wird abhängig von der Begründung abgewägt und unterliegt der zuständigen nationalen Aufsichtsbehörde.

### *Begründung der Compliance*

Die Begründung stellt den Hauptinhalt der Angabe, als Relation zwischen Anforderung und Equipment, dar. In dieser sollte die Compliance zu der Anforderung in seiner zum aktuellen Zeitpunkt geltenden Form begründet und anhand technischer Referenzen belegt werden.

#### 4.2.4 *Compliance Matrizen*

Compliance Matrizen stellen das Endprodukt der Nachweisführungsprozesse dar<sup>7</sup>. In der einfachsten Form beschreibt die Compliance Matrix, aus Sicht der Datenmodellierung, eine Auflistung aller eine ATM/ANS Einrichtung betreffende Anforderungen inklusive deren jeweiliger Compliancennachweis (siehe 4.2.3). Das genaue Format, in dem die Compliancematix abgebildet werden soll, ist abhängig von den entsprechenden Vorgaben der zuständigen Aufsichtsbehörde.

<sup>7</sup> Format der EASA SoC zum Zeitpunkt dieser Arbeit noch unbekannt.

## 4.3 MODELLIERUNG DER IMPACT-ANALYSE

Das Ziel dieser Arbeit ist es, zu erarbeiten, inwiefern eine automatisierte Impact Analyse (IA) in Bezug auf den analysierten Datensätzen anwendbar ist, um die Auswirkungen regulativer Änderungen auf Complianceangaben abzubilden. Automatisch beschreibt hierbei, dass Änderungen durch mögliche Implementationen selbstständig erkannt und beschrieben werden können.

Um verschiedene Ansätze der Impact-Analyse zu vergleichen, definierten Arnold und Bohner (1993) [1] ein abstraktes Framework, welches die Analyse betroffener Entitäten<sup>8</sup> auf Basis von bekannten primären Änderungen definiert und deren Effektivität bewerten kann [48, S. 22]. Das Framework identifiziert u.a. die folgenden Bestandteile:<sup>9</sup>

**ÄNDERUNG** Die angenommene primären Änderungsdefinition, wessen Auswirkungen auf die einzelnen Entitäten des Systems analysiert werden soll. Die Erarbeitung dieser Definition fällt in den Rahmen einer automatisierten IA.

**SYSTEM** Das System, als Gesamtheit aller Entitäten, über welche die Auswirkungen der primären Änderungsdefinition analysiert werden soll und welches die Abhängigkeiten von Entitäten beschreibt.

**INTERFACE OBJECT MODEL** Das *interface object model* ermöglicht die Kommunikation mit der IA<sup>10</sup> und wird dazu verwendet, zu analysierende Artefakte<sup>11,12</sup>, die primäre Änderungsdefinition sowie Ergebnisse der Analyse mit einer einheitlichen Semantik abzubilden.

**INTERNAL OBJECT MODEL** Das *internal object model* beschreibt, auf welche Informationen der Ansatz zurückgreift, um die IA durchzuführen. Dies beinhaltet alle Informationen zu den Entitäten und den Abhängigkeiten untereinander. Die Verwendung dieser Daten setzt meist eine Art „repository“ voraus, was einen Zugriff und die Bearbeitung der vorhandenen Daten ermöglicht. [1, S. 295]

**IMPACT MODELL** Das Impact Modell beschreibt, wie Abhängigkeiten modelliert werden und wie diese im Rahmen der IA berücksichtigt werden.

Im Folgenden sollen auch die analysierten Datenmodelle anhand dieser Definitionen auf ihre mögliche Integration einer IA analysiert und bewertet werden.

---

<sup>8</sup> oder sekundären Änderungen

<sup>9</sup> Definitionen, welche sich mehr auf die Implementierung der IA als auf die Modellierung (bspw. „repository“) beziehen, wurden ausgelassen

<sup>10</sup> IA findet auf der Ebene des *internal object model* statt

<sup>11</sup> bspw. die eine regulative Durchführungsbestimmung

<sup>12</sup> definiert auf dem *artifact object model level*

## 4.4 BEWERTUNG DER IMPACT-ANALYSE

Zur Bewertung der einzelnen Impact-Analysen ziehen Arnold et al. ein Modell heran, welche verschiedene Mengen über alle Entitäten des Gesamtsystems definieren. Die Impact-Analyse beschreibt hierbei einen Vorgang, welche eine geschätzte Menge aller betroffenen sekundären Entitäten (Estimated Impact Set (EIS#)<sup>13</sup> – auf Basis der primären Änderungsdefinition (Starting Impact Set (SIS#)) – bildet. Im Rahmen der automatisierten IA (AIA, siehe Abbildung 4.1) soll ebenfalls die Menge primärer Änderungen (SIS#) durch mögliche Implementierungen erarbeitet werden. Die Ein- und Ausgaben der Impact Analyse (IA) und der Automatisierte Impact Analyse (AIA) lassen sich wie folgt beschreiben<sup>14</sup>:

$$IA(SIS\#) \mapsto EIS\# \quad (4.1)$$

$$AIA(?) \mapsto EIS\# \quad (4.2)$$

Die EIS# Menge kann im Folgenden auf den eigentlichen analysierten Prozess<sup>15</sup> übertragen werden, um die eigentlichen Änderungen – unter Berücksichtigung aller wichtigen Spezifikationen – durchzuführen. Das Ergebnis dessen Kontrolle ist eine Menge eigentlich betroffener Entitäten (AIS) welche, zur Bewertung der IA, mit dem EIS# verglichen werden kann.<sup>16</sup>

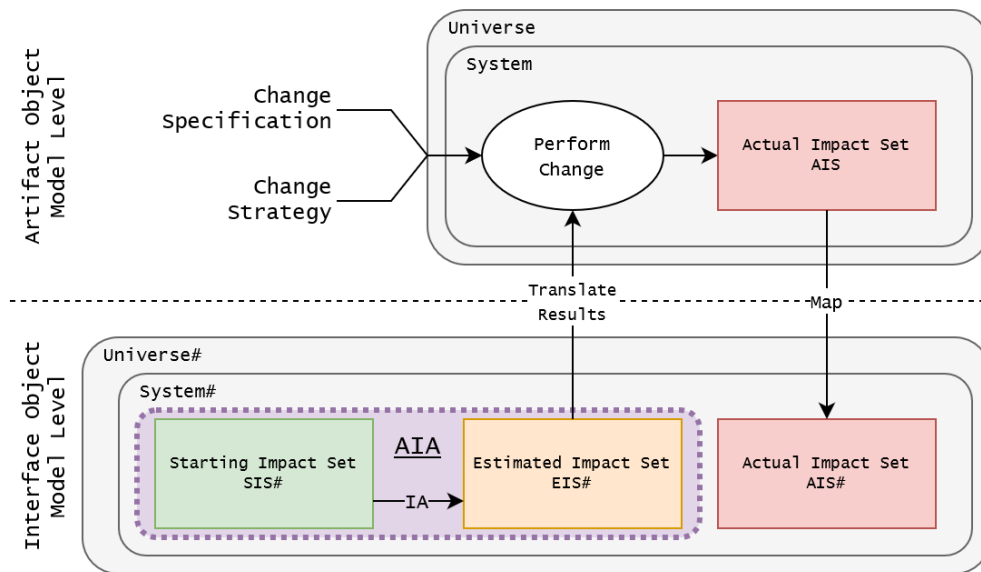


Abbildung 4.1: Hauptmetriken der IA Effektivität nach Arnold et al. [1, S. 296]  
[Eigene Darstellung]

<sup>13</sup> Arnold et al. benennen Mengen, welche sich auf dem „interface object model level“ befinden, mit dem „#“ Suffix.

<sup>14</sup> Die Eingabe der AIA ist abhängig von den vorhandenen Daten der später analysierten Datensätze. Im Rahmen der Analyse (siehe 7) kann hierfür ein Wert angenommen werden.

<sup>15</sup> Im Fall dieser Arbeit der Nachweisführungsprozess zu ATM/ANS Equipment

<sup>16</sup> Hierfür wird das AIS wieder auf das *interface object model level* abgebildet (AIS#)

Die definierten Mengen und Transformationen erlauben es im Folgenden Metriken zu definieren, welche Aussagen über die Genauigkeit und Effizienz des Verfahrens<sup>17</sup> treffen können. Hierbei entstehen drei sinnvolle Relationen, welche man im Folgenden betrachten kann: Die Relation zwischen der primären Änderungsdefinition und der abgeschätzten Menge betroffener Entitäten<sup>18</sup>; das Verhältnis zwischen der abgeschätzten Menge betroffener Entitäten und dem Gesamtsystem<sup>19</sup>; und dem Abgleich der abgeschätzten Menge betroffener Entitäten mit den eigentlich Betroffenen<sup>20</sup>.

#### 4.4.1 Bewertung der primären Änderungsdefinition

Die Bewertung der primären Änderungsdefinition beschäftigt sich mit dem Verhältnis von SIS# und EIS#. Diese Metrik gibt Auskunft darüber, wie viele Entitäten – die nicht durch die Änderungsdefinition vorgegeben waren – durch die IA als betroffen gekennzeichnet wurden. Definitionsgemäß<sup>21</sup> ist es jedoch nicht möglich, dass die Analyse primär markierte Entitäten aus der Schätzung ausschließt, weshalb dessen Menge immer eine Obermenge zur Menge der primären Änderungsdefinition darstellt.

$$K = \frac{|SIS\#|}{|EIS\#|} \leq 1$$

Im Rahmen der Bewertung der Impact-Analysen zu dem Thema dieser Arbeit gilt es als vorteilhaft, sowie die primäre Änderungsdefinition so genau wie möglich die Änderung des Systems beschreibt.



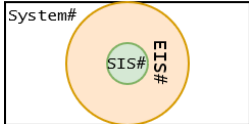
Fallabbildung	Bedingungen	Bewertung
1 	$EIS\# = SIS\#;$ $EIS\#, SIS\# \subseteq System\#$	<i>Optimalfall:</i> Geschätzte Betroffenheit beschränkt sich auf die beschriebene Änderung.
2 	$ EIS\#  >  SIS\# ;$ $SIS\# \subset EIS\#;$ $EIS\#, SIS\# \subseteq System\#$	<i>Erwarteter Fall:</i> Die Analyse hat einige wenige Entitäten bestimmt, welche nicht in der primären Änderungsdefinition enthalten sind.
3 	$ EIS\#  \gg  SIS\# ;$ $SIS\# \subset EIS\#;$ $EIS\#, SIS\# \subseteq System\#$	<i>Suboptimal:</i> Eine große Diskrepanz zwischen SIS# und EIS# bedeutet einen höheren Arbeitsaufwand in späteren Schritten oder einer schlechten primären Änderungsdefinition.

Tabelle 4.1: Mögliche SIS#/EIS# Abhängigkeiten nach Arnold et al. [1, S. 297]  
[Eigene Darstellungen]

<sup>17</sup> der Impact-Analyse

<sup>18</sup> Bewertung der primären Änderungsdefinition

<sup>19</sup> Bewertung der Eingrenzung

<sup>20</sup> Bewertung des Ergebnisses

<sup>21</sup> nach Arnold et al.

#### 4.4.2 Bewertung der Eingrenzung

Des Weiteren kann bewertet werden, wie genau die Ergebnismenge eingegrenzt werden kann. Bei der Natur einiger Änderungen kann diese Metrik auch eine Aussage darüber treffen, wie Änderungen innerhalb von Abhängigkeiten propagiert werden. So beschreibt ein hoher Wert der Metrik entweder ein stark vernetztes System, welches Änderungen leicht propagiert oder eine IA, welche viele abhängige Entitäten in die Ergebnismenge mit einschließt. Je genauer die IA die Ergebnismenge eingrenzen kann, desto nützlicher ist das Ergebnis für den weiteren Prozess, da der Arbeitsaufwand so gering wie möglich bleibt.

$$J = \frac{|EIS\#|}{|System\#|} \leq 1$$

Für die Prozesse der Nachweisführung regulativer Anforderungen ist diese Metrik direkt mit dem Arbeitsaufwand des Änderungsprozesses verknüpft. Es gilt also im für die Bewertung einer IA als vorteilhaft, sowie Änderungen möglichst präzise auf die betroffenen Anforderungen eingegrenzt werden kann, da hierdurch Effizienz der Nachweisführungsprozesse verbessert werden kann.

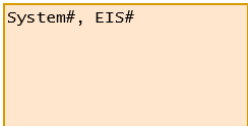
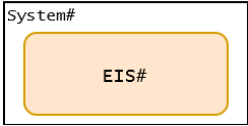

Fallabbildung		Bedingungen	Bewertung
1		$EIS\# = Sys\#;$	<i>Standardfall:</i> Keine große Aussage für IA kann jedoch ein System mit sehr vielen Abhängigkeiten identifizieren.
2		$ System\#  >  EIS\# ;$ $EIS\# \subset System\#$	<i>Verbesserter Fall:</i> Die geschätzte Änderung betrifft nicht das gesamte System und kann genauer definiert werden.
3		$ System\#  \gg  EIS\# ;$ $EIS\# \subset System\#$	<i>Optimalfall:</i> Geschätzte Änderung beschränkt sich auf eine relativ kleine Untermenge des Systems.

Tabelle 4.2: Mögliche EIS#/System# Abhängigkeiten nach Arnold et al. [1, S. 297]  
[Eigene Darstellungen]

#### 4.4.3 Bewertung des Ergebnisses

Die letzte Metrik, welche verwendet werden kann, um die IA zu bewerten, ist der Vergleich der ermittelten Menge mit der tatsächlich betroffenen Menge. Die beiden Mengen<sup>22</sup> stellen hierbei gegenseitig keine Teil- oder Obermengen dar, weshalb die Metrik nicht begrenzt ist. Eine zweite Metrik gibt an, wie groß die Schnittmenge der beiden Mengen ist, um auszuschließen, dass die Mengen keine Elemente teilen (siehe Fall 7, Tabelle 4.3).

<sup>22</sup> EIS# und AIS#

$$H = \frac{|AIS\#|}{|EIS\#|}; \quad N = |AIS\# \cap EIS\#|$$

Der Optimalfall für die Nachweisführungsprozesse der Flugsicherung sollte einer der sicheren Fälle (Fälle 1-3, Tabelle 4.3) umfassen, da diese Fälle die Vollständigkeit der Nachweisführung nicht gefährden. Weiter beläuft sich die Differenz der Mengen im Optimalfall gegen null, da hierdurch der manuelle Arbeitsaufwand – Änderungen als nicht relevant zu markieren – so gering wie möglich ausfällt.

	Fallabbildung	Bedingungen	Bewertung
1		$EIS\# = AIS\#;$ $EIS\# \subset System\#$	<i>Optimales Ergebnis:</i> Geschätzter Impact stimmt mit AIS# überein. Spricht für eine sehr hilfreiche IA.
2		$ EIS\#  >  AIS\# ;$ $AIS\# \subset EIS\#;$ $EIS\# \subseteq System\#$	<i>Gutes sicheres Ergebnis:</i> Alle eingetroffenen Änderungen wurden richtig eingeschätzt und die Differenz der Mengen ist nicht sehr groß.
3		$ EIS\#  \gg  AIS\# ;$ $AIS\# \subset EIS\#;$ $EIS\# \subseteq System\#$	<i>Schwaches sicheres Ergebnis:</i> Alle Änderungen wurden richtig eingeschätzt, jedoch ist die Differenz der Mengen sehr groß und es wurde viele weitere Entitäten falsch markiert.
4		$ AIS\#  >  EIS\# ;$ $EIS\# \subset AIS\#;$ $AIS\# \subseteq System\#$	<i>Unsicheres Ergebnis:</i> Die Abschätzung verfehlt die komplette Abdeckung aller betroffenen Änderungen.
5		$ AIS\#  \gg  EIS\# ;$ $EIS\# \subset AIS\#;$ $AIS\# \subseteq System\#$	<i>Stark unsicheres Ergebnis:</i> Die Abschätzung verfehlt die betroffenen Änderungen sehr. Die große Diskrepanz bedarf weiterer Arbeit zum Erschließen der AIS#.
6		$ AIS\# \cap EIS\#  > 0;$ $EIS\# \neq AIS\#;$ $EIS\# \subseteq System\#$	<i>Verfehltes Ergebnis:</i> Die Abschätzung verfehlt die komplette Abdeckung aller betroffenen Änderungen und beinhaltet nicht betroffene Entitäten.
7		$ AIS\# \cap EIS\#  = 0;$ $EIS\# \subset System\#;$	<i>Stark verfehltes Ergebnis:</i> Extremere Version von Fall 6.

Tabelle 4.3: Mögliche AIS#/EIS# Abhängigkeiten nach Arnold et al. [1, S. 299]  
[Eigene Darstellungen]



## DATENQUELLE 1: EU VERORDNUNGEN UND CELLAR

---

### 5.1 EUROPÄISCHE VERORDNUNGEN

Die regulative Grundlage für alle in dieser Arbeit thematisierten Anforderungen werden direkt oder delegiert in europäischen Verordnungen – und jene konsolidierende Medien – festgehalten. Die Arbeitsweise der EU und deren beteiligte legislative Organe wird durch den Vertrag über Europäische Union (EUV) und dem Vertrag über die Arbeitsweise der Europäischen Union (AEUV) festgelegt.

#### 5.1.1 *Beteiligte Organisationen*

##### *Europäische Kommission*

(Art. 17 EUV)

Die Europäische Kommission, mit Sitz in Brüssel, vertritt durch je ein Mitglied alle EU-Staaten (zzt.: 27). Sie verfügt als einziges Organ über das Initiativrecht im Gesetzgebungsverfahren und kann – u.U. nach der Aufforderung von Rat, Parlament oder Bürgerinitiativen – einen Gesetzesvorschlag annehmen und diesen, in enger Zusammenarbeit mit den anderen Organen, durch den gesamten Gesetzgebungsprozess begleiten. [62, Art. 17] Weiter erlässt oder delegiert die Kommission zusammen mit den unter SES definierten Ausschüssen und Agenturen Durchführungsvorschriften, welche zur Verwirklichung der in dem Rahmen definierten Interoperabilität dienen. (siehe 2.1.2)

##### *Rat der Europäischen Union*

(Art. 16 EUV, Art 137ff. AEUV)

Der Rat der Europäischen Union – nicht zu verwechseln mit dem Europäischen Rat – ist ein legislatives Organ der EU mit Sitz in Brüssel, welches – bis auf Ausnahmen – zusammen mit dem Europäischen Parlament Rechtsakte beschließt. Der Rat der EU (auch Ministerrat) setzt sich aus je einem Vertreter auf Ministerebene der Mitgliedsstaaten zusammen. Der Rat tritt hierbei in verschiedenen Fachformationen zusammen – darunter auch Verkehr – um die Interessen der Mitgliedstaaten in Bezug auf entwickelte Gesetzesakte zu erörtern. Im Weiteren arrangiert der Rat auch internationale Abkommen und Verträge mit Drittstaaten oder internationalen Organisationen.

## Europäisches Parlament

(Art. 13, 14 Abs. 1 EUV, Art 223f AEUV)

Das Europäische Parlament setzt sich aus Vertretern der Unionsbürger:innen zusammen. Mitglieder des Parlaments werden in allgemeiner Wahl für eine Amtszeit von fünf Jahren gewählt. Die besondere Bedeutung im Rahmen europäischer Anforderungen kommt dem Parlament zu, da entsprechende Rahmenbedingungen<sup>1</sup> der Verkehrspolitik in Kombination mit der Kommission, und in dem Rahmen des Ordentlichen Gesetzgebungsverfahrens (siehe 5.1.2), entwickelt werden.

### 5.1.2 Ordentliches Gesetzgebungsverfahren

Das *ordentliche Gesetzgebungsverfahren* definiert seit dem Vertrag von Lissabon eine überarbeitete Version des Mitentscheidungsverfahrens [44, Art. 294], welches den Gesetzgebungsprozess gewisser Themenbereiche<sup>2</sup> bestimmt.

Die wichtigsten Schritte des Verfahrens lassen sich wie folgt beschreiben:

1. Die Europäische Kommission unterbreitet dem Europäischen Parlament und dem Rat einen Vorschlag.
2. Der Rat und das Parlament nehmen einen Gesetzgebungsvorschlag entweder in erster oder in zweiter Lesung an.
3. Erzielen beide Organe in zweiter Lesung keine Einigung, wird ein Vermittlungsausschuss einberufen.
4. Ist die vom Vermittlungsausschuss vereinbarte Fassung in dritter Lesung für beide Organe annehmbar, wird der Rechtsakt erlassen.

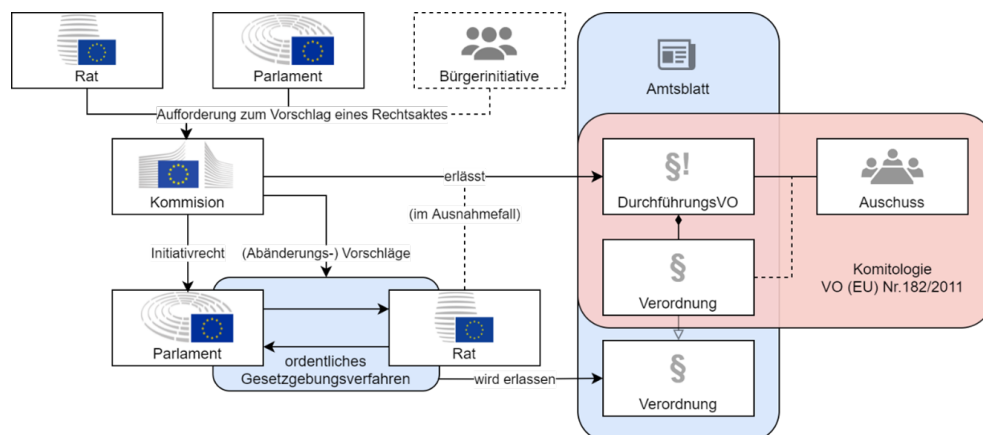


Abbildung 5.1: Gesetzgebungsprozess der EU  
[Eigene Darstellung]

<sup>1</sup> beispielsweise SES Paket I & II

<sup>2</sup> darunter auch Verkehrspolitik

### 5.1.3 *Lifecycle von Verordnungen*

Wie bereits oben<sup>3</sup> herausgearbeitet ist eine weitere Besonderheit, dass Verordnungen nicht in ihrem Inhalt abgeändert werden<sup>4</sup>. Dies bedeutet, dass der ursprüngliche Inhalt einer Verordnung immer unberührt bestehen bleibt. Um trotzdem Inhalte von EU Verordnungen abändern zu können oder die Gültigkeit von diesen aufzulösen, verwendet die EU weitere Verordnungen. So können Verordnungen beschreiben, wie sie die Gültigkeit von anderen Verordnungen auflösen oder bestimmt Inhalte anpassen. Auch wenn dies nicht direkt den Inhalt der geänderten Verordnung bearbeitet, so wird diese im Folgenden als *konsolidiert* bezeichnet. Die konsolidierte Version der Verordnung setzt sich dabei aus der Ursprungsverordnung und allen Änderungsverordnungen zusammen und beschreibt den Inhalt inklusive aller getätigten Änderungen.

## 5.2 OPENDATA IN DER EUROPÄISCHEN UNION

Im Jahre 2003 wurde durch die EU die sogenannte *PSI-Richtlinie* (Re-use of Public Sector Information 2003/98/EG) veröffentlicht. Ziel dieser war es, einen möglichst einfachen, unbürokratischen und allgemeinen Zugriff auf Informationen des öffentlichen Sektors zu ermöglichen. Die Richtlinie wurde im November 2005 auf den Geltungsbereich des Europäischen Wirtschaftsraumes EWR ausgeweitet [5] und im Dezember 2006 durch das Informationsweiterverwendungsgesetz (IWG) in deutsches nationales Recht umgesetzt. Auf Basis von erheblichen Änderungen dieser Richtlinie im Verlaufe der Zeit entschied sich die Kommission für eine Neufassung der Richtlinie, welche im Jahr 2019 erschien und die alte Richtlinie in seiner Gültigkeit ablöst. [51, ErwG. 1ff.]

Diese Liberalisierung der Daten wurde unter dem Ziel definiert „europäisch(e) Unternehmen in die Lage (zu) versetzen, deren Potenzial zu nutzen, und zu Wirtschaftswachstum und zur Schaffung von Arbeitsplätzen bei(zu)tragen“[51, ErwG. 5]. Auf Basis der exponentiell steigenden Datennutzung und Produktion in den Jahren nach der Veröffentlichung in 2003 sowie einer „kontinuierliche(n) Weiterentwicklung der zur Analyse, Nutzung und Verarbeitung von Daten eingesetzten Technologien“[52, ErwG. 5] wurde die Zielsetzung der Richtlinie auf „die Schaffung neuer Dienste und Anwendungen, [beruhend] auf dem Verwenden, Aggregieren oder Kombinieren von Daten“[52, ErwG. 5] ausgeweitet.

---

<sup>3</sup> siehe 4.2.1

<sup>4</sup> ausgenommen Korrekturen

### 5.3 EU CELLAR PLATTFORM

Gestützt durch die PSI-Richtlinie, dem Strategiedokument *Europa 2020* für u.a. die „Entwicklung einer auf Wissen und Entwicklung gestützten Wirtschaft“ und dem Vertrag über die Arbeitsweise der Europäischen Union (AEUV), insbesondere Art. 249, beschließt die EU im Jahre 2011 auch die Weiterverwendung der eigenen Kommissionsdokumente. [4, ErwG. 1]

#### 5.3.1 Implementierung

Nach dieser Richtlinie legt sich die Kommission fest, ein Datenportal einzurichten, welches einen zentralen Zugang zu ihren strukturierten Daten ermöglicht und folglich die Verknüpfung und Weiterverwendung für kommerzielle oder nichtkommerzielle Zwecke zu erleichtern. [4, Art. 5] Die hieraus entstandene Cellar Plattform ist ein öffentliches semantisches Repository des Amt für Veröffentlichung der EU (fr. Office des publications) (OP), welche unter anderem EUR-Lex<sup>5</sup>, als digitales Zugangportal zu europäischem Recht, als auch eine eigene Plattform<sup>6</sup> zur Publikation von weiteren informativen wie wissenschaftlichen Dokumenten ermöglicht. Die Struktur der Daten basiert auf *Semantic Technologies* und ermöglicht es, Daten auf Basis von definierten Standards weiterzunutzen und zu teilen [20, S. 5]. Weiter sollen Daten auch, soweit sinnvoll und nicht mit einem unverhältnismäßigen Mehraufwand verbunden, in einem maschinenlesbaren Format zur Verfügung gestellt werden. [4, Art. 8 Abs. 1f]

Die Plattform stützt sich dabei auf die Technologien des *Semantic Web* und dessen Tech-Stack (siehe Abb. 5.3). Das Ziel des *Semantic Web* ist es, durch die Verwendung von bekannten und einheitlichen Formaten, Strukturen und Standards, Automatisierungen von Aufgaben sowie die Kommunikation unter allen teilnehmenden Systemen zu ermöglichen [20, S. 10]. Im Verwendungsfall der EU wird durch diese Technologie ein offener Zugriff auf alle Inhaltsdateien und Metadaten digitaler Disseminationen des OP bereitgestellt [20, S. 7]. Hierbei gilt es zu betonen, dass die individuellen Inhalte dieser Disseminationen nicht durch das semantische Modell abgebildet werden und lediglich als Inhaltsdateien gekapselt und in den jeweiligen Formaten bereitgestellt werden.

Im Beispiel einer beliebigen Verordnung (VO) verfügt das Modell so über sämtliche Metainformationen, bspw. Datum des Inkrafttretens, Datum und Amtsblatt der Veröffentlichung, Änderungen an oder durch andere VOs, Verweise und Zitate auf oder durch andere VOs; sowie den Verweis auf alle publizierten Inhaltsdokumente der ausgewählten Sprache in allen publizierten Formaten (Bsp.: VO (EG) 2017/373, deutsch, PDF). Die entsprechenden Dateien sind durch das Amt für Veröffentlichung der EU (fr. Office des publications) an der angegebenen Unique Resource Identifier (URI) hinterlegt, sodass auch ein Zugriff auf die Inhalte über die Plattform ermöglicht wird.

<sup>5</sup> <https://eur-lex.europa.eu/>

<sup>6</sup> <https://bookshop.europa.eu/> (ehemals EU-Bookshop)

### 5.3.2 Metadaten

Wie oben bereits beschrieben, stellen Metadaten einen wesentlichen Bestandteil der Cellar Plattform dar. Sie bilden alle EU Disseminationen inkl. dessen Eigenschaften sowie aller Beziehungen zu anderen Disseminationen ab.

#### *Unique Resource Identifier in Cellar*

Die Basis der gesamten Datenabbildung stellen die Unique Resource Identifiers (URIs) dar (siehe Abb. 5.3). Eine URI definiert einen registrierten Namen (bspw. einer Ressource) in der Domäne eines vordefinierten Namensraums (engl. Namespace). Die Kombination dieser erzeugt einen eindeutigen Eintrag in das übergeordnete einheitliche System. [3, S. 2] Diese eindeutigen URIs ermöglichen es, Dokumente intern wie extern eindeutig zu identifizieren und Metainformationen wie Relationen auf die entsprechenden Dokumente rückzuführen. Im Anwendungsfall der EU werden mehrere Namensräume für verschiedene Kategorien oder Identifikationsschemata verwendet, welche auch die gleiche Disseminationen referenzieren können. Hierbei ist vorausgesetzt, dass sich URIs unter keinen Umständen ändern.

„URIs in Cellar will not change.“ [20, S. 9]

Im folgenden Beispiel ist erkenntlich, wie verschiedene URIs die Dissemination auf unterschiedliche Weise beschreiben und teils Informationen über jene beinhalten.

URIs der DVO (EU) 2017/373	
Cellar URI	cellar:b47f7e87-03ce-11e7-8a35-01aa75ed71a1
CELEX URI	celex:32017R0373
ELI URI	eli:reg_impl:2017:373:oj
OJ URI	oj:JOL_2017_062_R_0001

Tabelle 5.1: URIs der Durchführungsverordnung (EU) 2017/373

Die abgebildete *Cellar* URI (siehe 5.1) entspricht dem Format eines Universally Unique Identifier (UUID) in der Version 1 und beschreibt keinerlei Eigenschaften der Disseminationen. Die *Cellar* URI ist, wie alle anderen URIs, sprachunabhängig. Ein solches Format ist besonders für eine interne Verwendung vorteilhaft, da UUID entwurfsbedingt einzigartig und persistent sind und deshalb dezentral, in hoher Quantität generiert werden können [47, S. 2]. Im Rahmen der EU wird die *Cellar* URI – im Gegensatz zu den anderen hier aufgeführten – für alle Disseminationen erzeugt und ist so in der Lage, sämtliche Publikationen jeden Typs zu identifizieren.

Die CELEX URI beschreibt hingegen die sog. CELEX Nummer, welche die EU für die Verwendung in der Eur-Lex<sup>7</sup> Anwendung definiert hat. Sie beschreibt in ihrem Aufbau den Bereich des Dokumentes, dessen Jahr der Veröffentlichung, die Art des Dokuments und dessen Nummer [41, S. 2, 24]. Im Beispiel aus der Tabelle 5.1 (32017R0373): Bereich „3“ (Rechtsakte), Jahr „2017“, Art „R“ (Verordnungen), Laufnummer „0373“.

Die beiden weiteren URI Namensräume, die in der Tabelle 5.1 aufgelistet wurden, beschreiben die Verordnung auf eine ähnlich deskriptive Weise. Der European Legislation Identifier (ELI) wurde in dem Jahre 2017 durch den Rat definiert und zielt ab, in Kombination mit strukturierten Metadaten zur Kategorisierung und Klassifizierung von Rechtsvorschriften, einen einfachen Zugang zu Rechtsinformationen sowie dessen erleichterten Austausch und Weiterverwendung gewährleisten [53, Art. 5]. Der deskriptive Aufbau des ELI soll es Nutzer:innen explizit erlauben „URIs manuell zusammenzustellen [, um] einen schnelleren und leichteren Zugang zu den [...] gesuchten Rechtsvorschriften (zu) ermöglich(en)“ [53, Art. 6c]. Die ELI URI wird durch Doppelpunkte – oder je nach Anwendung andere Trennzeichen – in einzelne Parts unterteilt. Das Amt für Veröffentlichung der EU (fr. Office des publications) (OP) beschreibt für seine registrierte Verwendung des ELI Schemas – am oben definierten Beispiel – folgendes Format: Dokumentenart „reg\_impl“ Durchführungsverordnung (von engl. „Implementing regulation“), Jahr der Verordnung „2017“, Laufnummer „373“, statische Zeichenkette „oj“. [vgl. 36]

Als letzter verwendete Standard<sup>8</sup> kann das Dokument über seine Publikation im Amtsblatt der EU (engl. Office Journal) (OJ) referenziert werden<sup>9</sup>. Die gewählte Durchführungsverordnung (EU) 2017/373 wurde gemäß Art.297 Abs. 1 AEUV in der Reihe L des Amtsblatts der Europäischen Union veröffentlicht. Die URI spiegelt hierbei wider, wie der Rechtsakt in der *L-Reihe* des Amtsblatts („JOL“), in dem Jahre „2017“ in der Auflage „62“ auf den Seiten 1ff. („0001“) veröffentlicht wurde. Eine tiefer gehende Bedeutung des Zeichens „R“ konnte während der Analyse nicht festgestellt werden. Die Verbindung zu der Dokumentenart, ähnlich der CELEX-Nummer, konnte im Rahmen der Erkenntnisse jedoch ausgeschlossen werden.

### *Resource Description Framework*

Auf Basis von der Fähigkeit, jeder Ressource der Cellar Plattform durch eine URI eindeutig zu identifizieren, ist es möglich, das gesamte Wissen der Plattform in den Standards der *Semantic Web Technologies* abzubilden. Die Motivation hinter dem Resource Description Framework (RDF) war es, dass Informationen, welche im Internet – *maschinenlesbar* – verfügbar waren, meist nicht

<sup>7</sup> ehemals „CELEX“

<sup>8</sup> für das gewählte Beispieldokument. In Fällen von Dokumenten mit offiziellen Zusammenfassungen (LEGISUM) oder anderen Funktionen kommen weitere URIs zu tragen

<sup>9</sup> Es gilt zu beachten, dass der elektronische Zugriff sowie die Identifikation von Publikationen des Amtsblattes nach dem 1.10.2023 geändert wurde [siehe 38]. Da zum Zeitpunkt der Arbeit keine ATM/ANS relevanten Publikation von dieser Änderung betroffen sind, wird diese nicht weiter behandelt

*Maschinen-verständlich* („*machine-understandable*“) waren. Dies erschwerte das automatische Auslesen und Analysieren von Daten sowie die Entwicklung von Automatisierungen im Web. Das allgemeine Ziel bei der Entwicklung dieses Standards war es also, einen Mechanismus zu definieren, welcher unabhängig von Domäne und Semantik von Systemen in der Lage ist, Metadaten zu bestehenden Ressourcen zu beschreiben. [46, Abs. 1]

Das zentrale Konzept hinter der abstrakten Syntax des RDF ist das *Graph-based Data Modell*. Dieses beschreibt Informationen als sogenannte (RDF) *Triple*, jeweils bestehend aus einem Subjekt, einem Prädikat und einem Objekt. Eine Sammlung dieser Triple werden auch RDF Graph genannt, welcher als Kombination aus Knoten und gerichteten Kanten abgebildet werden kann. Die Knoten stellen hierbei immer URIs<sup>10</sup> oder feste Werte, sogenannte *Literale*, dar. [11, Abs. 1.1]

Im Beispiel der Daten, welche von Cellar bereitgestellt werden, können hierdurch Metadaten zu Verordnungen formuliert werden (siehe Tabelle 5.2). Die Durchführungsverordnung, als Knoten durch die ELI Nummer in URI Form referenziert, stellt hier in dem Beispiel das Subjekt dar und verweist mithilfe der im EU Kontext definierten Prädikate auf Literale (siehe Zeile 1) oder auf andere URIs, wie andere Verordnungstexte (siehe Zeile 2 & 3).

Subjekt	Prädikat	Objekt
eli:reg_impl:2017:373:oj	..._IN-FORCE <sup>1</sup>	"true" <sup>2,3</sup>
	BASED_ON	eli:reg:2004:552
	..._AMENDED_BY_... <sup>1</sup>	eli:reg_impl:2020:469:oj

<sup>1</sup> ... = RESOURCE\_LEGAL, <sup>2</sup> Literal, <sup>3</sup> Stand 02.2024

Tabelle 5.2: Cellar RDF Metadaten zu Rechtsdokumenten (vereinfachte Darstellung)

Die Informationen aus diesem Beispiel (Tabelle 5.2) geben uns also nun Aufschluss darüber, dass der Verordnungstext (1.) zum aktuellen Zeitpunkt noch in Kraft ist (Zeile 1), (2.) auf der Interoperabilitätsverordnung (siehe 2.1.1) des SES-Pakets 1 basiert (Zeile 2) und (3.) im Jahre 2020 durch die Durchführungsverordnung (EU) Nr. 2020/469 konsolidiert wurde (Zeile 3). Zusätzlich zu diesen Informationen, ergänzt Cellar in einigen Fällen Triples mit weiteren Annotationen, welche weitere Informationen über die beschriebene Metadaten geben können. Im Beispiel der Konsolidierung eines Rechtsaktes (fr. Actes modifiés) (MS<sup>11</sup>) werden Annotationen mit den Feldern

- „START\_OF\_VALIDITY“ (Inkrafttreten der Änderung),
- „REFERENCE\_TO\_MODIFIED\_LOCATION“ (Position der Änderung in dem Dokument) und
- „ROLE2“ (Art der Änderung) annotiert.

<sup>10</sup> nach Definition in Version 1.1 Internationalized Resource Identifiers (IRIs)

<sup>11</sup> Typ der Annotation



Um eine sprachunabhängige Referenzierung der Änderungsposition zu gewährleisten, werden Wörter wie „Anhang“, „Absatz“, usw. durch die jeweilige URI-Referenz auf die Übersetzungstabellen des OP referenziert. Im Beispiel ändert so die Durchführungsverordnung (EU) Nr. 2020/469 die DVO (EU) Nr. 2017/373 durch Typ „R“ (Ersetzung<sup>12</sup>) an der Stelle

„{fd\_370/AN} V {fd\_370/PO} MET {fd\_370/PTA} (c) PT1“<sup>13</sup>  
 „Anhang V Nummer MET Buchstabe (c) PT 1“ (deutsch<sup>14</sup>)

und mit dem Inkrafttreten der Änderung am 05. November. 2020.

### 5.3.3 Inhalte

Die einzelnen Inhalte der Gesetzestexte werden unter Cellar, formatspezifisch und sprachabhängig bereitgestellt und ebenfalls über URIs referenziert. Hierdurch besteht auch durch den RDF-Graphen eine nachvollziehbare Relation zwischen der abstrakten Ressource und dessen Manifestierung in einem spezifischen Dateiformat.

#### *Funktionale Anforderungen bibliografischer Datensätze*

Um die einzelnen Inhalte auf ihren verschiedenen Abstraktionsebenen beschreiben zu können, verwendet Cellar mehrere Implementationen von Hierarchien des WEMI Schemas, definiert in der Studie „Funktionale Anforderungen an bibliographische Datensätze (FRBR)“ [20, S. 29f]. Das genannte WEMI-Schema beschreibt hierbei die Abstufung von FRBR Entitäten der Gruppe 1 und dessen Beziehungen untereinander. Die genannten Entitäten beinhalten Werk, Expression, Manifestation und Exemplar (WEMI) [7, S. 12].

Ein *Werk*, im Sinne der FRBR, definiert, abweichend von einem physischen Werk, die abstrakte Entität einer intellektuellen Schöpfung, welche sich auf dessen Abbildung in verschiedene Expressionen des gleichen Inhaltes stützt [7, S. 16f]. Übertragen auf den Cellar Rahmen stellt ein *Werk* das abstrakte Konzept einer Verordnung oder eines anderen publizierten Rechtstextes dar, wessen Vorliegen erst durch die Existenz von Ausführungen (bspw. in den entsprechenden Sprachen) mit einem einheitlichen Inhalt legitimiert wird. In gewisser Hinsicht beschreibt also das definierte *Werk* der DVO (EU) Nr. 2017/373 lediglich den einheitlich europäische verfassten Gedanken „zur Festlegung gemeinsamer Anforderungen an Flugverkehrsmanagementanbieter und Anbieter von Flugsicherungsdiensten [usw.]“ welcher dann durch die Publikation der Verordnung in Expressionen umgesetzt wurde. Weiter definiert die Studie, dass Veränderungen eines Werkes, welche intellektuelle Anstrengungen beinhalten und von hohem Maße sind, als Schaffung eines neuen Werkes angesehen werden [7, S. 17]. Dies korreliert sehr gut mit dem Anwendungsmodell der EU, da auch hier Änderungen, welche den verfassten Gedanken des *Werkes* unmittelbar abändern, die Neuschaffung eines

<sup>12</sup> Übersetzung nach FD\_Table375 (siehe Tabelle B.2)

<sup>13</sup> URIs gekürzt: [http://publications.europa.eu/resource/authority/fd\\_375](http://publications.europa.eu/resource/authority/fd_375)

<sup>14</sup> Übersetzung nach FD\_Table370 (siehe Tabelle B.1)



neuen *Werkes* (einer Konsolidierung) einleiten und das ursprüngliche Werk in seiner intellektuellen Aussage unangetastet bleibt.

*Expressionen* beschreiben, wie bereits angedeutet, eine spezifische Form, welche bei der intellektuellen Realisierung eines *Werkes* angenommen wird. Die *Expression* umfasst hierbei inhaltliche Aspekte des *Werkes*, wie spezifische Wörter, Sätze, Absätze usw., die sich aus dessen Realisierung ableiten. Aspekte der physischen Form, wie Formatierung oder dem Erscheinungsbild der Realisierung sind hierbei von der Definition einer *Expression* ausgenommen [7, S. 18f]. Im Rahmen von Cellar beschreibt die Realisierung eines *Werkes*, so die jeweiligen Publikationen, der Verordnung in den 23 Amtssprachen der EU<sup>15</sup>. Diese definieren durch den entsprechenden Wortlaut ihrer Realisierung des *Werkes* fortan eine eigene *Expression*.

Die dritte, in der Gruppe 1 definierte Entität – die *Manifestation* – bestimmt die physische Verkörperung einer *Expression* eines *Werkes*. Eine *Manifestation* umfasst hierbei alle physischen Objekte, welche in Hinblick auf den intellektuellen Inhalt wie ihre physische Form dieselben Eigenschaften haben. Abgegrenzt werden *Manifestationen* folglich dadurch, wenn der Produktionsprozess dieser Änderungen in der physischen Form beinhalten [7, S. 20f]. Im Hinblick auf die digitalen *Manifestationen* von Cellar<sup>16</sup> werden die *Expressionen* der *Werke* in den Formaten XHTML, PDF<sup>17</sup> und Formex realisiert. Auf Basis dieser entstehen weiterführend auch weitere *Manifestationen*, wie der Darstellung in der Webanwendung EUR-Lex, welche eine aufgearbeitete Darstellung jener Informationen ist und nach dieser Definition eine neue *Manifestation* darstellt.

Die letzte Abstraktionsebene des WEMI beschreibt das spezifische, einzelne *Exemplar* einer *Manifestation*. [7, S. 22] Cellar verwendet für die Verbreitung von *Manifestationen* Content-Streams, welche in ihrer Hierarchie die I-Rolle des WEMI Schemas implementieren (siehe Abb. 5.2) [20, S. 29].

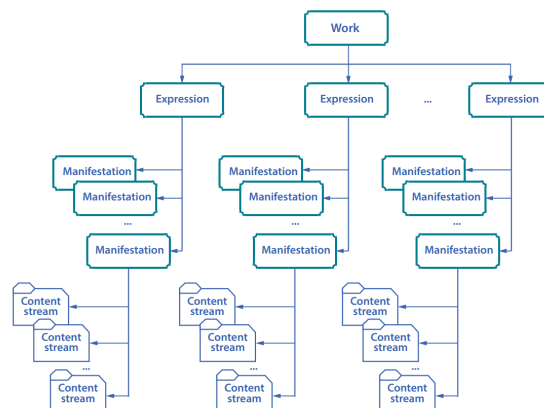


Abbildung 5.2: Work-Expressions-Manifestations-Content Stream Hierarchie

<sup>15</sup> hier ausgenommen Irisch-Gälisch

<sup>16</sup> ausgenommen physische Kopien der Expressionen etc.

<sup>17</sup> Print oder PDF/A1(a)

Neben dem abstrakten Rahmen bestimmen FRBR auch konkret die Abbildung der verfügbaren Metadaten der in Cellar geführten *Werke*. Cellar präsentiert für die Darstellung der Metadaten folglich das Konzept eines „Notice“, welcher in unterschiedlichen Ausführungen, unterschiedlich granular die Metadaten zu einem *Werk* abbildet. Dieses *Notices* stellen dabei eine einheitliche Quelle dar, welche alle Metadaten des *Werkes* und je nach Granularität, Metadaten von allen oder ausgewählten *Expressionen* und *Manifestationen* bündelt und nach dieser Hierarchie strukturiert bereitstellt. [20, S. 31f]

#### *Cellar Formex*

Das Amt für Veröffentlichung der EU (fr. Office des publications) (OP) startete bereits in dem Jahre 1985 mit der Produktion von Standard Generalized Markup Language (SGML) Instanzen von – im OJ veröffentlichten – Dokumenten, um den Austausch mit Auftragnehmern des OP zu vereinfachen [20, 21, S. 75]. Diese verwendete Spezifikation hierfür wurde Formex (Formalised exchange of electronic documents) genannt. Nach der Veröffentlichung der Celex Version 3 (ab 04/1999) und unter dem nachlassenden Erfolg des SGML Formates migrierte das Celex Format zu der kommenden Version 4 (ab 2004) zu dem strikterem Extensive Markup Language (XML) Dateiformat. Dies ermöglichte weiter auch die Adoption anderer entwickelter Standards und Werkzeugen, wie bspw. Extensible Stylesheet Language (XSL), XSL Transformations (XSLT) oder XSL Formatting Objects (XSLFO) zur Darstellung und der weiteren Transformation der Daten für deren Anwendungs- oder Präsentationzzwecke. Die endgültige Definition des Standards in der Version 4 setzt sich also aus den bestehenden Standards XML und Unicode<sup>18</sup> zusammen, auf Basis dessen eine Grammatik mittels XML-Schema (ehemals Dokumenttypdefinition (DTD)) definiert wird. [21]

Inhaltlich definiert Formex den logischen Aufbau, die Struktur aber auch den Inhalt dieser *Expressionen* der Rechtsakten. Das XML-Schema bildet dabei alle strukturellen Aspekte wie Artikel, Absätze, Anhänge, etc. durch ein jeweiliges, in dem Schema definierten, Element ab. Inhalte werden, integer zur *Expression*, inklusive aller wichtigen Hinweise zur Textformatierung, Verweisen und Zitaten abgebildet. Unter den Inhalten können – entsprechend dieser Arbeit – auch Anforderungen identifiziert werden, welche entweder implizit in dem Gesetzestext (etwa einem Absatz) oder explizit durch eine aufgeführte Anforderung mit Anforderungsnummer<sup>19</sup> in der *Manifestation* realisiert werden.

Das Format ermöglicht es zumeist, einzelne strukturelle Komponenten und Elemente einer *Manifestation* in Bezug auf das nächst übergeordnete Element zu referenzieren. Eine absolute Referenzierung einzelner Elemente ist, über dessen Referenzierung der Position im Dokument<sup>20</sup>, nur in Ausnahmefällen möglich. Artikel und Absätze (ARTICLE und PARAG nach Formex)

<sup>18</sup> zuvor ISO-2022

<sup>19</sup> vgl. Anhänge von DVO (EU) Nr. 2017/373

<sup>20</sup> etwa mittels XPath

verfügen so über ein verpflichtendes geteiltes Attribut „@IDENTIFIER“, welches Auskunft über die Laufnummer in Bezug auf das aktuelle Dokument<sup>21</sup> bietet. Explizite Anforderungen, welche in Anhängen dieses Dokumentes definiert sind, oder eine kleinere Granularität benötigen, lassen sich nur durch diese Information nicht identifizieren. Es gilt im Kommenden abzuwiegen, ob eine solche Angabe ausreicht, um integer einzelne Anforderungen zu identifizieren.

Weiter werden auch Textabschnitte, welche nicht der Expression des *Ursprungswerkes*, sondern der Expression eines Änderungstextes entstammen, in den entsprechenden *Manifestationen* der *Expressionen* der konsolidierten *Werke* maschinenlesbar – aber der *Expression* gegenüber integer – annotiert. Im technischen Sinne bezeichnet dies sogenannten XML-Processing Instructions, welche per se nicht einen Teil des XML Inhaltes darstellen, aber weitere Verarbeitungsinformationen für die Interpretation dieses bereitstellen. Die entsprechenden Anweisungen „CLG.MDFO“ (Open) und „CLG.MDFC“ (Close) markieren dabei den jeweiligen Anfang und das Ende einer Änderung. Attribute der Markierungen verweisen hierbei auf die jeweils andere Begrenzung, um eine Verwirrung bei mehreren oder verschachtelten Änderungen zu vermeiden. Zusätzlich hierzu verfügt die öffnende Anweisung über Informationen wie die Art der Änderung; ob es eine strukturelle oder inhaltliche Änderung ist; und aus welchem *Änderungswerk* diese Änderung hervorgeht. [22, vgl. S. 76 – 79]

#### 5.4 BEWERTUNG DER DATENQUELLE

Das Amt für Veröffentlichung der EU (fr. Office des publications) (OP) bereitet Nutzer:innen durch Cellar und dessen untergeordnete Plattformen einen weitreichenden, offenen und sehr tiefgehenden Zugang zu allen verfügbaren Informationen. Im Folgenden soll erörtert werden, inwiefern – und mit welchem Aufwand – diese Daten genutzt werden können, um die Automatisierung einer Impact-Analyse zu ATM/ANS Equipment gemäß den in Kapitel 4.2.1 dieser Arbeit definierten Anforderungen zu realisieren.

Die Anforderungen, auf welchen die Analyse basiert, gehen zumeist aus der Verordnung DVO (EU) 2017/373 – und künftig auch VO (EU) 2023/1769ff. – hervor. Auf dieser Basis stellt die EU, und damit das OP, die naheliegendste Quelle der Informationen dar, um eine möglichst hohe Integrität der Inhalte zu garantieren. Cellar verfügt weiter über alle relevanten Dokumente der Gesetzgebungsorgane, welche für die Erfüllung der Compliance relevant sein könnten.

<sup>21</sup> *Manifestation* umfasst mehrere Dokumente, bspw. Anhänge

#### 5.4.1 *Integration in das erarbeitete Datenmodell*

In Bezug auf die definierten Anforderungen bedarf es für eine ausreichende Abbildung der regulativen Anforderungen einer Eindeutigen Kennung, einer regulativen Quelle, einem nachvollziehbaren Lifecycle der einzelnen Verordnung sowie dessen Gültigkeitszeitraum.

##### *Eindeutige Kennung*

Neben der eindeutigen Kennung der Anforderungsdokumente, bei welcher Cellar gleich mehrere eindeutige Identifikationsmöglichkeiten bietet, besteht unter Cellar keine Möglichkeit der eindeutigen Kennung einzelner Anforderungen, sowie diese nicht inhaltlich gegeben ist. Die große Diversität der Anforderungsdokumente, welche alle u.U. eine Relevanz für die Nachweisführung mit sich tragen, bedürfen hier sehr ausgearbeitete Prozesse zur Erkennung und Referenzierung von neuen Anforderungen.

##### *Regulative Quelle*

Die regulative Quelle eines Textes, sowie vom ursprünglichem *Werk* abweichend, lässt sich unter Cellar anhand von Metadaten oder Änderungsanweisungen im Inhalt ablesen. Im Falle der Metadaten beschreibt die Annotation die nächste übergeordnete Position der Änderung. Alternativ beschreiben inhaltlich Verarbeitungsanweisungen den betroffenen Bereich einer Änderung. Sogleich eine Anforderung inhaltlich im Bereich einer, oder mehrerer, Änderungen liegt, gilt diese als von dieser betroffen. Dies erlaubt es sehr detailliert nachzuverfolgen, welche Texte, welche Änderungen an der Anforderungen bewirkt haben. In Bezug auf die Regulative Quelle im Sinne der Analyse gilt es lediglich die Differenz aller Änderungen in Bezug einer Anforderung zu bestimmen. Die Quelle der aktuellsten Änderung kann im Folgenden als regulative Quelle angenommen werden.

Das Erheben der regulativ Quelle bedarf hier eines tiefen Verständnisses über die Struktur der *Expression*, um sicherzustellen, dass Änderungsinformationen richtig auf modellierte Anforderungen abgebildet werden können. Sowie die Granularität der Anforderungsmodellierung nicht mit der Granularität der Änderungsmeldungen übereinstimmt, bedarf es der Translationsebene in Form einer (zweiten) inhaltlichen Impact-Analyse, welche in der Lage ist, Änderungen entsprechend auf die jeweiligen Anforderungen abzubilden.

##### *Inkrafttreten / Anwendungszeitraum*

Analog zur Erhebung der Regulativen Quelle bedarf die Ermittlung des Anwendungszeitraums einer regulativen Anforderung, dessen genaue Historie aller Änderungen. Cellar stellt, wie oben beschrieben, im Rahmen der Metadaten-Änderungsannotationen Informationen über das Inkrafttreten der beschriebenen Änderungen zur Verfügung. Sowie die Implementierung es

erlaubt, Änderungen den betroffenen Anforderungen zuzuweisen, kann auch dessen explizites Inkrafttreten der Anforderung zugewiesen werden. Dies weist im Vergleich zum implizierten Annehmen des Anwendungszeitraums des Gesamtdokuments den Vorteil auf, dass Gesamtänderungen, welche sich heterogen auf die einzelnen Anforderungen auswirken, integrer abgebildet werden können.

### *Lifecycle*

Der Lifecycle einer Cellar Ressource kann allein an dessen Metadaten bestimmt werden. Neben teils weitreichenden Informationen über den Entwicklungsprozess der Anforderungsdokumenten<sup>22</sup>, bildet Cellars RDF-Graph alle wichtigen Ereignisse in Bezug auf das untersuchte Dokument ab. Lediglich im Falle des Übertrags von bestehenden Anforderungen in ein neues Anforderungsdokument bedürfte es einer manuellen Migration.

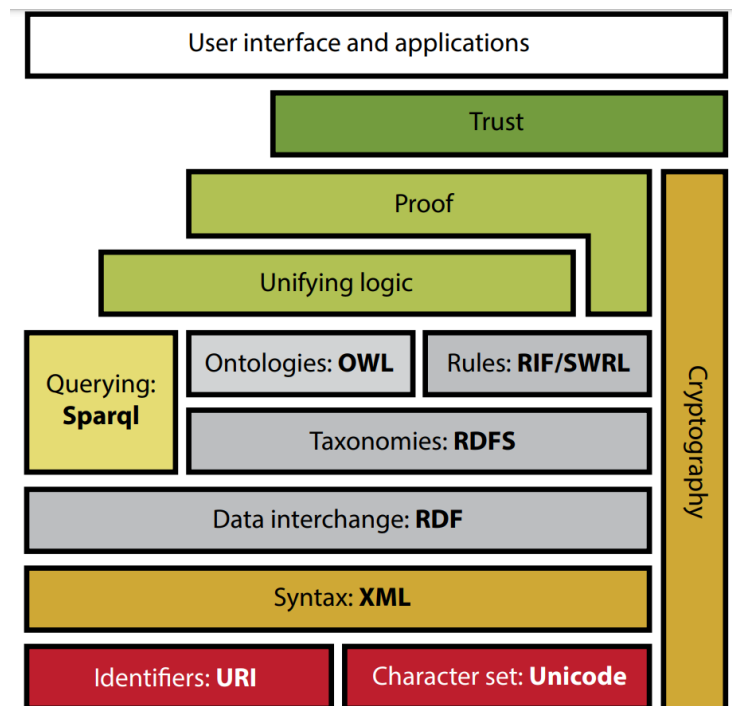


Abbildung 5.3: Semantic Web Tech-Stack  
[20, S. 10] (Ursprung nicht mehr verfügbar)

<sup>22</sup> In Fällen von Rechtsakten, die durch das ordentliche Gesetzgebungsverfahren entwickelt wurden, umfasst Cellar zusätzliche Verfahrensinformationen. [vgl. 60]

## DATENQUELLE 2: EASA UND EASY ACCESS RULES

---

### 6.1 EUROPEAN UNION AVIATION SAFETY AGENCY

Nach dem informellen Zusammenschluss paneuropäischer nationaler Luftfahrtbehörden (NAA), zwecks der Standardisierung von Flugzeugzertifizierungsprozessen ab 1970<sup>1</sup> erkannten EU Initiativen 1996 bereits den Bedarf einer zentralen europäischen Luftfahrtbehörde. Im Jahre 1990 definierte die Kommission Ziele an eine „Harmonisierung der technischen Vorschriften und Verfahren für Zivilluftfahrzeug[!]“<sup>2</sup> [23], welche unter anderem anregten:

„Dieser Ansatz sollte langfristig zur Schaffung einer einheitlichen Europäischen Luftfahrtbehörde führen, wodurch eine völlige Harmonisierung der Sicherheitsnormen und deren konsequente Durchführung sichergestellt wären.“<sup>2</sup> [23, Begr. Art. 7 Abs. 2]

Auf Basis dieser Bemühungen wurde die European Union Aviation Safety Agency (EASA)<sup>3</sup> im Jahre 2002 durch die Verordnung VO (EG) Nr. 1592/2002 offiziell als Einrichtung der EU gegründet und würde ein Jahr später ihre zuvor definierte Arbeit aufnehmen. Nach dieser Definition sollte die EASA zunächst die Zusammenarbeit der europäischen NAAs koordinieren und dessen Meinungen im Umfeld der EU-Organe repräsentieren. [10, §4.3]

#### 6.1.1 Aufgaben der EASA

Im Rahmen der Verordnungen VO (EG) Nr. 216/2008 – und später VO (EU) Nr. 2018/1139 – wurden die Aufgaben, der innere Aufbau, die Arbeitsweise und die Finanzvorschriften der Agentur dargelegt. Die Hauptaufgaben der EASA belaufen sich auf der Erstellung von Gutachten zur zivilen Flugsicherung in Europa; der Unterstützung der Kommission durch die Ausarbeitung von Maßnahmen<sup>4</sup> und Hilfestellungen bei technischen Fragen<sup>5</sup>; der Ausführung von benötigten Inspektion und Untersuchungen<sup>6</sup>; und – unter der Erweiterung in 2018<sup>7</sup> – sicherheitsrelevante Aspekte der Gefahrenabwehr, wie Cybersicherheit; und Umweltschutz. [33, 34]

Die Anforderungen sowie dessen Durchsetzungsprozesse in Bezug auf ATM/ANS Ausrüstung werden in den Artikeln 40–47 der VO (EU) Nr. 2018/1139 definiert und durch weitere Publikationen der EASA unterstützt.

<sup>1</sup> Joint Airworthiness Authorities (JAA)

<sup>2</sup> Im Rahmen dieses Vorschlags war die Schaffung einer solchen Behörde explizit von dem Rahmen des Dokuments ausgenommen (siehe gleicher Absatz)

<sup>3</sup> Zunächst definiert als European Aviation Safety Authority [40, S. 2]

<sup>4</sup> welche zur Durchführung der in der Verordnung definierten Ziele helfen

<sup>5</sup> bspw. im Zusammenhang mit Bau- und Konstruktionsvorschriften

<sup>6</sup> im Sinne der definierten Ziele dieser Verordnung

<sup>7</sup> nach VO (EU) Nr. 2018/1139

### 6.1.2 *Annehmbare Nachweisverfahren*

Die EASA ist nach der Anforderung ATM/ANS.AR.A.015(a)<sup>8</sup> angehalten, annehmbare Nachweisverfahren (engl. Accepted Means of Compliance (AMC)) zu entwickeln, welche zur Bewertung der Compliance herangezogen werden können und dessen Abdeckung eine vollständige Abdeckung der zugrundeliegenden einschlägigen Verordnung garantiert. [13, Anh. II]

#### *Alternative Nachweisverfahren*

Sollten die *Annehmbaren Nachweisverfahren* der EASA nicht zur Erfüllung der Compliance infrage kommen, so können Diensteanbieter auch auf selbstdefinierte Alternative Means of Compliance (AltMOC) zurückgreifen. Es fällt folglich in den Aufgabenbereich der zuständigen Behörde, ein System zur durchgängigen Bewertung vorgelegter AltMOCs zu entwickeln und feststellen zu können, ob diese alle Anforderungen einschlägigen Verordnungen erfüllen. [13, Anh. II ATM/ANS.AR.A.015(b-e)]

### 6.1.3 *Guidance Material*

Ähnlich wie bei der Erarbeitung von *Annehmbaren Nachweisverfahren* entwickelt die EASA sogenanntes Guidance Material (GM)<sup>9</sup>. Diese Dokumente sollen zusammen mit den Accepted Means of Compliances (AMCs) helfen, klaren Rahmenbedingungen für die Umsetzung der Anforderungen sowie deren Kontrolle zu definieren [17, S. 7]. Diese Anleitungen können u.a. Beispiele der Umsetzungen von Standards, Begriffsdefinitionen oder weitere Informationen sein, welche bei der Umsetzung der entsprechenden Durchführungsbestimmungen dazugezogen werden können.

### 6.1.4 *Rechtsetzungsprozess*

Um die erarbeiteten Durchführungsbestimmungen und Zusatzmaterialien<sup>10</sup> in den gesetzlichen Rahmen publizieren zu können, bedarf es der EASA einem strukturierten Rechtsetzungsprozess<sup>11</sup>. Unter diesem arbeitet die EASA Themen ihrer definierten Rechtsetzungsagenda<sup>12,13</sup> in Gesetzesvorschläge aus und publiziert unterdessen Entwürfe und Notices of Proposed Amendments (NPAs), um den Prozess eng mit Stakeholder:innen zu koordinieren. Auf Basis des Feedbacks wird anschließend die finale Fassung des Textes entworfen und der Kommission zur Adoption überlassen. [17, S. 3]

<sup>8</sup> aus dem Anhang II der DVO (EU) Nr. 2017/373

<sup>9</sup> Im Folgenden auch „Anleitungen“

<sup>10</sup> AMC und GM

<sup>11</sup> gefordert durch Art. 52(1) VO (EG) Nr. 216/2008

<sup>12</sup> <https://www.easa.europa.eu/en/document-library/rulemaking-programmes>

<sup>13</sup> <https://www.easa.europa.eu/en/domains/safety-management/european-plan-aviation-safety> (nach 2018)

Die Einrichtung der Agentur nach diesem Plan ist im Vergleich mit anderen EU-Agenturen sehr ambitioniert und spiegelt wider, wie Agenturen einen immer wichtigeren Stellenwert in den legislativen Prozessen der EU einnehmen. Durch die EASA-Grundverordnung erhält die Agentur die rechtliche Grundlage, Durchführungsbestimmungen und Guidelines zu definieren, welche in ihrer rechtlichen Wirksamkeit nicht von anderen Rechtsakten zu unterscheiden sind. Weiter benötigen EU-Mitgliedsstaaten, welche sich gegen die Durchsetzung von Anforderungen der EASA entscheiden, deren explizite Zustimmung. [54, S. 260]

#### 6.1.5 *Easy Access Rules*

Easy Access Rules (EAR) sind eine Publikation der EASA, welche die drei oben definierten Parts von Durchführungsbestimmungen, AMC's und GMs kombiniert und zu einem Thema gesammelt veröffentlicht. Hiermit soll Nutzer:innen ein einfacher, übersichtlicher Überblick über alle verfügbaren Ressourcen sowie deren Verbindungen untereinander ermöglicht werden.

Die einzelnen Werke werden dabei im mehreren Formate veröffentlicht:

- Einem PDF Format als Printmedium;
- einer interaktiven Weboberfläche, welche die Inhalte entsprechend abbildet und das Suchen nach Stichwörtern oder anderen Kriterien ermöglicht;
- und den zugrundeliegenden Daten in Form einer maschinenlesbaren XML-Datei. [15]

#### *Definition nach FRBR*

Im Rahmen der behandelten Definitionen aus der Studie zu funktionalen Anforderungen bibliografischer Datensätze FRBR (siehe 5.3.3) bilden die *Easy Access Rules* eine weitere *Manifestation* des bestehenden *Werkes* über die Durchführungsbestimmungen. Auch wenn die EAR den Umfang bestehender *Manifestationen* inhaltlich um *Annehmbare Nachweisverfahren* und *Guidance Material* erweitern, so ändern sie nicht dessen intellektuelle Schöpfung. Der Sinn, die ursprünglichen Werke und deren verbundene Zusatzinhalte zugänglicher zu machen, geht hierbei mit der Integrität<sup>14</sup> der intellektuellen Schöpfung einher und stellt keine Interpretation dieses Werkes dar.

---

<sup>14</sup> auch wenn nicht verbindlich definiert



## 6.2 EASA ERULES PLATTFORM

Die EASA eRules Plattform ist „einheitliche, einfach zugängliche, online Datenbank für alle in der Luftfahrt anwendbaren Regeln für Stakeholder im europäischen Luftraum“ [18, S. 5]. Als ein Produkt dieser Plattform werden die sogenannten Easy Access Rules definiert und bis dato (24.6.22) in zwei Formaten veröffentlicht. Am 26. Januar 2023 veröffentlichte die EASA die Entscheidung, Easy Access Rules fortan auch in einem maschinenlesbaren XML Format Endnutzern bereitzustellen. [16]

Diese Entscheidung qualifiziert die Quelle der eRules Plattform auch als mögliche Quelle der Anforderungsdaten für die Analyse im Kontext der Nachweisführung.

### 6.2.1 Informationsarchitektur

Im Rahmen der eRules Plattform und des maschinenlesbaren XML Formates, werden Inhalte in kleine sogenannte „Topics“ unterteilt. Ein Topic repräsentiert eine EU Durchführungsbestimmung (siehe 2.1.2); eine EU Delegierte Bestimmung; ein Annehmbares Nachweisverfahren der EASA; EASA Guidance Material; oder sog. EASA Certification Specification (CertS)<sup>15</sup>. [18, S. 5f]

Topics werden repräsentativ ihrer konzeptuellen Beziehungen zwischen den unterschiedlichen Topics in der baumartigen Struktur abgebildet. Hierbei werden Topics, welche Verordnungen oder CertS abbilden meist auf einem strukturell höheren Level und alle diesem zugeordneten Topics wie. AMCs, GMs, oder anderen Gesetzesgrundlagen dargestellt.

### Publikationsformat

Die für die Publikation der maschinenlesbaren Dokumente wählte die EASA die von Microsoft (MS) etablierte und standardisierte Open Packaging Convention (OPC)<sup>16</sup>. Dieser Standard ist Teil der Familie an XML Schemata, welche gemeinsam als Open Office XML (OOXML) bezeichnet werden<sup>17</sup> und XML Semantiken für Textverarbeitungs-, Tabellenkalkulations- und Präsentationsdokumente – oder hiermit konformen Dokumenten – bereitstellen [42, S. vii]. Die Besonderheit dieses Formates ist es, dass das Gesamtdokument in kleineren Parts<sup>18</sup> strukturiert wird, welche nach der Definition der OPC – ähnlich wie ein Archiv – in ein Gesamtdokument zusammengefasst werden. Hierauf basierende Standards, wie OOXML, definieren meist nur die Struktur einzelner Parts, was eine konforme Erweiterung des Gesamtdokumentes durch weitere Parts problemlos ermöglicht. Dies bedeutet unter anderem, dass valide Dokumente Teil von größeren Gesamtdokumentes sein können, wessen

<sup>15</sup> (CS) wegen Überschneidung mit Gemeinschaftliche Spezifikationen / Community Specifications (CS) geändert

<sup>16</sup> ECMA-376, ISO/IEC 29500-2

<sup>17</sup> ISO/IEC 29500

<sup>18</sup> gemäß 6.2 ISO/IEC 29500-2 [42]

weitere Parts keinen Einfluss auf dessen Benutzung als konformes Open Office-Dokument nehmen. Genau von dieser Eigenschaft hat die EASA Gebrauch gemacht und ihre Informationen auf zwei Arten in das Gesamtdokument integriert:

### *Anforderungsinhalte*

Inhalte von Topics werden unter Release 1.0.0 der eRules XML Spezifikation als „opaque data structure“ angesehen. Dies bedeutet, dass im Zug dieses Releases keine inhaltliche Struktur der Inhalte der Topics definiert wurde. Es bleibt jedoch den Anwender:innen überlassen, Implementationen auf die Angaben innerhalb des beschriebenen OOXML Formates zu stützen. [18, S. 6]

Nach diesem Standard sind die textuellen Inhalte der einzelnen Topics Teil des Textverarbeitungsdokumentes<sup>19</sup> und lassen sich damit auch über eine grafische Textbearbeitungsoberfläche (bspw. MS Word) einsehen und bearbeiten. Hierbei werden Textinhalte des Dokumentes so strukturiert, dass die einzelnen Entitäten voneinander isoliert und über eine – innerhalb des Dokumentes – lokal einzigartige ID eindeutig identifizierbar gemacht werden. So können die Inhalte bei Bedarf beliebig bearbeitet werden, ohne die Struktur der Topics oder die Integrität anderer strukturellen Verweise zu gefährden.

### *Metadaten*

Die EASA nutzt zusätzlich die Möglichkeit, konforme OOXML um eigene Parts zu erweitern, um das inhaltliche Dokument mit Metadaten der einzelnen Topics, auf Basis des internen EASA Component Content Management System (CCMS), zu bereichern. Diese Metadaten enthalten interne Informationen zu der Struktur des Dokumentes und den einzelnen Anforderungen und stehen dem Endnutzer in Form eines OPC Parts zur Verfügung. Dessen Struktur beruht auf einem eigenen XML Schema, welches in der entsprechenden Dokumentation der EASA definiert ist.

```
<pkg:package
  xmlns:pkg="http://schemas.microsoft.com/office/2006/xmlPackage"
>
  <pkg:part pkg:name="/_rels/.rels"> [... ]
  <pkg:part pkg:name="/word/document.xml"> [... ]
  <pkg:part pkg:name="/word/footnotes.xml"> [... ]
  <pkg:part pkg:name="/word/media/image1.png" [... ]> [... ]
  <pkg:part pkg:name="/customXml/item1.xml"> [... ]
  <pkg:part pkg:name="/customXml/item2.xml"> [... ]
  <pkg:part pkg:name="/customXml/item3.xml"> [... ]
  <pkg:part pkg:name="/customXml/item4.xml"> [... ]
</pkg:package>
```

Abbildung 6.1: Beispiel der OPC Strukturierung einer EAR

<sup>19</sup> Part Name: "/word/document.xml"

### 6.2.2 Analyse der Metadaten

Die für diese Analyse relevanten Attribute, welche Metadaten der oben definierten Topics beschreiben, werden im Rahmen der Dokumentation unter der Gruppe „topic-metadata“<sup>20</sup> festgehalten. Diese Gruppe beinhaltet die im Folgenden analysierte Attribute<sup>21</sup>. [19, S. 9]

#### *ERulesId*

Die *ERulesId* stellt eine – über alle publizierten Dokumente hinweg – einzigartige Kennung eines jeden Topics dar. Dies ermöglicht eine einfache, einheitliche Referenzierung von Topics unabhängig von deren zugehörigem Dokument. Die EASA garantiert diesbezüglich, dass die Id über den gesamten Lifecycle des Topics unveränderlich sind. [18, S. 17]

In Bezug auf die Impactanalyse, bietet dieses Attribut einen großen Vorteil, da die definierten Anforderungen an eine *Eindeutige Kennung* (vgl. 4.2.1) bereits für alle Topics der EASA<sup>22</sup> erfüllt sind.

Beispiel: *ERulesId*="ERULES-1891294191-107"

#### *Domain / Activity Type*

Die *Domain* und der *Activity Type* eines Topics bezeichnen dessen Aufgabenbereich sowie die technische Beschreibung der darin vollbrachten Aufgabe [18, S. 18]. Im Umfang der nach VO (EU) Nr. 2018/1139 i.V.m. VO (EU) Nr. 628/2013 definierten Aufgabenbereiche kann in unserem Falle immer die *Domain* ATM/ANS angenommen werden.

Mögliche Werte des *ActivityType*-Attributs beinhalten u.a.<sup>23</sup> die unter ATM/ANS definierten Aufgaben (siehe I). Sie geben in der folgenden Analyse Auskunft darüber, für welche ATM/ANS Ausrüstungen die Topics eine Relevanz aufweisen. Dies kann u.a. genutzt werden, um die Relevanz neuer Anforderungen zu ermitteln oder irrelevante Anforderungen im Nachweisführungsprozess anderer Ausrüstungen auszuschließen.

Beispiel: *ActivityType*="Meteorological Services (MET)"

#### *AircraftCategory / AircraftUse / RegistryState*

Die Attribute *AircraftCategory*, *AircraftUse* und *RegistryState* beziehen sich auf die Klassifizierung und Zuordnung von Anforderungen an Flugzeuge und haben für ATM/ANS Equipment kein Gewicht<sup>24</sup>. [18, S. 20, 21, 26]

<sup>20</sup> XSL Attribute Group

<sup>21</sup> Alle beschriebenen Attribute werden durch den Typ String ohne jegliche Einschränkungen abgebildet und im Folgenden durch „[AttributName] Attribut“ oder – gemäß dem XPath Standard – „@[AttributName]“ referenziert

<sup>22</sup> Darunter, durch IR, auch ATM/ANS Anforderungen

<sup>23</sup> Nicht holistische Liste an Beispielen [vgl. 18, S.18 – 19]

<sup>24</sup> Eine vorangehende Analyse hat ergeben, dass diese Attribute in den ATM/ANS Dokumenten nicht verwendet werden

*AmendedBy*

Im Falle von Änderungen des *Topics* referenziert dieses Attribut die lokale Konsolidierung der EAR [18, S. 21]. Nach deren Publikation unbearbeitete *Topics* führen den Wert "Initial issue;"

Beispiel: *AmendedBy*="Amendment 1;"<sup>25</sup>

*ApplicabilityDate / EntryIntoForceDate*

Die Attribute *ApplicabilityDate* und *EntryIntoForceDate* beschreiben im Falle von *Topics*, welche sich auf Durchführungsbestimmungen beziehen, den entsprechenden zeitlichen Rahmen von deren Gültigkeit. Das *ApplicabilityDate* repräsentiert dabei – unabhängig von dem juristischen Wortlaut – den letzten Tag der Übergangsperiode. Das *EntryIntoForceDate* hingegen repräsentiert das offizielle Inkrafttreten rechtlicher Durchführungsbestimmungen, nach welcher die rechtliche Bindung der in dem Topic abgebildeten Anforderung beginnt. [18, S. 21] Mangels rechtliche Bindung verfügen *Topics* in Bezug auf AMCs oder GM nicht über diese Attribute.<sup>26</sup>

*EquivalentForeignRegulation*

Das Attribut *EquivalentForeignRegulation* äquivalente Regularien von nicht EU-Mitgliedstaaten. Diese Informationen werden – nach Angaben der EASA – hauptsächlich zum Angleichen von Designstandards von Flugzeugdesigns genutzt [18, S. 22], finden nach eigener Auswertung aber auch im ATM/ANS Sektor Anwendung, um bspw. international gemeinschaftliche Nachweisverfahren zur Luftdatenverarbeitung zu etablieren (siehe Beispiel).

Beispiel: *EquivalentForeignRegulation*="AC No: 20-153B;"<sup>27,28</sup>

*ICAOReference*

Verweist auf – im Rahmen des *Topics* – relevante ICAO SARPs. [18, S. 23]

Beispiel: *ICAOReference*="Annex 11; Annex 19;"

*Keywords*

Die Verwendung des *Keyword* Attributs ist nach der offiziellen Dokumentation nicht genau festgelegt. Es wird verwendet, um weitere Metadaten anzuhängen oder eine Kategorisierung anhand einzelner Schlüsselwörter umzusetzen. [18, S. 23–26]

Beispiel: *Keywords*="Safety measures; safety tracking"

<sup>25</sup> Die Kennung der Änderung bezieht sich ausschließlich auf die aktuelle EAR

<sup>26</sup> Strukturell sind alle *Topics* gleich, der Wert bleibt lediglich leer

<sup>27</sup> Referenziert Federal Aviation Administration (USA) (FAA): Advisory Circles (AC) 20-153B - „Acceptance of Aeronautical Data Processes and Associated Databases“

<sup>28</sup> Semikolon beschreibt mögliche Auflistung mehrerer (durch Semikola getrennte) Einträge

*RegulatedEntity*

Die regulierte juristische Person<sup>29</sup> (*regulated entity*) definiert, an wen die – im *Topic* definierte – Anforderung gerichtet ist und wer diese im gleichen Zug zu erfüllen hat. Diese *Entities* beschreiben entweder Stakeholder:innen der Luftfahrtindustrie oder der zuständigen Behörde<sup>30</sup> [18, S. 26].

Im Rahmen der ATM/ANS Anforderungen kann dieses Attribut auch die Anbieter der definierten ATM/ANS Dienste definieren. Diese Informationen können so eine sehr gute Abbildung erzeugen, welche Bereiche im ATM/ANS Sektor von entsprechende *Topics* reguliert werden.

Beispiel: `RegulatedEntity="ATS provider; ANS provider;"`

*Regulatory Source*

Die Funktion dieses Attribut beschreibt – analog zur Definition aus 4.2.1 – die Regulatorische Quelle der Durchführungsrichtlinie. Im Genaueren definiert die *Regulatory Source* den Rechtsakt, welcher das *Topic* eingeführt<sup>31</sup> oder zuletzt konsolidiert<sup>32</sup> hat [18, S. 27].

Beispiel: `RegulatorySource="Regulation (EU) 2021/1338"`

*Regulatory Subject*

Der Regulierungsgegenstand (*Regulatory Subject*) referenziert das relevante Material des *Topics*. Dieses beschreibt den strukturellen Teil, in welchem es durch das Amtsblatt oder die EASA Website publiziert wurde [18, S. 28]. Im Falle der ATM/ANS Anforderungen aus der DVO (EU) Nr. 2017/373 bezieht sich dieses Attribut entweder auf den eigenen Verordnungstext<sup>33</sup> oder einer der, in den Anhängen, definierten „Parts“.

Beispiel: `RegulatorySubject="Part-ATS;"`

*TechnicalSubjectMatter / EASACategory*

Referenziert zumeist technische Systeme von Flughäfen oder EASA Kategorisierungen von Landebahnen und findet für ATM/ANS Equipment keine Anwendung. [18, S. 28–29, 31]

<sup>29</sup> im Sinne eines Trägers rechtlicher Pflichten. Hier zumeist Betreiber:innen von ATM/ANS Equipment

<sup>30</sup> hier EASA

<sup>31</sup> i.V.m. `@AmendedBy` "InitialIssue" / "FurtherIssue"

<sup>32</sup> i.V.m. `@AmendedBy` "Amendment [...]"

<sup>33</sup> Wert „cover regulation“

### TypeOfContent

Das *TypeOfContent* Attribut definiert den Typ und die Funktion des *Topics*. Neben den oben definierten Typen von *Topics* spezifiziert das Attribut im Falle von untergeordneten *Topics* auch den Typen des nächsthöheren, referenzierten *Topics* (bspw.: „AMC to IR“<sup>34</sup>, „GM to AMC“<sup>35</sup>, „GM to IR“<sup>36</sup>)

Beispiel: TypeOfContent=

"AMC to IR (Acceptable means of compliance to implementing rule);"

### ParentIR

Das *ParentIR* Attribut referenziert<sup>37</sup> das jeweils – nach der Table Of Content (ToC) Hierarchie – direkt-übergeordnete *Topic*. Befindet sich das *Topic* bereits auf der obersten Ebene, bleibt dieses Feld leer. Diese Eigenschaft ermöglicht es, die Position eines *Topics* innerhalb der Hierarchie zu bestimmen und im Falle eines AMC oder GM *Topics* die jeweils abgedeckte Grundlage zu bestimmen. Wie in der Abbildung 6.2 dargestellt, referenzieren alle untergeordneten *Topics* durch dieses Attribut das jeweils übergeordnete.

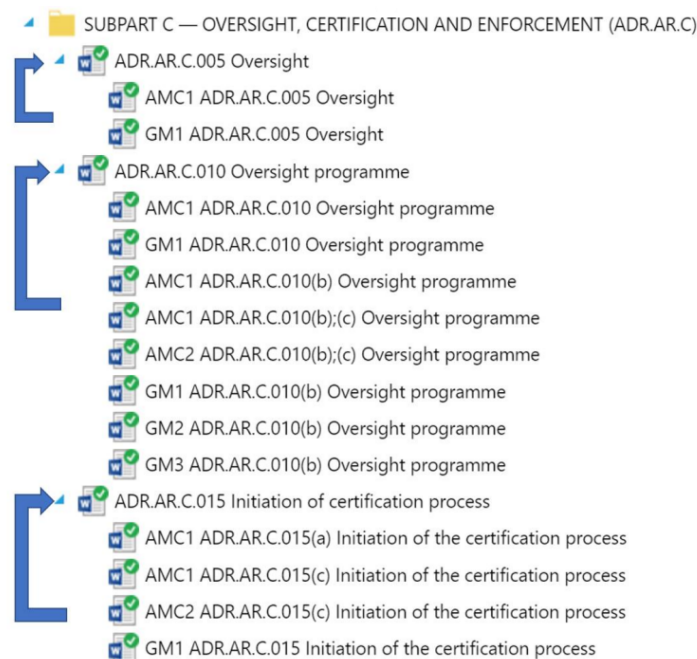


Abbildung 6.2: Referenzierung des ParentIR Attributs im EASA CCMS  
[18, S. 31]

<sup>34</sup> Annehmbare Nachweisverfahren von Anforderungen

<sup>35</sup> Anleitungen zu Annehmbaren Nachweisverfahren

<sup>36</sup> Anleitungen zu Anforderungen

<sup>37</sup> durch das Titel-Attribut (@source-title) des anderen *Topics* (nicht Teil von topic-metadata)

### 6.3 BEWERTUNG DER DATENQUELLE

Die European Union Aviation Safety Agency (EASA) erarbeitet, auf Basis ihrer definierten Aufgaben, *Annehmbare Nachweisverfahren* und *Guidance Material*. Um die allgemeine Integration ihrer Daten fortlaufend zu stärken, ist die EASA bemüht, Nutzer:innen nützliche Informationen in zugänglichen und maschinenlesbaren Formaten bereitzustellen. Um die Leserlichkeit und die Verknüpfung von Daten zu vereinfachen, werden die Kombination von Publikationen der EASA und den entsprechenden Durchführungsbestimmungen der EU in der Form von Easy Access Rules (EAR) veröffentlicht. Diese sollen Stakeholder:innen einen aktuellen Gesamtüberblick über das entsprechende Themengebiet vermitteln und beinhaltet – im XML Format – ausgewählte Metadaten aus dem internen CCMS der EASA.

#### 6.3.1 *Integration in das erarbeitete Datenmodell*

Anders als der analysierte Datensatz auf Basis der EU und *Cellar* beruhen die Informationen, welche dieser Quelle entnommen werden – mit Ausnahme des Inhaltes – auf einer Datenquelle. Das hierzu publizierte – und durch dieses Kapitel analysierte – Datenschema (Version 1.0.0), beschreibt hierbei die einzelnen Informationen, welche durch die EASA annotiert und publiziert werden. Im Weiteren soll die Abbildung dieser Informationen auf das erarbeitete Anforderungsmodell übertragen werden.

##### *Eindeutige Kennung*

Die EAR Metadaten stellen durch das analysierte *ERulesId* Attribut bereits eine eindeutige Kennung für alle *Topics* – darunter auch die relevanten Anforderungen der Durchführungsbestimmung – bereit. Dieses erfüllt im Rahmen des Modells bereits die Anforderungen, unabhängig von der Struktur und global einzigartig zu sein. Im Weiteren ermöglicht es diese Identifizierungsmethode auch, dass Anforderungen in ein anderes Anforderungsdokument übertragen werden können, ohne dass bestehende Referenzen im Rahmen des Nachweisführungsprozesses verloren gehen.

##### *Regulative Quelle*

Die Regulative Quelle wird im Rahmen der EAR *Topics* anhand des *RegulatorySource* Attributs bestimmt. Diese Angabe wird, als einer der weniger, auch in den anderen Formaten der EARs angegeben und bestimmt, nach der Analyse (siehe 6.2.2) den Rechtsakt, welcher diese Anforderung publiziert oder – im Rahmen von Änderungen – zuletzt konsolidiert hat.



*Inkrafttreten / Anwendungszeitraum*

Auch die Angaben zum Anwendungszeitraum gehen explizit aus den Daten hervor. So definieren die Attribute *Applicability*- und *EntryIntoForceDate* bereits das Ende der Übergangsperiode und das rechtliche Inkrafttreten der Anforderung, auf Basis welcher ein Anwendungszeitraum (gemäß 4.2.1) angenommen werden kann.

*Lifecycle*

Die EAR bilden immer nur den aktuellen Zustand aller Anforderungen, und dessen Zusatzmaterialien, ab. Eine Versionierung der einzelnen *Topics* ist hiernach intern zwar vorhanden, jedoch nicht offen zugänglich<sup>38</sup>. Dies ermöglicht keine direkte Abbildung eines Lifecycles oder bspw. der Referenzierung von inaktiven<sup>39</sup> Anforderungen, da diese in neuen Publikationen des EAR-Formates nicht mehr enthalten sind. Die Abbildung Angaben der Metadaten wie die *Regulative Quelle* oder *@AmendedBy* (siehe 6.2.2) erlauben es jedoch, nachzuvollziehen, wann eine Anforderung publiziert und geändert wurde.

6.3.2 *Verfügbarkeit und rechtliche Verbindlichkeit*

Die große Schwachstelle dieser Datenquelle besteht in deren Verfügbarkeit und rechtliche Verbindlichkeit. Die EASA kuriert folglich nur ausgewählte Durchführungsbestimmungen und publiziert nach der Entwicklung oder Anpassung entsprechender *Annehmbaren Nachweisverfahren* und *Guidance Materials* dessen neue Version für alle Nutzer:innen. Diese Entwicklung ist rechtlich nicht an einen zeitlichen Rahmen gebunden, weshalb die Bereitstellung der Daten zu dem Inkrafttreten der Bestimmungen nicht garantiert ist<sup>40</sup>. Auch wenn es offen bleibt, inwiefern die Behörden gegen veraltete Angaben, basierend auf dem eigenen Datensatz vorgehenden würden, so ist es rechtlich klar abgesteckt, dass der rechtliche Sollzustand durch die geltenden Durchführungsbestimmungen definiert wird. Die EAR<sup>41</sup> bilden dabei lediglich eine Präsentationsschicht dieser Daten, welche Nutzer:innen einen einfacheren Zugang zu diesen ermöglichen soll. Die rechtliche Verbindlichkeit diese Angaben sind durch die EASA ganz klar eingeschränkt:

„Easy Access Rules (in any of the available formats) are not an official publication. Only European Union documents published in the Official Journal of the European Union are deemed authentic.“<sup>42</sup> [15]

<sup>38</sup> Die EASA hat im Interview vorbehalten weitere Daten des CCMS zu veröffentlichen, sowie ein Interesse der Nutzer:innen besteht (siehe 8) [15].

<sup>39</sup> Nicht mehr in Kraft

<sup>40</sup> Zum aktuellen Zeitpunkt (02/2024) wurden die Änderungen der DVO (EU) Nr. 2023/1771 bzgl. der DVO (EU) Nr. 2017/373 aus 09/2023 noch nicht auf die entsprechende EAR (Easy Access Rule for ATM/ANS) übertragen.

<sup>41</sup> formatunabhängig

<sup>42</sup> Zur Regulierung der Authentizität des OJ siehe VO (EU) Nr. 216/2013 des Rates



## IMPLEMENTATION DER DATENQUELLEN

---

Die beiden analysierten Datenquellen ermöglichen Nutzer:innen einen teils weitreichenden Zugriff auf Metadaten regulativer Anforderungsdokumente. Um diese Daten auch sinnvoll in die Prozesse der regulativen Nachweisführung einzubinden, bedarf es unter anderem automatisierte Mechanismen, welche in der Lage sind Änderungen in regulativen Anforderungsdokumenten zu identifizieren und diese auf die entsprechenden Nachweisführungsprozesse abzubilden. Im Folgenden soll diese möglichen Implementationen der Datenquellen in einer Impact Analyse (IA) erörtert und – nach den oben definierten Kriterien (siehe 4.3, 4.4) – bewertet werden.

### 7.1 VERFÜGBARKEIT DER DATEN

Die Grundlage für ein zeitgerechtes Erbringen einer Nachweisführung<sup>1</sup> ist die Verfügbarkeit der zugrundeliegenden Daten. Sollten Daten erst verspätet bereitgestellt werden, so kann hiervon eine Gefahr oder eine Verzögerung der abhängigen Prozesse ausgehen.

Da die Daten, welche durch die EU (Cellar) bereitgestellt werden, direkt an die Publikation der verbundenen Rechtsakte gekoppelt ist, ist hier bereits dessen Verfügbarkeit vorausgesetzt. Man kann folglich annehmen, dass alle notwendigen Daten immer über Cellar abrufbar sind<sup>2</sup> und immer den aktuellen regulativen Stand abbilden.

Im Fall von den Daten aus der zweiten analysierten Datenquelle (EASA Easy Access Rules) ist die Bereitstellung der Daten nicht an die Publikation der Rechtsakte – aber an die Erarbeitung von deren Zusatzmaterialien und dessen Abbildung in den EAR – gebunden. Diese Prozesse erschaffen definitionsgemäß bereits eine Verzögerung in der Bereitstellung der Daten. Da die EAR im Weiteren keine regulative Relevanz besitzen und lediglich die regulativ relevanten Daten in einer weiteren Form präsentieren, bestehen keine Informationen – oder Bestrebungen der EASA [15] – in welchem Zeitrahmen die entsprechenden Informationen Nutzer:innen zur Verfügung gestellt werden.

In puncto Verfügbarkeit und Verbindlichkeit der Daten lässt sich sehr klar schlussfolgern, dass die EU die bessere Datenquelle darstellt. Auch wenn die Erarbeitung von Nachweisführung in großen Teilen von dem entwickelten Zusatzmaterial der EASA abhängig ist, so birgt deren verzögerte Bereitstellung der Daten ein vermeidbares Risiko für die durchgeführten Prozesse.

---

<sup>1</sup> auf Basis einer IA

<sup>2</sup> Wartungsarbeiten der Plattform ausgenommen: Während der Analyse von Cellar konnten einige Einschränkungen festgestellt werden. Wartungsarbeiten der Plattform werden jedoch durch die EurLex Plattform kommuniziert.

## 7.2 IMPACT-ANALYSE

Auch die Struktur der Daten, in welcher sie bereitgestellt werden, hat einen Einfluss auf die Effizienz einer Impact-Analyse. Im Folgenden sollen die einzelnen Definitionen und Vorgänge auf die Datenmodelle übertragen werden, um zu bewerten, wie effizient und mit welcher Qualität eine IA betrieben werden kann.

### *Primäre Änderungsdefinition*

Wie in der Modellierung beschrieben, bedarf es für die automatisierte IA einer Möglichkeit, eine primäre Änderungsdefinition abzustecken. Diese Menge definiert, welche Anforderungen durch eine Änderung von ihrem Inhalt oder ihrer Aussage abgeändert wurden. Sie wird nach den Definitionen in 4.4 als *Starting Impact Set* SIS# bezeichnet.

In Bezug auf die Daten aus Cellar lässt sich diese Änderungsdefinition ziemlich gut durch die analysierten Metadaten im RDF-Graphen beschreiben (vgl. 5.3.2). Hiernach annotiert Cellar Änderungen an regulativen Anforderungsdokumenten mit der entsprechenden geänderten Stelle im Dokument. Wenn beispielsweise eine Änderung den Punkt „Anhang II Art. 40–45“ eines Dokumentes betrifft<sup>3</sup>, so können alle eingeschlossenen Anforderungen in die Menge aufgenommen werden. Diese Informationen können auch aus dem Inhalt aufgenommen, bedürfen in beiden Fällen jedoch eine sehr gute Abbildung auf das *Internal Object Model Level*, damit alle Anforderungen der Definition zugeordnet werden können. Die Bewertung dieser Definition ist abhängig der Form, es gilt aber anzunehmen, dass Definitionen auf Basis der Verarbeitungsanweisungen des Inhalts (siehe 5.3.3) eine genauere Definition abbilden als Definitionen auf Basis der Metadaten-Annotationen (siehe 5.3.2). Für letztere wäre es sogar möglich, dass – entgegen der Annahme von Arnold et al. – die IA Metrik  $K$  einen Wert von  $K > 1$  annimmt, da ungenaue Angaben der Änderung<sup>4</sup> Anforderungen mit einschließen, welche inhaltlich nicht geändert wurden.

Die Strukturierung der Daten der EASA beschreibt, anders als Cellar, keine direkte Änderungsdefinition. Änderungen im Datensatz werden hier einzig über die Attribute @RegulatorySource und @AmendedBy beschrieben. Diese Herangehensweise bestimmt bereits eine Menge an Anforderungen, welche aus den Daten des *Internal Object Model* hervorgehen. Dies vereinfacht sowohl die Übersetzung der Daten zwischen *Internal Object Model* und *Interface Object Model* als auch den allgemeinen Ablauf der IA. Es ist hiernach davon auszugehen, dass die primäre Änderungsdefinition bereits ziemlich genau beschreibt, welche Anforderungen betroffen sind (Fall 1, Tabelle 4.1,  $K \approx 1$ ).

<sup>3</sup> und so annotiert wurde

<sup>4</sup> Bsp.: Änderung in Anhang II

### Bewertung der Eingrenzung & Granularität

Eine weitere Metrik, welche in der Modellierung definiert wurde, ist die Eingrenzung der Ergebnismenge bzw. dem Verhältnis der Mächtigkeit der Ergebnismenge zu der Mächtigkeit des Gesamtsystems. Je genauer eine IA das *Estimated Impact Set* (EIS#) bestimmen kann, desto höher ist dessen Mehrwert für den Gesamtprozess.

Im Vergleich beider Datenquellen lässt sich sagen, dass die konstante Granularität<sup>5</sup> der Daten auf Seite der EASA eine vorteilhafte Eigenschaft für das Ergebnis der IA ist. Diese Eigenschaft ermöglicht es – in Verbindung mit der bereitgestellten Regulatorischen Quelle einer Anforderung – dass Änderungen ohne eine komplizierte IA oder der Übersetzung in ein anderes Modell auf einzelne Anforderungen abgebildet werden können. Aufgabe der IA in diesem Fall ist es lediglich zu ermitteln, die Quelle welcher Anforderungen sich im Rahmen der neuen Version der EAR geändert haben. Die Menge der Anforderungen mit einer geänderten regulatorischen Quelle<sup>6</sup> bildet in diesem Fall automatisch die Menge EIS# ab.

Änderungsmodelle im Rahmen von Cellar sind nicht an die Granularität von Anforderungen gebunden, was sich sowohl vorteilhaft (im Falle einer genaueren Granularität) als auch negativ (im Gegenbeispiel) auf das Ergebnis auswerten kann. In beiden Fällen gilt es jedoch zu beachten, dass eine abweichende Granularität von dem *artifact object model*<sup>7</sup> einen nicht definierbaren Mehraufwand für die Übertragung der Ergebnisse aus dem *interface object model* bzw. dem *internal object model* bedeuten. Die Größe der Ergebnismenge ist hierdurch an die Granularität des *interface object models* gebunden. Je nach Implementation kann dies zwar ein besseres Ergebnis<sup>8</sup> als die EASA IA erzeugen; in dem wahrscheinlichen Fall, dass die Granularität des *interface object models* jedoch auch an die Anforderungen gebunden wird<sup>9</sup>, bedarf die Erarbeitung eines vergleichbaren Ergebnisses jedoch einen größeren Aufwand.

### Abbildung auf Compliance Angaben

Um die Ergebnisse der IA im Kontext der Nachweisführung verwenden zu können, müssen die Änderungen auch auf die Compliance Angaben des Produktmanagements abgebildet werden können. Im Rahmen der Datenmodellierung (siehe 4.2.3) wurde definiert, dass sich Angaben immer auf genau eine Anforderung beziehen. Dies ermöglicht es, alle – durch eine Änderung – betroffenen Anforderungen direkt auf alle betroffenen Angaben zu übertragen. Hieraus ergibt sich dann final eine Menge Compliance Angaben, welche durch das Produktmanagement gemäß der Änderung überprüft oder aktualisiert werden sollte.

<sup>5</sup> auf Basis der Anforderungen

<sup>6</sup> nach @RegulatorySource und @AmendedBy

<sup>7</sup> Im Falle von Cellar möglich

<sup>8</sup> nach Bewertung der Metrik J

<sup>9</sup> Im Rahmen der Nachweisführung von ATM/ANSAnforderungen größtenteils sinnvoll

### Bewertung des Ergebnisses

Eine große Besonderheit der IA in der regulativen Nachweisführung ist es, dass der Prozess nur ein partielles Feedback erzeugt. Der folgende Prozess erstellt hierbei eine *Änderung der Nachweisführung*, welche im Folgenden als Vergleichswert und Ergebnis des Prozesses angenommen wird. Im Sinne der Nachweisführung wird diese Änderung bis auf Weiteres als korrekt angenommen. Erst durch eine mögliche Intervention des Aufsichtsamtes oder des Produktmanagements können Fehler in der IA festgestellt werden. Fehler, die auf diese Weise festgestellt werden, beschreiben bemängelte Nachweise von Anforderungen, deren Änderung nicht erkannt oder nicht korrekt bzw. gar nicht abgebildet wurden. Im Sinne von dem Bewertungsmodell werden diese Fehler als Menge der Anforderungen dargestellt, welche kein Teil der Ergebnismenge der IA sind, jedoch im gewünschten Ergebnis hätten vorhanden sein müssen. Die Teilmenge der Fehler  $F$ , bei denen Entitäten im Ergebnis der IA fehlen, werden im Folgenden als  $F^-$  bezeichnet.

$$F^- = \text{AIS\#} \setminus \text{EIS\#}; \quad F^+ = \text{EIS\#} \setminus \text{AIS\#}$$

Fehler von diesem Typen stellen ein großes Problem dar, da sie zu einem unsicheren Ergebnis<sup>10</sup> führen. Im Sinne der Nachweisführung bedeutet dies, dass das Statement of Compliance nicht alle relevanten Anforderungen richtig abdeckt und die Gefahr besteht, dass eine Intervention der Aufsichtsbehörde die Inbetriebnahme der Ausrüstung verbietet.

Demgegenüber stehen alle Differenzen, welche Anforderungen abbilden, die durch die IA als relevant markiert wurden, jedoch nicht zu einer Veränderung der Nachweisführung beigetragen haben<sup>11</sup>. Formell stellt die Menge dieser Anforderungen das Gegenstück zu der obigen Definition dar.

Anders als bei Fehlern der Menge  $F^-$  können Fehler der Menge  $F^+$  bereits aus dem Anwendungsprozess der Änderung der Nachweisführung abgelesen werden. Gemäß der Annahme, dass die Nachweisführung – auf Basis der vorhandenen Daten – korrekt bearbeitet wird, können alle Änderungen von Anforderungen, welche keine Änderung der Angabe produzieren, zu dieser Menge addiert werden. Dies erzeugt, anders als bei der Fehlermenge  $F^-$  eine Möglichkeit das Ergebnis der IA direkt nach dem Abschluss des Prozesses zu bewerten.

Die genaue Performance der beiden Datenquellen ist nach dieser Metrik sehr stark von der Implementation abhängig. Es sollte jedoch versucht werden, möglichst keine Elemente der Fehlermenge  $F^-$  zu produzieren und die Mächtigkeit der Menge  $F^+$  so gering wie möglich zu halten, um Arbeitsaufwände der Anpassung der Nachweisführung effizient zu gestalten.

<sup>10</sup> siehe Tabelle 4.3

<sup>11</sup> Es gilt anzunehmen, dass markierte Anforderungen nicht zu fälschlich geänderten Angaben führen, da kein Fehler in der händischen Anpassung der Angaben angenommen wird.

## AUSBLICK

---

### *Bemühungen der EASA*

Aus der Analyse der Datenquellen geht hervor, dass die EASA viele nützliche Informationen bereitstellt, um die Integration der eigenen Daten zu fördern. Im Gegensatz zur EU verpflichtet sich die Agentur jedoch nicht, alle Daten offen bereitzustellen. EARs repräsentieren so eine kurierte Darstellung der intern verfügbaren Daten zu ihren Publikationen. Ein direkter Zugriff auf die internen Systeme (bspw. das CCMS) wird durch die EASA explizit ausgeschlossen. In der Konferenz zur Veröffentlichung des XML Formates [16] betonte die Agentur, man würde eng mit Nutzer:innen der Plattform zusammenarbeiten und die Integration von weiteren gewünschten Informationen und Features prüfen. Dies könnte bspw.<sup>1</sup> der Zugang auf die Historie der einzelnen Dokumente oder sogar einzelner Anforderungen beinhalten. Auch die Bereitstellung der Daten in einem anderen Format, wie bspw. einem Web-Dienst wurde durch die Agentur nicht ausgeschlossen.

Auch wenn die große Schwachstelle des Datensatzes – der fehlenden Verbindlichkeit – bleibt, so beinhaltet die Quelle eine sehr große Menge, hilfreicher Informationen und Daten, welche einen großen Mehrwert für die Nachweisführungsprozesse bieten. Weitere Bemühungen der EASA zum Ausbau von diesem Zugang stellt ein sehr großes Asset der Automatisierung dieses Themenbereiches dar und sollte definitiv weiter verfolgt werden.

### *Verwendung beider Datenquellen*

Im Fall der Anforderung, eine Anwendung zu schaffen, welche gesetzlich verbindlich in der Lage ist, Änderungen von Anforderungsdokumenten zu definieren und Anforderungen auf Basis von Metainformationen zu sortieren, gilt es abzuwägen, ein Modell zu entwickeln, welches beide Datenquellen integriert. Ein solcher Ansatz würde viele der definierten Vorteile vereinen und Nutzer:innen die meisten möglichen Informationen zur Verfügung stellen.

Das Problem bei der Verwendung dieses Ansatzes ist die zeitunabhängige Vereinigung der Datenmengen. Eine Implementation müsste folglich berücksichtigen, dass die Daten zu unterschiedlichen Zeitpunkten veröffentlicht werden, in unterschiedlichen Formaten veröffentlicht werden<sup>2</sup>, ihre Inhalte in unterschiedlichen Formatierungen darstellen<sup>3</sup>; oder strukturelle Änderungen erfahren.

---

<sup>1</sup> Beispiel aus der Konferenz

<sup>2</sup> RDF und OPC

<sup>3</sup> Formex4 und OOXML

### *Mögliche Implementationen*

Im Rahmen der zugrundeliegenden Vorbereitung dieser Arbeit wurden mehrere Prototypen entwickelt<sup>4</sup>, welche testweise demonstrieren, wie die einzelnen Datenquellen verwendet werden können, um die Nachweisführungsprozesse in dieser Hinsicht zu unterstützen. Hierbei wurde bereits bewiesen, dass sich beide Datenquellen für das maschinelle Auslesen der Daten eignen und die gelesenen Daten in Anwendungen zur Nachweisführung eingebunden werden können. Es gilt zu betonen, dass die Einbindung der Daten auf Seiten der EASA deutlich unkompliziert war im Vergleich zu den Daten aus Cellar. Die EASA verweist in ihrer Dokumentation bereits auf das offizielle OOXML Software Development Kit (SDK), welches verwendet werden kann, um die Dokumente einzulesen. Aufgabe der Entwickler ist es folglich nur, die entsprechenden bereitgestellten Daten ordnungsgemäß abzubilden und in die Prozesse zu integrieren. Mangels der Verwendung eines offiziellen Standards für die Publikation ihrer Dokumente stellt die EU keine Werkzeuge für die Integration ihrer Daten bereit<sup>5</sup>. Unabhängig hiervon bietet Cellar die sehr viel größere und diversere Datenmenge, welche eine große Anzahl unterschiedlicher Integrationen ermöglicht. Implementationen sind so nicht an den Rahmen der EASA und deren kurierter Inhalte gebunden, sondern deckte alle regulatorischen Anforderungen ab, auf welche Nutzer:innen, möglicherweise referenzieren wollen würden.

Bei der Entwicklung einer Implementation gilt es also abzuwiegen, welches Ziel mit welchem Aufwand und welcher rechtlichen Verbindlichkeit erreicht werden soll. Die EASA bietet einen Rahmen, welcher es ermöglicht, einfach auf anforderungsspezifische Daten zuzugreifen und diese in bestehende Betriebsabläufe zu integrieren. Hierbei stellt die Agentur sogar Beispiele parat, wie XSLT dazu werden können, die Daten in eine passende, integrierbare Struktur<sup>6</sup> zu übersetzen. Im Rahmen der Nachweisführung von ATM/ANS Equipment deckt diese Integration bereits einen Großteil der Use Cases ab. Eine Erweiterung dieser Lösung ist jedoch nur schwer möglich und die Verwendbarkeit im Rahmen der neuen Nachweisführungsprozesse der Agentur<sup>7</sup> sowie die weitere Datenpflege ist noch ungewiss. Cellar bietet hierbei das Gegenstück. Daten in Cellar sind nicht anforderungsspezifisch formuliert, sondern decken alle Anliegen der regulativen Publikationen ab. Es ist folglich die Aufgabe der Integration, die relevanten Daten zu extrahieren und im Sinne der Betriebsabläufe aufzubereiten und bereitzustellen. Unter Annahme von diesem Mehraufwand ist es jedoch möglich, Anwendungen einfach zu erweitern und rechtlich integer Nachweisführungsprozesse zu unterstützen.

<sup>4</sup> Quellcode nicht öffentlich zugänglich

<sup>5</sup> Es existieren Werkzeuge, welche von Nutzer:innen entwickelt wurde (bspw. <https://github.com/EULexNET/EULex.NET>), jedoch können diese – meist kleinen – Tools nicht die eigentliche Tiefe der Daten abbilden, was den Mehrwert von deren Integration sehr stark beschränkt.

<sup>6</sup> bspw. JSON oder SQL

<sup>7</sup> nach 2023

## FAZIT

---

Die regulative Nachweisführung von ATM/ANS Equipment beschreibt einen nicht trivialen, alternativlosen Prozess, welcher ein tiefgehendes Verständnis der behandelten Materie benötigt. Es wird erwartet, dass Produktmanager:innen die Funktion und Bedeutung einzelner regulativer Anforderungsdokumente und Stakeholder:innen verstehen und im Kontext ihrer ATM/-ANS Komponente / -Systems anwenden können. Die vollständige, integrale und effiziente Bearbeitung dieser ist hierbei für die regelkonforme Inbetriebnahme von ATM/ANS Equipment unabdingbar. Aufgrund des hohen Arbeitsaufwandes der manuellen Nachweisführung und der individuellen Erarbeitung regulativer Änderungen im Kontext einer jeden ATM/ANS Ausrüstung bestand das Interesse, zentral Änderungsinformationen zu regulativen Anforderungen zu verwalten und zu analysieren. Hierbei sollten verfügbare Daten zu Anforderungen gesammelt, auf Änderungen analysiert und auf die entsprechenden betroffenen Complianceangaben abgebildet werden.

Die EU stellt hierfür mit ihrer Cellar Schnittstelle einen sehr tiefgehenden, offenen Zugang zu allen relevanten EU-Dokumenten bereit, welche sehr detailliert Inhalte, Beziehungen und Metadaten jener abbildet. Die Analyse und Aufarbeitung der Daten ist hierbei aufgrund der Tiefe mit einem relativ hohen Aufwand verbunden, welche jedoch eine sehr individuelle Implementierung und Verwendung der Daten ermöglicht.

Die EASA hingegen bereitet im Rahmen ihrer Easy Access Rules eigene Publikationen wie AMC oder GM – aber auch die zugrundeliegenden Durchführungsbestimmungen – auf, um Nutzer:innen einen vereinfachten Zugang zu diesen Informationen zu schaffen. Hierbei werden regulatorische Inhalte durch Flugsicherheit-spezifische Informationen und Metadaten angereichert und Inhalte in der Granularität einzelner Anforderungen abgebildet. Beides bildet einen großen Mehrwert für die Integration in Nachweisführungsprozesse, da Anforderungen in einer strukturierten Weise an Verantwortlichen herangetragen werden.

Die fehlende Aktualität, Offenheit und rechtliche Verbindlichkeit der EASA-Daten lässt zu diesem Zeitpunkt jedoch schlussfolgern, dass deren alleinige Nutzung – trotz ihres Mehrwerts – eine insuffiziente Basis für die datengestützte automatische Nachweisführung darstellt. Eine bestmögliche Implementierungsstrategie zum aktuellen Zeitpunkt wäre, die Daten Cellars entsprechend der definierten Anforderungen abzubilden und soweit vorhanden, Daten der EASA Publikationen mit diesen Daten anzureichern. Im Folgenden sollte weiter beobachtet werden, ob sich die Qualität und Aktualität der EASA-Datensätze insoweit verbessert, als dass sie eine gesicherte Quelle für Daten der Nachweisführung darstellen und die aufwendigere Integration der Cellar Daten für obsolet erklären würde.

Teil III

ANHANG





## LISTE DER RELEVANTEN DURCHFÜHRUNGSVERORDNUNGEN

---

Namen der Verordnungen sinnesgemäß gekürzt.  
Stand 2023 (<sup>†</sup>Außer Kraft)

### A.1 RAHMENVERORDNUNG

Auf Basis der VO (EG) Nr. 549/2004 verfasst:

- DVO (EU) Nr. 390/2013<sup>†</sup>: Leistungssystem für ANS und NF
- DVO (EU) Nr. 2019/317: Leistungssystem und Gebührenregelung in SES
- DVO (EU) Nr. 2020/1627: Sondermaßnahmen aufgrund von COVID-19

### A.2 ANS BEREITSTELLUNG

Auf Basis der VO (EG) Nr. 550/2004 verfasst:

- DVO (EU) Nr. 176/2011: Informationen zur Einrichtung eines FAB
- DVO (EU) Nr. 391/2013<sup>†</sup>: Gebührenregelung für Flugsicherungsdienste
- DVO (EU) Nr. 409/2013: „ATM Master Plan“
- DVO (EU) Nr. 448/2014<sup>†</sup>: Änderung der DVO (EU) Nr. 1035/2011
- DVO (EU) Nr. 716/2014<sup>†</sup>: Pilotvorhaben zum ATM Master Plan

### A.3 LUFTRAUMNUTZUNG UND -ORGANISATION

Auf Basis der VO (EG) Nr. 551/2004 verfasst:

- DVO (EU) Nr. 2150/2005: Regeln zur Flexible Luftraumnutzung (FUA)
- DVO (EU) Nr. 255/2010: Regeln zu Verkehrsflussregelung (ATFM)
- Entscheidung<sup>1</sup> zur Benennung des Network Manager (NM) für ATM-NF
- DVO (EU) Nr. 677/2011<sup>†</sup>: Implementation von ATM-Netzfunktionen (NF)
- DVO (EU) Nr. 970/2014: Implementation von ATM-NF
- DVO (EU) Nr. 2016/1006: Anpassung DVO (EU) Nr. 255/2010 an ICAO

---

<sup>1</sup> der Kommission vom 07.07.2011

- DVO (EU) Nr. 2016/2345: Anpassung DVO (EU) Nr. 262/2009 et al. an ICAO
- DVO (EU) Nr. 2017/2159: Anpassung DVO (EU) Nr. 255/2010 an ICAO
- DVO (EU) Nr. 2017/2160: Anpassung DVO (EU) Nr. 1079/2012 an ICAO
- DVO (EU) Nr. 2019/123: Implementation von ATM-NF
- Durchführungsbeschluss (EU) 2019/709: Benennung des NM

#### A.4 INTEROPERABILITÄT

Auf Basis der VO (EG) Nr. 552/2004 verfasst<sup>2</sup>:

- DVO (EU) Nr. 1032/2006<sup>†</sup>: Austausch von Flugdaten zwischen ATCs
- DVO (EU) Nr. 1033/2006<sup>†</sup>: Flugplanverfahren während Pre-Flight Phase
- DVO (EU) Nr. 633/2007<sup>†</sup>: Flight Message Transfer Protocol (FMTP)
- DVO (EU) Nr. 29/2009<sup>†</sup>: Data Link Services (DLS)
- DVO (EU) Nr. 30/2009<sup>†</sup>: Automatisierungsanforderungen an DLS
- DVO (EU) Nr. 262/2009<sup>†</sup>: Benutzung der Mode S Codes
- DVO (EU) Nr. 73/2010<sup>†</sup>: Qualität von Luftlagedaten
- DVO (EU) Nr. 1206/2011<sup>†</sup>: Anforderungen der Flugzeugidentifikation
- DVO (EU) Nr. 1207/2011<sup>†</sup>: Leistungsanforderungen Überwachung (SUR)
- DVO (EU) Nr. 1079/2012<sup>†</sup>: Anforderungen der Sprachkanalabstände
- DVO (EU) Nr. 428/2013<sup>†</sup>: Anpassung DVO (EU) Nr. 1033/2006 an ICAO
- DVO (EU) Nr. 657/2013<sup>†</sup>: Anforderungen an Sprachkanalabstände
- DVO (EU) Nr. 441/2014<sup>†</sup>: Anforderungen an Data Link Services (DLS)
- DVO (EU) Nr. 1028/2014<sup>†</sup>: Interoperabilitätsanforderungen an SUR
- DVO (EU) Nr. 1029/2014<sup>†</sup>: Qualitätsanforderungen an Luftlagedaten
- DVO (EU) Nr. 310/2015<sup>†</sup>: Änderung der DVO (EU) Nr. 29/2009 bzgl. DLS
- DVO (EU) Nr. 2016/2120<sup>†</sup>: Änderung der DVO (EU) Nr. 1033/2006
- DVO (EU) Nr. 2017/386<sup>†</sup>: Interoperabilitätsanforderungen an SUR
- DVO (EU) Nr. 2018/139<sup>†</sup>: Anpassung DVO (EU) Nr. 1033/2006 an ICAO
- DVO (EU) Nr. 2019/1170<sup>†</sup>: Änderung der DVO (EU) Nr. 29/2009 bzgl. DLS
- DVO (EU) Nr. 2020/208<sup>†</sup>: Änderung der DVO (EU) Nr. 29/2009 bzgl. DLS
- DVO (EU) Nr. 2020/587<sup>†</sup>: Änderung der DVO (EU) Nr. 1206f./2011

<sup>2</sup> Zumeist stillschweigend aufgehoben durch DVO (EU) Nrn. 2023/1769ff.

## A.5 EINHEITLICHE REGELUNG DER ZIVILLUFTFAHRT

Auf Basis der VO (EU) Nr. 2018/1139 verfasst:

- DVO (EU) Nr. 2021/1338 : Anpassung DVO (EU) Nr. 2017/373 bzgl. MET
- DVO (EU) Nr. 2020/1177 : Anpassung DVO (EU) Nr. 2020/469 bzgl. Covid
- DVO (EU) Nr. 2020/746 : Anpassung DVO (EU) Nr. 2019/947 bzgl. Covid
- DVO (EU) Nr. 2020/639 : Anpassung DVO (EU) Nr. 2019/947 bzgl. VLOS
- DVO (EU) Nr. 2020/469 : Anpassung DVO (EU) Nr. 923/2012 et al.
- DelVO (EU) Nr. 2019/945 : Unbemannte Luftfahrzeuge
- DVO (EU) Nr. 2019/947 : Betrieb unbemannter Luftfahrzeuge
- DVO (EU) Nr. 2018/1048 : Verfahren leistungsbasierter Navigation
- **DVO (EU) Nr. 2017/373 : Anforderungen an ATM/ANS Equipment**
- DVO (EU) Nr. 2016/1185 : Anpassung DVO (EU) Nr. 923/2012
- DVO (EU) Nr. 2016/583 : Anpassung DVO (EU) Nr. 1332/2011
- DVO (EU) Nr. 2015/340 : Fluglotsenbescheinigung
- DVO (EU) Nr. 923/2012 : Anpassung DVO (EU) Nr. 1035/2011
- DVO (EU) Nr. 1332/2011 : Kollisionswarnsysteme

## REFERENZEN ZU DATENQUELLE 1

## B.1 ÜBERSETZUNGEN DER REFERENZIERTEN ATTO TABELLEN

FD370 Code	Deutsche Übersetzung
ALN	nicht nummerierter Absatz
AN	Anhang
APP	Anlage
AR	Artikel
CDR	AdR
CES	WSA
CHA	Kapitel
COL	Tabellenspalte
CONSID	Erwägungsgrund
FR	Satz
JO	ABl.
OP_DATPRO	Vorläufige Daten
P	S.
PA	Absatz
PBL	Präambel
PO	Nummer
PROT	Protokoll
PRT	Teil
PTA	Buchstabe
PTI	Ziffer
SBS	Unterabschnitt
SCT	Abschnitt
TAB	Tabelle
TIRE	Gedankenstrich
TIS	Titel (Gliederungsteil)
TIT	Titel
TXT	Text

Tabelle B.1: Deutsche Übersetzungen der Bezeichner der ATTO Tabelle FD\_370  
(gekürzte Version)

FD375 Code	Deutsche Übersetzung
A	Aufhebung
ADAP	Anpassung
ANN	Anhang
AP	Teilweise Aufhebung
APA	Auch veröffentlicht als
C	Vervollständigung
CA	Hinfällig
CJ	Infragestellung der Rechtsgrundlage
CL_VERSION	Konsolidierter Text
CPRJ	Ablehnung des gemeinsamen Standpunkts bestätigt
CREP	Erneute Anhörung
D	Abweichung
DEL	Streichung
DPR	Teilweise Ausnahme
E	Anwendung erweitert
I	Auslegung
J	Zusatz
M	Änderung
MD	Änderungsvorschlag
MNE	Nationale Durchführungsbestimmungen
MNV	Änderung für nichtig erklärt durch
NM	Ohne Änderungsvorschlag
O	Durchführung
OP_DATPRO	Vorläufige Daten
P	Verlängerung
P/PART	Teilweise Fristverlängerung
PCRA	Billigung des gemeinsamen Entwurfs
PCRJ	Ablehnung des gemeinsamen Entwurfs
PI	Stillschweigende Verlängerung
PMD	Änderung des gemeinsamen Standpunkts
PROT	Protokoll
PROT.ADD	Zusatzprotokoll
R	Ersetzung
R/PART	Teilweise Ersetzung
REP/COM	Ergänzende Antwort
REP/RECTIF	Berichtigende Antwort
RP	Wiedereinsetzung
S	Aussetzung
SP	Teilweise Aussetzung
SU	Streichung

Tabelle B.2: Deutsche Übersetzungen der Bezeichner der ATTO Tabelle FD\_375  
(gekürzte Version)

## LITERATUR

---

- [1] R.S. Arnold und S.A. Bohner. "Impact analysis-Towards a framework for comparison". In: *1993 Conference on Software Maintenance*. 1993, S. 292–301. DOI: [10.1109/ICSM.1993.366933](https://doi.org/10.1109/ICSM.1993.366933).
- [2] International Civil Aviation. *Convention on International Civil Aviation – 9th Edition*. Doc 7300. 2006. URL: <https://www.icao.int/publications/pages/doc7300.aspx>.
- [3] Tim Berners-Lee. *Universal Resource Identifiers in WWW: A Unifying Syntax for the Expression of Names and Addresses of Objects on the Network as used in the World-Wide Web*. RFC 1630. Juni 1994. DOI: [10.17487/RFC1630](https://doi.org/10.17487/RFC1630). URL: <https://www.rfc-editor.org/info/rfc1630>.
- [4] "Beschluss der Kommission vom 12. Dezember 2011 über die Weiterverwendung von Kommissionsdokumenten". In: *Amtsblatt der Europäischen Union* L 330 (Dez. 2011), S. 39–42. URL: <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/de/TXT/?uri=CELEX:32011D0833>.
- [5] "Beschluss des Gemeinsamen EWR-Ausschusses Nr. 105/2005 vom 8. Juli 2005 zur Änderung des Anhangs XI (Telekommunikationsdienste) des EWR-Abkommens". In: *Amtsblatt der Europäischen Union* L 306 (Nov. 2005), 41f. URL: <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/DE/TXT/?uri=CELEX:22005D0105>.
- [6] "Beschluß des Rates vom 28. Juni 1999 zur Festlegung der Modalitäten für die Ausübung der der Kommission übertragenen Durchführungsbefugnisse". In: *Amtsblatt der Europäischen Union* L 184 (Juli 1999), S. 23–26. URL: <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/de/ALL/?uri=CELEX:31999D0468>.
- [7] IFLA Study Group on the Functional Requirements for Bibliographic Records. *Funktionelle Anforderungen an bibliografische Datensätze*. Arbeitsstelle für Standardisierung, 2006. ISBN: 978-3-933641-76-2.
- [8] Kenneth Button und Rui Neiva. "Single European Sky and the functional airspace blocks: Will they improve economic efficiency?" In: *Journal of Air Transport Management* 33 (2013). Papers in Honor of Christina Barbot, S. 73–80. ISSN: 0969-6997. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jairtraman.2013.06.012>. URL: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0969699713000732>.
- [9] French Caldwell. *Magic Quadrants for Enterprise Governance, Risk and Compliance Platforms*. 2010. URL: [https://public.dhe.ibm.com/software/data/sw-library/cognos/pdfs/analystreports/ar\\_magic\\_quadrant\\_for\\_enterprise\\_governance\\_risk\\_and\\_compliance\\_platforms.pdf](https://public.dhe.ibm.com/software/data/sw-library/cognos/pdfs/analystreports/ar_magic_quadrant_for_enterprise_governance_risk_and_compliance_platforms.pdf).

- [10] F. Coman-Kund. *European Union Agencies as Global Actors: A Legal Study of the European Aviation Safety Agency, Frontex and Europol*. Routledge Research in EU Law. Taylor & Francis, 2018. ISBN: 9781351136846.
- [11] Richard Cyganiak, David Wood und Markus Lanthaler. *RDF 1.1 Concepts and Abstract Syntax*. Feb. 2014. URL: <https://www.w3.org/TR/rdf11-concepts/>.
- [12] Ariane Debyser. "Air transport: Single European Sky". In: *Kurzdarstellungen zur Europäischen Union* (2023). URL: <https://www.europarl.europa.eu/factsheets/en/sheet/133/air-transport-single-european-sky>.
- [13] "Durchführungsverordnung (EU) 2017/373 der Kommission vom 1. März 2017 zur Festlegung gemeinsamer Anforderungen an Flugverkehrsmanagementanbieter und Anbieter von Flugsicherungsdiensten sowie sonstiger Funktionen des Flugverkehrsmanagementnetzes und die Aufsicht hierüber sowie zur Aufhebung der Verordnung (EG) Nr. 482/2008, der Durchführungsverordnungen (EU) Nr. 1034/2011, (EU) Nr. 1035/2011 und (EU) 2016/1377 und zur Änderung der Verordnung (EU) Nr. 677/2011". In: *Amtsblatt der Europäischen Union* L 62 (März 2017), S. 1 –126. URL: <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/DE/TXT/?uri=CELEX:32017R0373>.
- [14] "Durchführungsverordnung (EU) 2023/1769 der Kommission vom 12. September 2023 zur Festlegung der technischen Anforderungen und Verwaltungsverfahren für die Genehmigung von Organisationen, die an der Entwicklung oder Herstellung von Systemen und Komponenten für Flugverkehrsmanagement und Flugsicherungsdienste beteiligt sind, und zur Änderung der Durchführungsverordnung (EU) 2023/203". In: *Amtsblatt der Europäischen Union* L 228 (Sep. 2023), S. 19 –38. URL: <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/DE/TXT/?uri=CELEX:32023R1769>.
- [15] European Union Aviation Safety Agency (EASA). *Easy Access Rules XML export*. URL: <https://www.easa.europa.eu/en/easy-access-rules-xml-export>.
- [16] European Union Aviation Safety Agency (EASA). *Easy Access Rules in machine-readable format (XML) - how to use it*. URL: <https://www.easa.europa.eu/en/newsroom-and-events/events/easy-access-rules-machine-readable-format-xml-how-use-it>.
- [17] European Union Aviation Safety Agency (EASA). *Common requirements for providers of air traffic management/air navigation services and other air traffic management network functions and their oversight*. Explanatory Note to Decision 2017/001/R. 2017. URL: <https://www.easa.europa.eu/en/downloads/22095/en>.
- [18] European Union Aviation Safety Agency (EASA). *Easy Access Rules XML Export Documentation*. Juni 2022. URL: <https://www.easa.europa.eu/en/downloads/136656/en>.

- [19] European Union Aviation Safety Agency (EASA). *Schema documentation for EASA-XMLSchema-Extended-2022-06-11.xsd*. 2022. URL: <https://www.easa.europa.eu/en/downloads/136695/en>.
- [20] Publications Office of the European Union. *Cellar – The semantic repository of the Publications Office*. Publications Office, 2018. ISBN: 978-92-78-41542-6. DOI: [doi/10.2830/064688](https://doi.org/10.2830/064688).
- [21] The Publications Office of the European Union. *Formex Version 4: Preliminary remarks*. Luxembourg, 2004. URL: <https://op.europa.eu/en/web/eu-vocabularies/formex/introduction>.
- [22] The Publications Office of the European Union. *Formex Version 4: Formalized Exchange of Electronic Documents (Physical specifications)*. Version 6.02.1. Luxembourg, 2023. URL: <https://op.europa.eu/documents/3938058/5896514/physical-specifications/>.
- [23] Kommission der Europäischen Gemeinschaft. “Vorschlag für eine Richtlinie des Rates zur Harmonisierung der technischen Vorschriften und Verfahren für Zivilluftfahrzeug KOM(90) 442”. In: *Amtsblatt der Europäischen Union C 270* (1990), S. 3 –8. URL: <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/DE/TXT/PDF/?uri=CELEX:51990PC0442>.
- [24] Kommission der Europäischen Gemeinschaft. *Mitteilung der Kommission an den Rat und das Europäische Parlament - Maßnahmenprogramm zur Schaffung eines einheitlichen europäischen Luftraums KOM(2001) 123*. 2001. URL: <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/DE/TXT/?uri=CELEX:52001DC0123>.
- [25] Kommission der Europäischen Gemeinschaft. *Mitteilung der Kommission an den Rat und das Europäische Parlament über die Schaffung eines einheitlichen europäischen Luftraums KOM(2001) 564*. 2001. URL: <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/DE/TXT/PDF/?uri=CELEX:52001DC0564>.
- [26] Kommission der Europäischen Gemeinschaft. “Vorschlag für eine Verordnung des Europäischen Parlaments und des Rates über die Erbringung von Flugsicherungsdiensten im einheitlichen europäischen Luftraum (2001/0235 (COD))”. In: *Mitteilung der Kommission an den Rat und das Europäische Parlament über die Schaffung eines einheitlichen europäischen Luftraums KOM(2001) 564* (2001), S. 13 –30. URL: <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/DE/TXT/PDF/?uri=CELEX:52001DC0564>.
- [27] Kommission der Europäischen Gemeinschaft. “Vorschlag für eine Verordnung des Europäischen Parlaments und des Rates über die Interoperabilität des europäischen Flugverkehrsmanagementnetzes (2001/0237 (COD))”. In: *Mitteilung der Kommission an den Rat und das Europäische Parlament über die Schaffung eines einheitlichen europäischen Luftraums KOM(2001) 564* (2001), S. 42 –69. URL: <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/DE/TXT/PDF/?uri=CELEX:52001DC0564>.



- [28] Kommission der Europäischen Gemeinschaft. "Vorschlag für eine Verordnung des Europäischen Parlaments und des Rates über die Ordnung und Nutzung des Luftraums im einheitlichen europäischen Luftraum (2001/0236 (COD))". In: *Mitteilung der Kommission an den Rat und das Europäische Parlament über die Schaffung eines einheitlichen europäischen Luftraums KOM(2001) 564* (2001), S. 31 –41. URL: <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/DE/TXT/PDF/?uri=CELEX:52001DC0564>.
- [29] Amt für Veröffentlichungen der Europäischen Union. *Einheitlicher europäischer Luftraum – EU-Bestimmungen für Flugsicherungsdienste*. Zusammenfassung Legisum L24034. URL: <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/DE/TXT/HTML/?uri=LEGISSUM:l24034>.
- [30] Amt für Veröffentlichungen der Europäischen Union. *Flugverkehrsmanagement: Ordnung und Nutzung des Luftraums im einheitlichen europäischen Luftraum*. Zusammenfassung Legisum L24046. URL: <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/DE/TXT/HTML/?uri=LEGISSUM:l24046>.
- [31] Amt für Veröffentlichungen der Europäischen Union. *Interoperabilität des europäischen Flugverkehrsmanagementnetzes*. Zusammenfassung Legisum L24070. URL: <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/DE/TXT/HTML/?uri=LEGISSUM:l24070>.
- [32] Amt für Veröffentlichungen der Europäischen Union. *Rahmen für die Schaffung eines einheitlichen europäischen Luftraums*. Zusammenfassung Legisum L24020. URL: <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/DE/TXT/HTML/?uri=LEGISSUM:l24020>.
- [33] Amt für Veröffentlichungen der Europäischen Union. *Vorschriften für die Zivilluftfahrt und die Agentur der Europäischen Union für Flugsicherheit*. Zusammenfassung Legisum 4359400. URL: <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/DE/TXT/HTML/?uri=LEGISSUM:4359400>.
- [34] Amt für Veröffentlichungen der Europäischen Union. *Zivilluftfahrt und Europäische Agentur für Flugsicherheit*. Zusammenfassung Legisum L24492. URL: <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/DE/TXT/HTML/?uri=LEGISSUM:l24492>.
- [35] Amt für Veröffentlichungen der Europäischen Union. *Harmonisierung der Nummerierung von EU-Rechtsakten*. 2014. URL: <https://op.europa.eu/de/publication-detail/-/publication/eee9103e-e773-46dc-9a10-d3dcf2c4b348>.
- [36] Amt für Veröffentlichungen der Europäischen Union. *ELI Register: EU – Amt für Veröffentlichungen (OP)*. 2021. URL: [https://eur-lex.europa.eu/eli-register/eu\\_publications\\_office.html](https://eur-lex.europa.eu/eli-register/eu_publications_office.html).
- [37] Amt für Veröffentlichungen der Europäischen Union. *Consolidation methodology*. 2022. URL: <https://eur-lex.europa.eu/content/intro/collection/Methodology-on-Consolidation.pdf>.

- [38] Amt für Veröffentlichungen der Europäischen Union. *The Official Journal Act by Act*. 2023. URL: <https://op.europa.eu/en/web/cellar/the-official-journal-act-by-act>.
- [39] Bundesaufsichtsamt für Flugsicherung. *Richtlinie Interoperabilität für Flugsicherungsorganisationen und Hersteller*. Version 5.1. 2020. URL: [https://www.baf.bund.de/SharedDocs/Downloads/DE/Publikationen\\_BAFReferate/ST/richtlinie\\_iop\\_version5\\_1.pdf](https://www.baf.bund.de/SharedDocs/Downloads/DE/Publikationen_BAFReferate/ST/richtlinie_iop_version5_1.pdf).
- [40] Ricardo Génova Galván. *EASA Regulatory Framework History of Foundation*. 2020. URL: <https://avia.gov.ua/wp-content/uploads/2021/03/EASA-Regulatory-Framework-text.pdf>.
- [41] *How CELEX numbers are composed*. 2021. URL: <https://eur-lex.europa.eu/content/tools/HowCelexNumbersAreComposed.pdf>.
- [42] International Organization for Standardization (ISO) and International Electrotechnical Commission (IEC). *ISO/IEC 29500-2:2021(E) - Document description and processing languages — Office Open XML file formats — Part 2: Open packaging conventions*. Fourth edition. Reference number: ISO/IEC 29500-2. Aug. 2021.
- [43] Bundesministerium für Justiz. *Luftverkehrsgesetz (LuftVG)*. URL: <https://www.gesetze-im-internet.de/luftvg>.
- [44] “Konsolidierte Fassung des Vertrags über die Arbeitsweise der Europäischen Union (01/03/2020)”. In: *Amtsblatt der Europäischen Union C 202* (Juni 2016), S. 47. URL: <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/DE/TXT/?uri=CELEX:02016E/TXT-20200301>.
- [45] Benedikt Langner und Marcus Schwenke. “Der einheitliche europäische Luftraum: Single European Sky”. In: *Stand und Ausblick. CEP Studie*, Freiburg: Centrum für Europäische Politik (2011). URL: [https://www.cep.eu/Studien/Single\\_European\\_Sky/cepStudie\\_Single\\_European\\_Sky.pdf](https://www.cep.eu/Studien/Single_European_Sky/cepStudie_Single_European_Sky.pdf).
- [46] Ora Lassila und Ralph R. Swick. *Resource Description Framework (RDF) Model and Syntax Specification*. Feb. 1999. URL: <https://www.w3.org/TR/1999/REC-rdf-syntax>.
- [47] Paul J. Leach, Rich Salz und Michael H. Mealling. *A Universally Unique Identifier (UUID) URN Namespace*. RFC 4122. Juli 2005. DOI: [10.17487/RFC4122](https://doi.org/10.17487/RFC4122). URL: <https://www.rfc-editor.org/info/rfc4122>.
- [48] Mikael Lindvall. *An Empirical Study of Requirements-Driven Impact Analysis in Object-Oriented Software Evolution*. Linköping University, 1997.
- [49] M. Milde. *International Air Law and ICAO*. Essential air and space law. Eleven International Publishing, 2008. ISBN: 9789077596548.
- [50] Malte Ostendorff, Till Blume und Saskia Ostendorff. “Towards an Open Platform for Legal Information”. In: *JCDL '20. Virtual Event, China: Association for Computing Machinery*, 2020, 385–388. ISBN: 9781450375856. DOI: [10.1145/3383583.3398616](https://doi.org/10.1145/3383583.3398616). URL: <https://doi.org/10.1145/3383583.3398616>.

- [51] "Richtlinie 2003/98/EG des Europäischen Parlaments und des Rates vom 17. November 2003 über die Weiterverwendung von Informationen des öffentlichen Sektors". In: *Amtsblatt der Europäischen Union* L 345 (Nov. 2003), S. 90–96. URL: <https://eur-lex.europa.eu/eli/dir/2003/98>.
- [52] "Richtlinie 2013/37/EU des Europäischen Parlaments und des Rates vom 26. Juni 2013 zur Änderung der Richtlinie 2003/98/EG über die Weiterverwendung von Informationen des öffentlichen Sektors Text von Bedeutung für den EWR". In: *Amtsblatt der Europäischen Union* L 175 (Juni 2013), S. 1–8. URL: <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/DE/TXT/?uri=CELEX:32004R0549>.
- [53] "Schlussfolgerungen des Rates vom 6. November 2017 zum European Legislation Identifier". In: *Amtsblatt der Europäischen Union* C 441 (Dez. 2017), S. 8–12. URL: [https://eur-lex.europa.eu/legal-content/DE/TXT/?uri=CELEX:52017XG1222\(02\)](https://eur-lex.europa.eu/legal-content/DE/TXT/?uri=CELEX:52017XG1222(02)).
- [54] Adriaan Schout. "Inspecting Aviation Safety in the EU: EASA as an Administrative Innovation?" In: *European Risk Governance* (2008), S. 257. URL: [https://www.mzes.uni-mannheim.de/projekte/typo3/site/fileadmin/BookSeries/Volume\\_Six/NEU%20Chapter%208%20Schout.pdf](https://www.mzes.uni-mannheim.de/projekte/typo3/site/fileadmin/BookSeries/Volume_Six/NEU%20Chapter%208%20Schout.pdf).
- [55] DFS Deutsche Flugsicherung (TO/MV). *Betriebsanweisung-Technik*. 11.o. (nicht öffentlich zugänglich). 2022.
- [56] DFS Deutsche Flugsicherung (TO/MV). *Fachliche Anweisung Freigaben*. TO-08/2023. (nicht öffentlich zugänglich). 2023.
- [57] "Verordnung (EG) Nr. 549/2004 des Europäischen Parlaments und des Rates vom 10. März 2004 zur Festlegung des Rahmens für die Schaffung eines einheitlichen europäischen Luftraums („Rahmenverordnung")". In: *Amtsblatt der Europäischen Union* L 96 (März 2004), S. 1–9. URL: <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/DE/TXT/?uri=CELEX:32004R0549>.
- [58] "Verordnung (EG) Nr. 550/2004 des Europäischen Parlaments und des Rates vom 10. März 2004 über die Erbringung von Flugsicherungsdiensten im einheitlichen europäischen Luftraum („Flugsicherungsdienste-Verordnung")". In: *Amtsblatt der Europäischen Union* L 96 (März 2004), S. 10–19. URL: <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/DE/TXT/?uri=CELEX:32004R0550>.
- [59] "Verordnung (EG) Nr. 551/2004 des Europäischen Parlaments und des Rates vom 10. März 2004 über die Ordnung und Nutzung des Luftraums im einheitlichen europäischen Luftraum („Luftraum-Verordnung")". In: *Amtsblatt der Europäischen Union* L 96 (März 2004), S. 20–25. URL: <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/DE/TXT/?uri=CELEX:32004R0551>.

- [60] “Verordnung (EG) Nr. 552/2004 des Europäischen Parlaments und des Rates vom 10. März 2004 über die Interoperabilität des europäischen Flugverkehrsmanagementnetzes („Interoperabilitäts-Verordnung“). In: *Amtsblatt der Europäischen Union* L 96 (März 2004), S. 26–42. URL: <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/DE/TXT/?uri=CELEX:32004R0552>.
- [61] “Verordnung (EU) 2018/1139 des Europäischen Parlaments und des Rates vom 4. Juli 2018 zur Festlegung gemeinsamer Vorschriften für die Zivilluftfahrt und zur Errichtung einer Agentur der Europäischen Union für Flugsicherheit sowie zur Änderung der Verordnungen (EG) Nr. 2111/2005, (EG) Nr. 1008/2008, (EU) Nr. 996/2010, (EU) Nr. 376/2014 und der Richtlinien 2014/30/EU und 2014/53/EU des Europäischen Parlaments und des Rates, und zur Aufhebung der Verordnungen (EG) Nr. 552/2004 und (EG) Nr. 216/2008 des Europäischen Parlaments und des Rates und der Verordnung (EWG) Nr. 3922/91 des Rates“. In: *Amtsblatt der Europäischen Union* L 212 (Sep. 2018), S. 1–122. URL: <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/DE/TXT/?uri=CELEX:32018R1139>.
- [62] “Vertrag über die Europäische Union (konsolidierte Fassung)“. In: *Amtsblatt der Europäischen Union* C 326 (Okt. 2012), S. 13–390. URL: <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/DE/TXT/?uri=celex:12012M/TXT>.