



## Flugversuche beim DLR mit EC 135, Bo 105, Do 228, VFW 614 und A320 – Erfahrungen eines Projekt- und Entwicklungsingenieurs

Florian Antrack, 01.10.2020, Hamburg Aerospace Lecture Series

Die DGLR lädt ein zum Vortrag in Kooperation mit RAeS, ZAL, VDI und HAW Hamburg

## Flugversuche beim DLR mit EC 135, Bo 105, Do 228, VFW 614 und A320 – Erfahrungen eines Projekt- und Entwicklungsingenieurs

Dipl.-Ing. Florian Antrack, ALTRAN Deutschland



Quelle: DLR (CC BY 3.0)



Quelle: DLR (CC BY 3.0)



Quelle: DLR (CC BY 3.0)

**Datum:** Donnerstag, 01.10.2020, 18:00

**Online:** <https://purl.org/ProfScholz/zoom/2020-10-01>

Der Vortrag stellt den Flugversuch in den heutigen Kontext der Luftfahrt mit seinen Verknüpfungen zur Zulassung und Entwicklung des Luftfahrzeuges. Welche Anforderungen gibt es? Welche Vorgaben der EASA müssen beachtet werden. Was ist ein Entwicklungsbetrieb? Anhand von Beispielen aus der täglichen Arbeit wird die praktische Umsetzung der Flugversuche dargestellt. Zusammen mit den beteiligten Wissenschaftlern bereitet der Projekt- und Entwicklungsingenieurs die Flugversuche vor und übernimmt die Verantwortung für die strukturelle Implementierung der Flugversuchsinstallationen. Für einen sicheren Betrieb des Versuchsträgers bei sich ständig ändernden Versuchseinbauten ist die Konfigurationsdefinition und Konfigurationskontrolle unerlässlich.

*Dipl.-Ing. Florian Antrack hat Flugzeugbau an der HAW Hamburg studiert und war von 2003 bis 2017 im Flugversuch des DLR tätig. In seinem Vortrag berichtet er über das Leben im Flugversuch. Exemplarisch werden verschiedene Flugversuchskampagnen des DLR und ihre Hintergründe dargestellt. Dabei wird auf die verschiedenen Versuchsträger eingegangen.*

Das DLR betreibt sowohl Hubschrauber als auch Flächenflugzeuge. Dabei geht/ging es von der für 19 Passagiere ausgelegten Dornier Do 228 über die VFW 614 bis zum Airbus A320-200 als Advanced Technology Research Aircraft (ATRA).

HAW/DGLR  
RAeS

Prof. Dr.-Ing. Dieter Scholz  
Richard Sanderson

Tel.: (040) 42875-8825  
Tel.: (04167) 92012

info@ProfScholz.de  
events@raes-hamburg.de



DGLR Bezirksgruppe Hamburg  
RAeS Hamburg Branch  
ZAL TechCenter  
VDI Hamburg, Arbeitskreis L&R

<http://hamburg.dglr.de>  
<http://www.raes-hamburg.de>  
<http://www.zal.aero/veranstaltungen>  
<http://www.vdi.de>



Die **Hamburg Aerospace Lecture Series** (<http://www.AeroLectures.de>) wird gemeinsam veranstaltet von DGLR, RAeS, ZAL, VDI und HAW Hamburg (Praxis-Seminar Luftfahrt, PSL). Der Besuch der **Veranstaltung ist steuerlich absetzbar**. Bringen Sie dazu bitte eine ausgefüllte Teilnahmebestätigung zur Unterschrift zum Vortrag mit. Mittels **E-Mail-Verteilerliste** wird über aktuelle Veranstaltungen informiert. **Vortragsunterlagen** vergangener Veranstaltungen, aktuelles **Vortragsprogramm**, Eintrag in E-Mail-Verteilerliste, Vordrucke der Teilnahmebestätigung: Alle Services über das Internet: <http://www.AeroLectures.de>.

# Vortragsinhalt

Seit es Luftfahrt gibt, gibt es Flugversuche. Der Vortrag bringt den Flugversuch in den heutigen Kontext der Luftfahrt mit seinen Verbindungen in die Zulassung und Entwicklung.

Um dies betrachten zu können, wird ebenso auf Bauvorschriften und Vorgaben der EASA und der operativen Umsetzung eingegangen.



Quelle: DLR

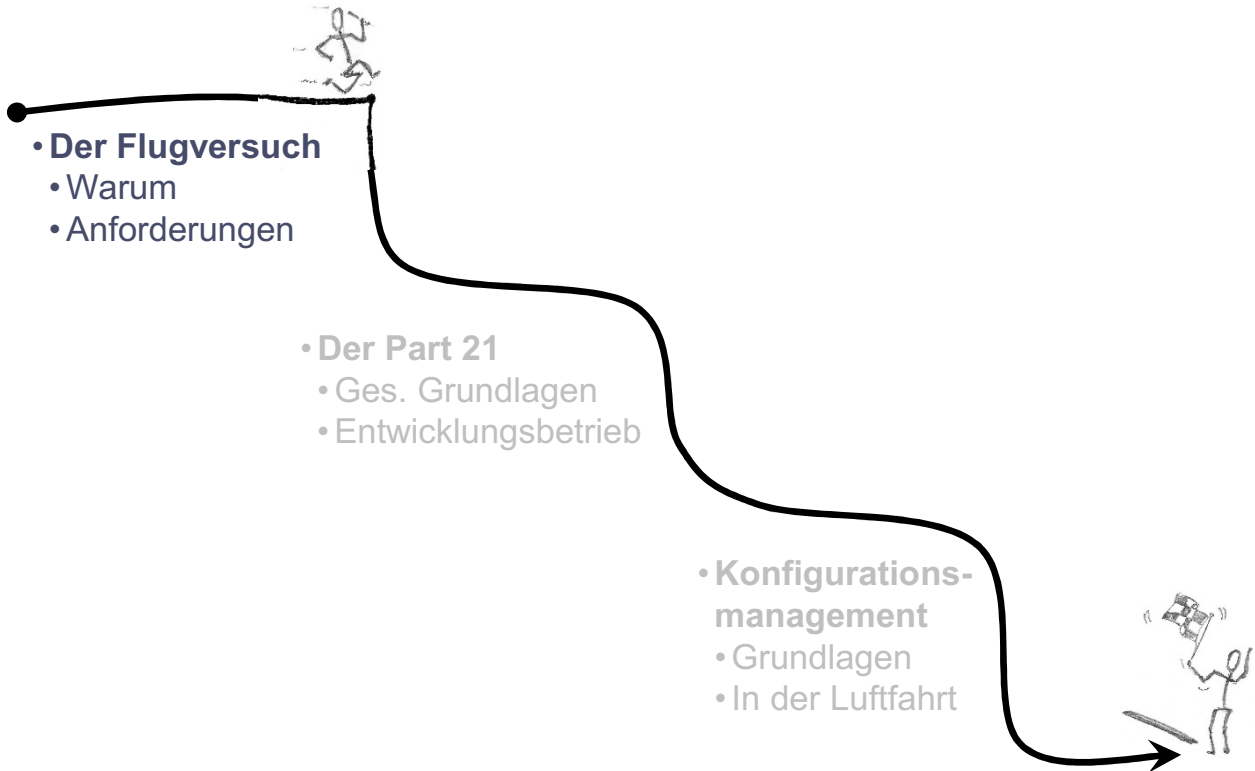


Quelle: DLR

Im Detail werden Vorgehen im Flugversuch betrachtet, wie ist ein Entwicklungsbetrieb aufgebaut.

(Anhand von Beispielen aus der täglichen Arbeit wird die praktische Umsetzung von Flugversuchen und Entwicklungen veranschaulicht.)

# Inhaltsverzeichnis



## Der Flugversuch



**Flight Test/Flugversuche oder Flugerprobung sind Versuche mit oder an Luftfahrzeugen am Boden oder in der Luft**

„Die Flugerprobung ist eine Teildisziplin der Luft und Raumfahrttechnik. Ziele der Flugtests sind einerseits die (Weiter)Entwicklung eines Luftfahrzeuges oder einzelner Systeme und andererseits der Nachweis deren Lufttüchtigkeit gegenüber Zulassungsbehörden“

Quelle: Wikipedia

## Der Flugversuch



**Flugversuche werden benötigt, um Daten und Ergebnisse auf konkrete Fragestellungen zu erhalten, die sich aus technischen oder legalen Forderungen ergeben**

Anforderungen an immer komplexere Systeme und deren Beurteilung erfordern ein systematisches Vorgehen, für die richtigen Rückschlüsse.

## Der Flugversuch



### **Flugversuche gibt es seit es Flugzeuge gibt**

ABER: erst mit dem gesteigerten Anforderungen an die Fluggeräte wurde der Flugversuche systematisch etabliert

Flugversuche reichen von kleinen Veränderungen in Systemen bis hin zu Erprobungen von ganz neuen Flugzeugen.

# Der Flugversuch Anforderungen



## Fragestellungen und Forderungen

### WAS wird gefragt?

- Funktionstüchtigkeit von Komponenten; Systemen; LFZ
- Zuverlässigkeit unter extremen
- Einhaltung geforderter Grenzen
- Reproduzierbarkeit von Systemverhalten
- Nutzbarkeit / „Handling Qualities“

### WER stellt Fragen?

- Behörden
- Hersteller (Teilen, Systemen, LFZ)
- Wissenschaftler
- Nutzer eines LFZ



# Der Flugversuch Anforderungen



## Fragestellungen und Forderungen

### Warum werden diese Fragen Gestellt?

- Nachweis der Erfüllung von gesetzlichen Anforderungen bei neuen Systemen
- Demonstration von neuen Technologien oder Verfahren unter realen Bedingungen
- Nachweis einer praktischen Anwendbarkeit

# Der Flugversuch Anforderungen



## Fragestellungen und Forderungen

### WAS wird gefordert?

- Konformität mit gesetzlichen Anforderungen, Spezifikationen, operativen Forderungen
- Nachweis der sicheren Handhabung bei Flug- und Bodenoperation

### WER stellt Forderungen?

- Behörden
- Kunden
- Nutzer
- Hersteller

# Der Flugversuch Anforderungen



## Fragestellungen und Forderungen

### Woher kommen diese Forderungen?

- Aus gesetzlichen Anforderungen
- Aus Innovationen oder realen Problemfeldern
- Aus operativen Zielsetzungen und Anforderungen

### Wann kommen Forderungen nach einem Flugversuch?

Immer wenn andere Nachweis- oder Demonstrationsmethoden nicht ausreichen oder versagen

## Der Flugversuch Anforderungen



### Warum die Demonstration in realer Umgebung?

- Nur so kann gezeigt werden, dass Ideen und Konzepte tatsächlich unter realen Bedingungen funktionieren.
- Zeigt Bereiche und Schwerpunkte auf, die weiterer Entwicklung bedürfen, die im Labor nicht erkannt werden.
- Erleichtert die spätere Umsetzung aus der Konzeptphase in den täglichen Umgang.

## Der Flugversuch Anforderungen



### Was wird benötigt?

- Zollstock/Stativ/ Uhr
- Rechner mit Anbindungen an ein bestimmtes System
- Einfache Messanlagen mit geringen Schnittstellen zum FLZ
- Aufwendige Messanlagen
- An und Umbauten am LFZ

## Der Flugversuch Anforderungen



### Intensive Vorbereitung notwendig

- Erstellung eines Flugversuchsprogramms
- Erstellung eines Flugversuchsplans mit Durchführung eines „Risk Assesments“
- Definition der LFZ Konifguration(en)
- Definition von Messpunkten
- Vorbereitende Bodenversuche
  - Am LFZ selbst
  - An Testeinrichtungen (Iron Birds)
- Technisches Review
- Organisatorisches Review

# Der Flugversuch Anforderungen



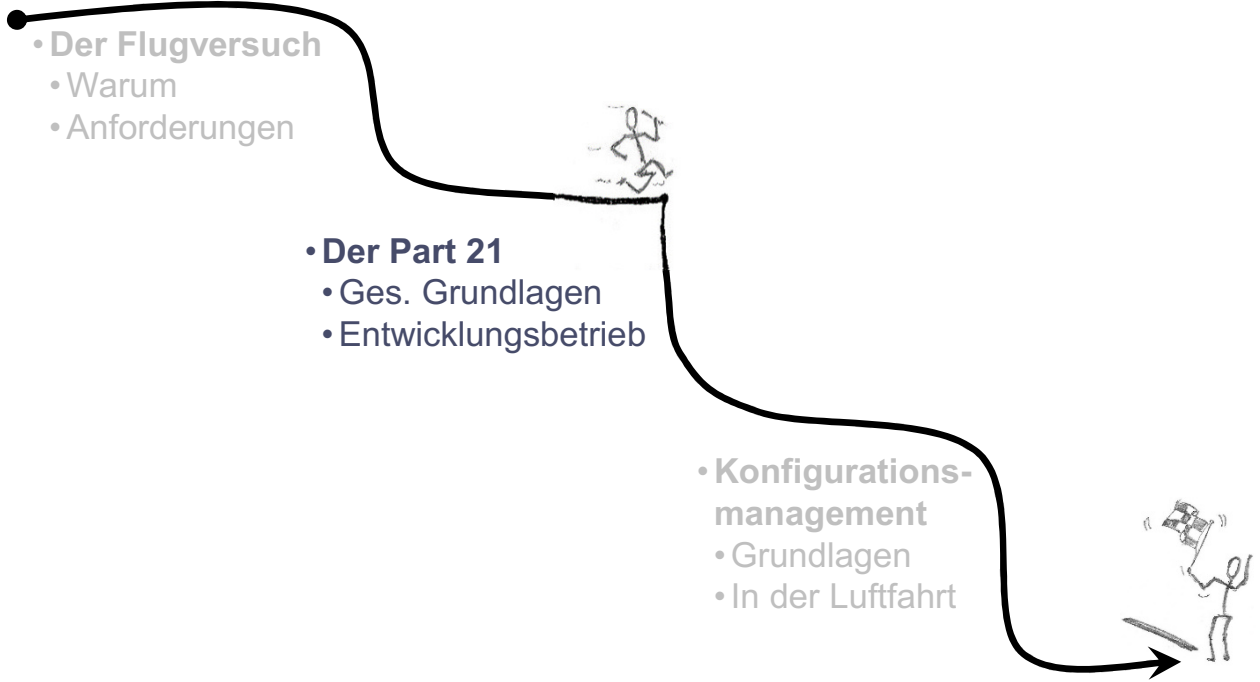
## Wer trägt die Verantwortung für die sichere Durchführung?

Durchführung in den allermeisten Fällen unter DO

### Ziel:

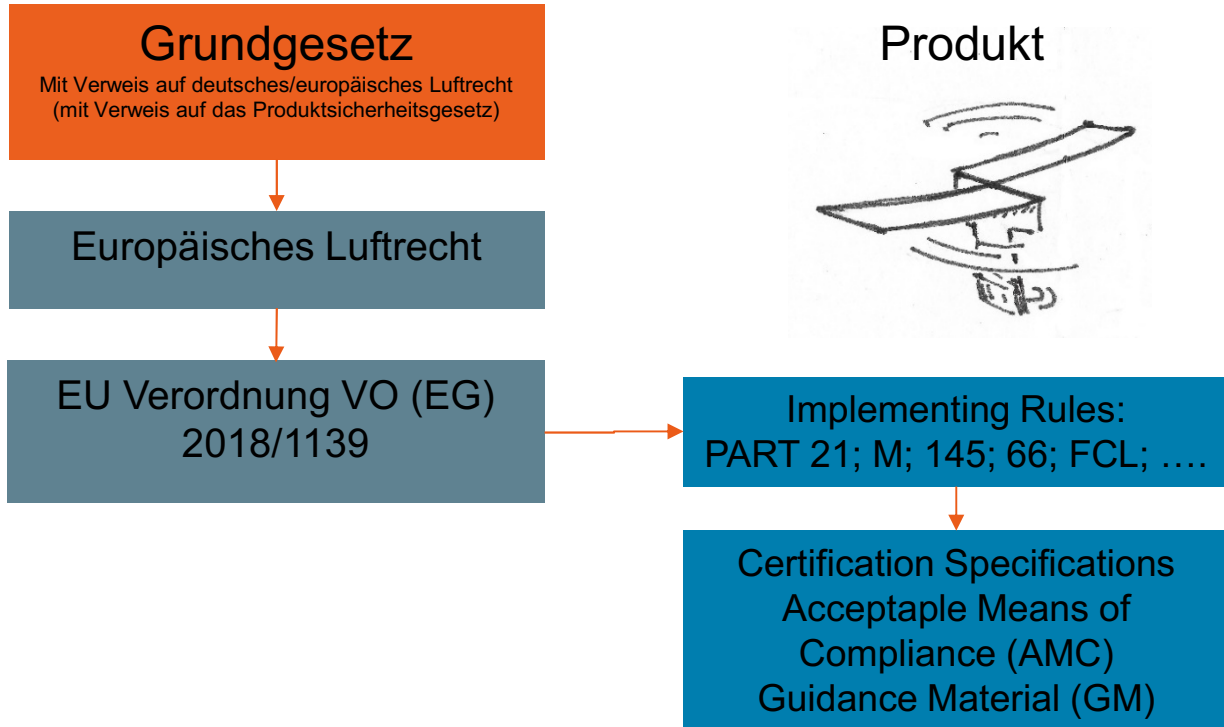
- sichere Durchführung mit vorheriger Systematischer Risikobewertung
- Technische Nachvollziehbarkeit
- Meist ein in der Entwicklung befindliches Topic

# Vortragsinhalt





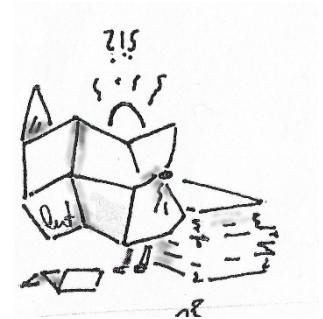
# Der Part 21 rechtliche Basis



## Der Part 21 Entwicklungsbetrieb

### Part 21J – Entwicklungsbetrieb (Design Organisation)

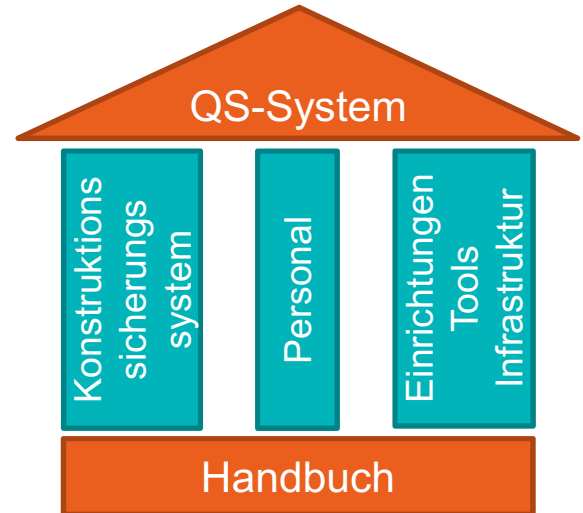
- Entwicklungsbetrieb bekommt von den Behörden das Privileg, Entwicklungen durchzuführen und diese zu zertifizieren (Musterzulassung).
- Dieses Privileg ist auch für “ergänzende” Musterzulassungen und Reparaturen notwendig (Weiterentwicklungen)
- Genehmigungsumfang (Privilegiumumfang) ist genau definiert
- Der Entwicklungsbetrieb bleibt für die Dauer des Betriebes/Nutzung einer Änderung für die Sicherstellung der Lufttüchtigkeit verantwortlich (Verpflichtung).  
(Ein Entwicklungsbetrieb kann auch die Musterzulassung zurückziehen – s. Bsp. Concorde)



## Der Part 21 Entwicklungsbetrieb

### Part 21J – Entwicklungsbetrieb Voraussetzungen

- Qualitätsicherungssystem:
  - Unabhängig und Entwicklungsbegleitend
- Tools Infrastruktur:
  - Validierbare Tools (CAD/FEM....); Ausreichende Kapazitäten
- Personal:
  - Ausreichend Qualifiziert; Kontinuierliche Fortbildung
- Konstruktionssicherungssystem:
  - 4 Augen Prinzip; Strukturiertes Vorgehen
- Basis:
  - Handbuch, Genehmigt durch Behörde; Verfahren/Prozesse



## Der Part 21 Entwicklungsbetrieb

### Part 21J – Entwicklungsbetrieb Voraussetzungen

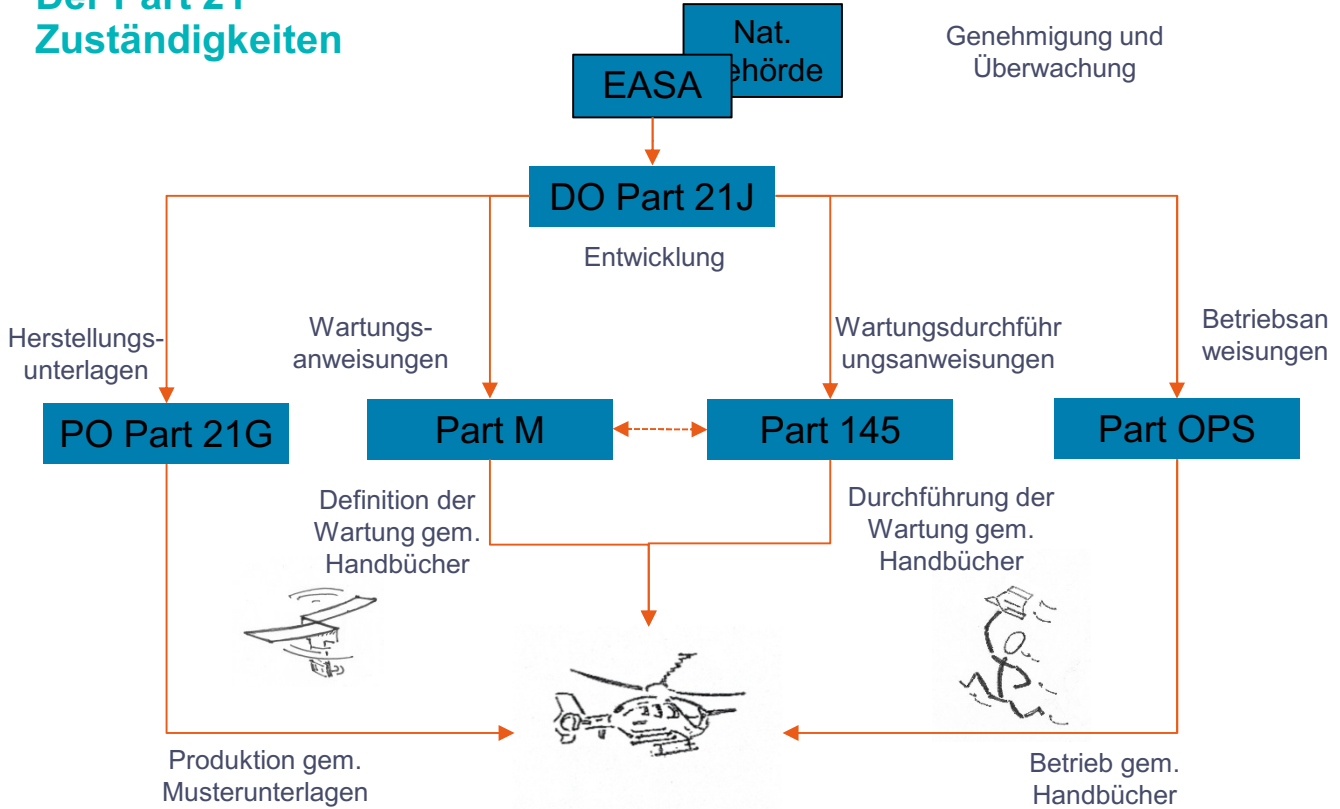
QS-System

Entwicklungsbegleitendes Qualitätssicherungssystem mit folgenden Merkmalen:

- 4 – Augenprinzip (Unabhängige Prüfung)
- + 2 Augen MPL/OoA (Sehr früh in den Prozessen installiert, so dass frühzeitige Erkennung von Fehlentwicklungen gegeben ist)
- Reporting System zum Abstellen von Fehlern (systemische Fehler und fachliche Fehler)
- Dokumentation der Prozesse und Verfahren, um korrekte Arbeitsweisen nachvollziehbar darstellen zu können
- Qualifikation/Weiterentwicklung des Personals entsprechend den technischen Neuerungen und Anforderungen zur Ausführung Ihrer Aufgaben



# Der Part 21 Zuständigkeiten



## Der Part 21 Flugversuch

### Ein Beispiel für Bauvorschriften:

- Beispiel CS 25.119:
- CS 25.119 Landing climb: all-engines operating
- In the landing configuration, the steady gradient of climb may not be less than 3.2%, with the engines at the power or thrust that is available 8 seconds after initiation of movement of the power or thrust controls from the minimum flight idle to the go-around power or thrust setting (see AMC 25.119); and
- (a) In non-icing conditions, with a climb speed of VREF determined in accordance with CS 25.125(b)(2)(i); and
- (b) In icing conditions with the “Landing Ice” accretion defined in Appendix C, and with a climb speed of VREF determined in accordance with CS 25.125(b)(2)(ii).

[Amdt. No.:25/3]



# Basis für Flight Test

## Bauvorschriften:

- **Beispiel CS 25.119: Landing climb: all-engines operating**

Diese Bauvorschrift wird vorher berechnet und abgeschätzt. Typischerweise wird der Nachweis mittels Flugversuch gegenüber den Behörden erbracht.

Ein Teil der gesetzlichen Anforderungen kann nur durch Flugversuche erfüllt werden



## Der Part 21 Flugversuch



### Gliederung Flugversuch

#### Flugversuch Kategorie

**Cat 1: Neues Muster oder Flüge  
außerhalb der Envelope  
(Envelopeerweiterung)**

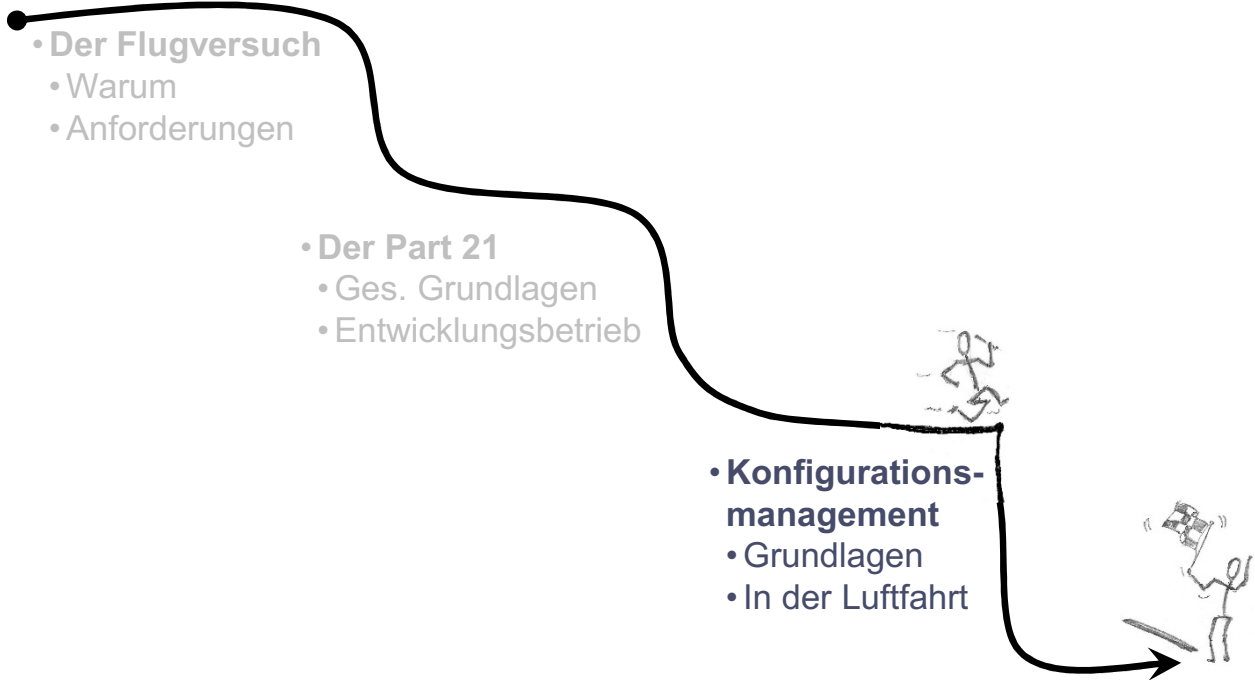
**Cat 2: innerhalb einer Definierten  
Envelope, nicht Zertifiziert**

**Cat 3: Einflug von neuen LFZ  
EASA/EU OPS**

**Cat 4: alle Flüge nicht Cat 1 oder 2**



# Vortragsinhalt



# Konfigurationsmanagement

## Allgemein

Steigende Produktkomplexität, und damit auftretende Probleme (z.B. Unbeherrschbarkeiten), erfordern eine eigene Managementdisziplin, die sich in den 50iger Jahren in der Luftfahrt und Raumfahrtindustrie entwickelt hat.

Diese Managementdisziplin hat sich nach und nach auch in anderen Industrien etabliert:

- Automobilbau
- Softwareentwicklung
- Medizintechnik
- ...



# Konfigurationsmanagement

## Allgemein

KM startet mit den ersten Entwicklungsschritten

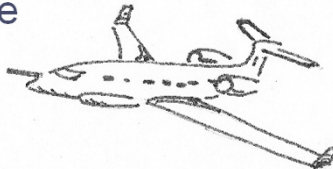


Mehrere definierte Phasen in einem Produktlebenszyklus:

- Definition von Konfigurationselementen
- Definition einer Zielkonfiguration
- Überwachung bei der Erstellung der def. Konfiguration
- Überwachung der Änderungen

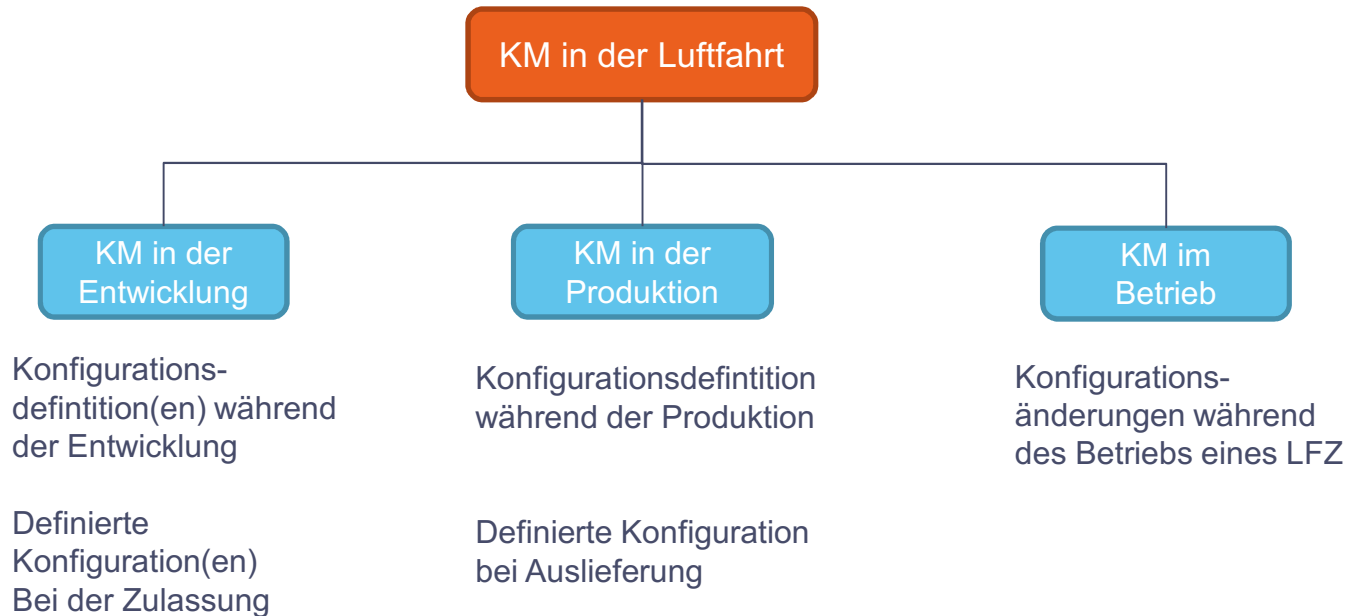


KM endet nach dem Ende des Produktlebenszyklus



# Konfigurationsmanagement In der Luftfahrt

## Grundlage:



# Konfigurationsmanagement In der Luftfahrt

## Grundlage:

Konfigurationsdefinition und Konfigurationskontrolle ist fester Bestandteil einer Musterzulassung oder ergänzenden Musterzulassung (Gesetzesvorgabe):

VERORDNUNG (EU) Nr. 748/2012  
Erteilung von Lufttüchtigkeits- und Umweltzeugnissen für  
Luftfahrzeuge und zugehörige Produkte - “Initial Airworthiness”

VERORDNUNG (EU) Nr. 1321/2014  
Aufrechterhaltung der Lufttüchtigkeit von Luftfahrzeugen und  
luftfahrttechnischen Erzeugnissen - “Continued Airworthiness”

# Konfigurationsmanagement In der Luftfahrt

## Ziel im Konfigurationsmanagement der Luftfahrt:

Jederzeit die Konfiguration eines Luftfahrzeuges benennen zu können um:

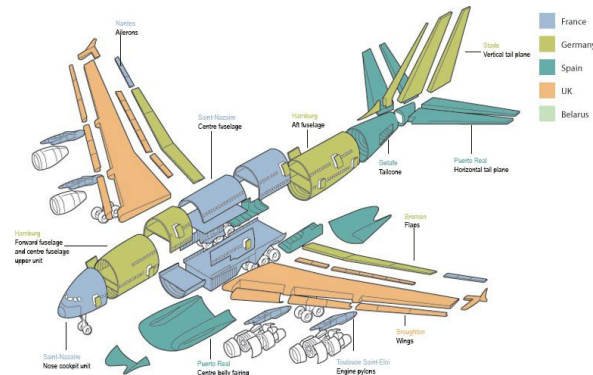
- “Initial Airworthiness” definieren zu können
- “Continued Airworthiness” sicherstellen zu können
- Bei “Systemanomalien” bestimmen zu können, ob und wie ein LFZ betroffen ist

# Konfigurationsmanagement In der Luftfahrt

## Ziel im Konfigurationsmanagement der Luftfahrt:

Definition der “Initial Airworthiness” gesamtes LFZ:

- Erstzulassung (durch einen Entwicklungsbetrieb)
- Das vom Prototyp abgeleitete Serienmuster – mit entsprechend definierten Konfigurationen. (Kundenspezifisch).
- Betriebsenvelope und entsprechende Limitationen



# Konfigurationsmanagement In der Luftfahrt

## Ziel im Konfigurationsmanagement der Luftfahrt:

Definition der “Continued Airworthiness”:



- Ein Muster hat bestimmte Intervalle Instandhaltung
- Modifikationen die verpflichtend sind, müssen implementiert werden

Aufrechterhaltung der Lufttüchtigkeit, für Teilnahme am Luftverkehr

Durch Part M und Part 145





# Konfigurationsmanagement In der Luftfahrt

## Ziel im Konfigurationsmanagement der Luftfahrt:

Bei “Systemanomalien” bestimmen zu können, ob und wie ein LFZ betroffen ist

### System nicht OK:

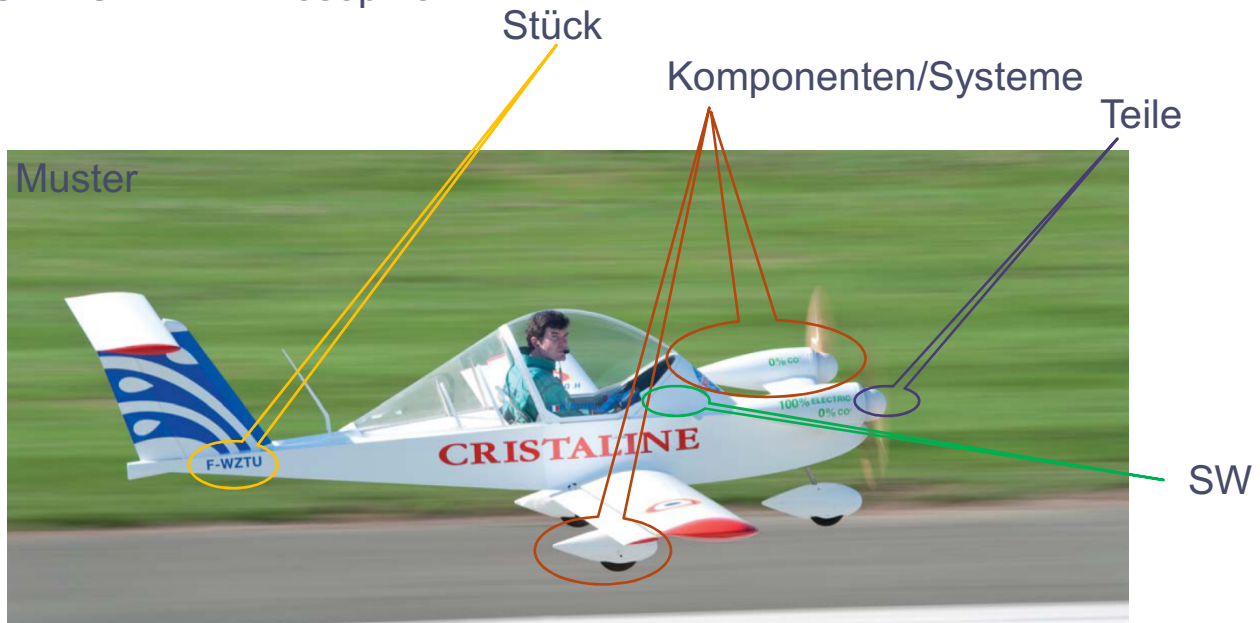
- Mit welchen anderen Systemen hat dieses Schnittstellen?
- Ist dieses System der Grund für das Vorkommnis?
- Ist ein anderes System der Grund für das Vorkommnis?
- Ist eine Kombination der Grund für das Vorkommnis?
- Wie kann man dem entgegenwirken, ohne möglicherweise auf andere Systeme Einfluss zu nehmen?



# Konfigurationsmanagement In der Luftfahrt

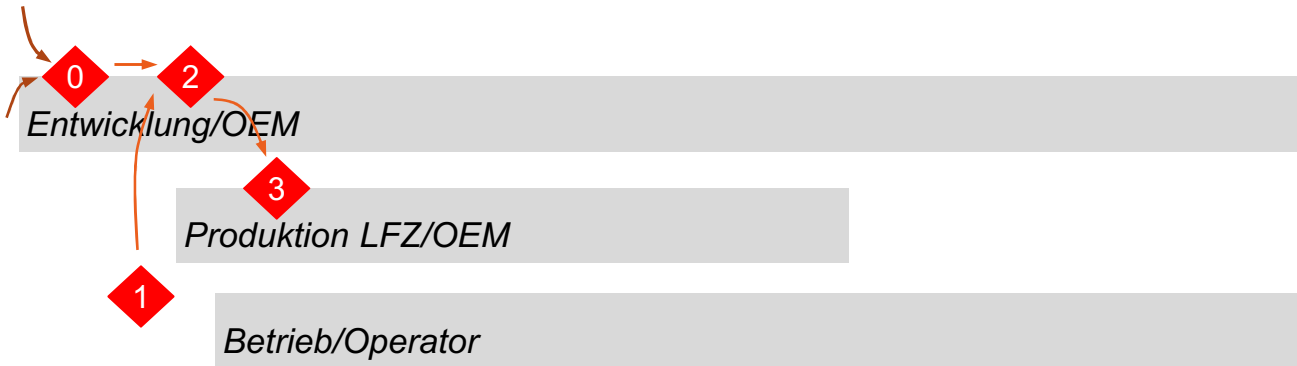
## Übliches Vorgehen

TOP DOWN – Philosophie:



# Konfigurationsmanagement In der Luftfahrt

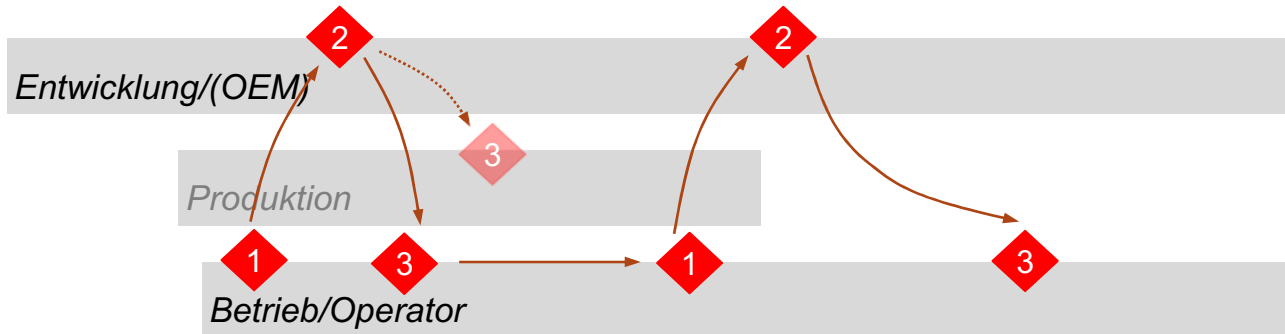
## Übliches Vorgehen (Übersicht) Herst. u. start Ops.



- |                              |  |
|------------------------------|--|
| 0: Konfigurationsdefinition: | Welche Eigenschaften soll das Muster bekommen                                |
| 1: Konfigurationsdefinition: | Spezifikation des LFZ für die Produktion<br>Anforderungen des Kunden/Nutzers |
| 2: Konfigurationsfreigabe:   | keine Systemkonflikte (Spezifikationsfreigabe)                               |
| 3: Konfigurationskontrolle:  | LFZ entspricht den Eigenschaften/Spezifikation                               |

# Konfigurationsmanagement In der Luftfahrt

## Übliches Vorgehen (Übersicht) Ops.



1: Konfigurationsdefinition:

eine Änderung wird notwendig -> neue Definition

2: Konfigurationsfreigabe:

Änderung beinhaltet keine Sys./techn. Konflikte

3: Konfigurationskontrolle:

LFZ entspricht der *neuen* Definition

# Konfigurationsmanagement In der Luftfahrt

## Konfigurationsmanagement im Flugversuch:

Jederzeit die Konfiguration eines Luftfahrzeuges benennen zu können um:

- Testfälle definieren zu können
  - Reproduzierbarkeit der Ergebnisse sicherstellen zu können
  - Definition von Messanlagen zu ermöglichen.
  - Sicherheitsrelevante Ereignisse analysieren zu können
  - “Know what You are testing” ist Sicherheitsrelevant
- 
- Viele Konfigurationsänderungen bei relativ wenig Flugzeit
  - Hohe Komplexität des gesamten “System LFZ” (inkl. Messanlagen)
  - neue Systeme (Modifikationen) deren Kompatibilität nicht vollumfänglich getestet
  - zus. Messinstallationen

# Beispiele

aus dem Flugversuch beim DLR



# 1.

Beispiel 1:  
Datenlinkerprobung auf der D228  
des DLR

- Neue Datenlinktechnologie:
- Hochfrequent und mit großer Bandbreite sowie mit guter und sicherer Qualität sowie hoher Zuverlässigkeit
- Verschlüsselung des Datenlinks
- Richtgenauigkeit des Systems
- Installation eines Datenlinks in ein LFZ



# 2.

Beispiel 2:  
Erprobung eines Sensorträgers an der EC  
135 FHS des DLR

Zusätzliche Installationsmöglichkeiten von  
verschiedenen Sensoren:

- Entwicklung eines Geräteträgers an der  
vorderen Querstrebe der Kufen
- Absolvierung von Bodentests
- Flugerprobung mit verschiedenen  
Beladungszuständen zur Feststellung  
des Einflusses auf die  
Flugeigenschaften





# 3.

## Beispiel 3: Demonstration der Fernführung mit VFW 614 ATTAS

Demonstration der Möglichkeiten mittels  
Datenlink eine UAV – Mission durch zu  
führen:

- Demonstration des Verlustes des  
Datenlink Kontakts (und  
Wiederherstellung des Datenlinks)
- Missionsänderungen
- Übergabe von einer Bodenstation zu  
einer weiteren Bodenstation
- Demonstration unter realen ATM  
Situationen



# 4.

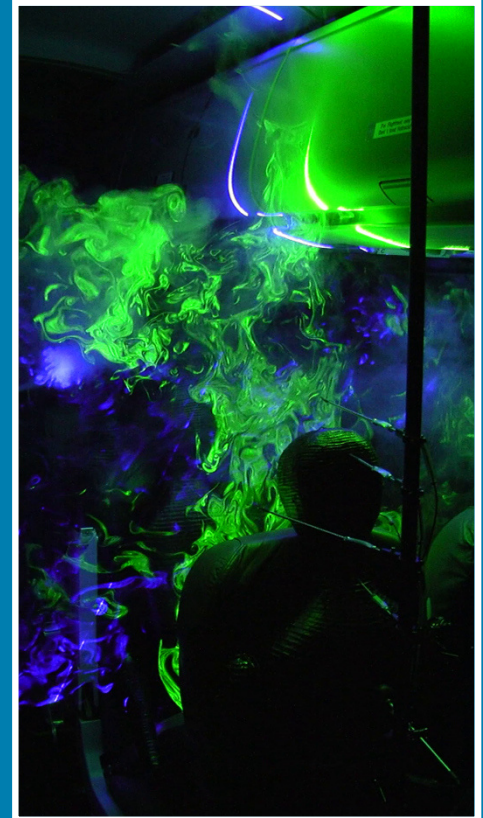
Beispiel 4:  
Demonstration eines neuen  
Klimatisierungskonzeptes der Kabine  
im A320 ATRA

**Ziel:**

- neues Klimatisierungskonzept zur Verbesserung der Kabinenbedingungen

**Herausforderungen:**

- Aufwendiger Umbau des Klimasystem das A320
- Aufwendige Messanlage
- Simulation des Menschen als Wärmequelle



# 5.

Beispiel 5:  
Rollen mittels eines elektrischen  
Bugradantriebs. Energie wird  
durch eine Brennstoff-zelle  
bereitgestellt

## Ziel:

- Demonstration des Konzeptes /  
Machbarkeit

## Herausforderungen:

- Interaktion BZ ↔ Motoren
- Ist Bugrad die richtige Wahl?



# 6.

Beispiel 6:  
Erforschung akustischer  
Transferpfade und Geräusch-  
entwicklungen in der Kabine

**Ziel:**

- Kenntnisse über akustische Transferpfade von außen nach innen

**Herausforderungen:**

- Hochgenaue Messtechnik mit aufwendiger Installation



# 7.

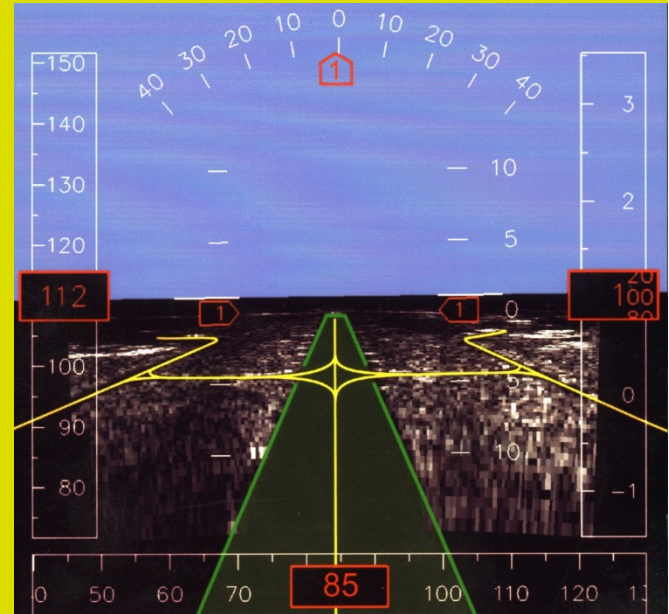
Beispiel 7:  
Fusion von Sensordaten zur  
Erkennung von Landebahnen (Radar /  
Infrarot / Video)

## Ziel:

- Validierung des Algorithmus
- aus Rohdaten automatische  
Erkennung der Landebahnen
- Validierung neuer Radartechnik

## Herausforderungen:

- Installation der Radartechnik am  
LFZ
- Veränderung der Flugeigenschaften  
des LFZ



# 8.

Beispiel 8:  
Erhebung von Pilotendaten zu einem  
neuartigen Anflugverfahren und  
unterschiedlicher Darstellung

## Ziel:

- Validierung der Fliegbarkeit des Verfahrens unter realen Bedingungen
- Statistische Erhebungen zur Arbeitsbelastung des Piloten
- Validierung verschiedener Anzeigemöglichkeiten

## Herausforderungen:

- Operative Integration in den laufenden Verkehr



alTRan