

0. Allgemeines / General

00 100 Einführung und Vorwort
/ Introduction

00 200 Hinweise für die Benutzer
/ Advice for the User

00 300 Gliederung
/ Document Structure

00 500 Stichwortverzeichnis
/ Key Word Index

1. Versuchsvorbereitung / Test Preparation

11 000-01 Vorgehensweise bei der Versuchsvorbereitung
/ Test Preparation Guideline

Voraussetzung für einen Flugversuch ist, daß das Erprobungsziel definiert ist. Dieses bestimmt die Versuchsmethode, woraus unter Beachtung der entsprechenden Richtlinien und Vorschriften die notwendigen Maßnahmen abzuleiten sind.

This chapter outlines the principle items to be taken into account in order to plan a flight test in a structured manner.

11 000-02 `JobOrder` - Ein Verfahren zum Beauftragen und Erfassen von Arbeiten an Erprobungsträgern
/ „Job Order“ – Method to instruct and record test vehicle modifications / activities

JobOrder ist ein Verfahren auf Datenbankbasis zur firmeninternen Kommunikation von Informationen über alle beauftragten und durchgeführten Arbeiten an Erprobungsträgern während des Erprobungsbetriebes.

Eine komplexe Freigabestruktur regelt die Berechtigungen für die verschiedenen Benutzer.

Das JobOrder Verfahren und eine beispielhafte Programmierung wird im Folgenden beschrieben. Das Datenbank-Programm selbst ist nicht enthalten.

JobOrder is a databased tool for the company internal communication of instructed and performed test vehicle modifications / activities during the test phases. Based on different user authorisations, a complex approval control can be realised. This chapter describes the JobOrder tool in general based on examples. The database software itself is not subject of this description.

2. Meß- und Auswertetechnik / Measurement and Analysis Technique

3. Flugeichungen / Flight Calibrations

31 000 Luftwerte
/ Air Data

<p>31 000-01 Kalibrierung der Luftwerte mit Hilfe eines Trägheitsnavigationssystems / Air data calibration based on an inertial navigation system</p>	
<p>Es wird ein Verfahren zur autonomen Kalibrierung der Luftwertesensoren beschrieben, für den Fall, daß das Flugzeug mit einem genau arbeitenden Trägheitsnavigationssystem (INS) ausgerüstet ist.</p> <p>Mit der hier vorgestellten Methode lassen sich die Sensoren für Anstellwinkel, Schiebewinkel und Pitot-Statik-Druck sehr genau kalibrieren. Zugleich werden Umfang und Aufwand der Kalibrierung im Fluge erheblich reduziert.</p> <p>Es werden Versuchsergebnisse aus der TORNA-DO-Erprobung als Beispiel angeführt und mit den Ergebnissen aus herkömmlichen (externen) Kalibriermethoden verglichen.</p>	<p>A method is described for the calibration of air data sensors purely based on an accurate inertial navigation system.</p> <p>This method provides a precise in-flight calibration of angle of attack, angle of sideslip, and total and static pressure with reduced effort. As an example, test results of the TORNADO flight test programme are provided and compared with standard calibration methods.</p>
<p>31 100 Anstellwinkel / Angle of Attack</p>	
<p>31 200 Schiebewinkel / Sideslip Angle</p>	
<p>31 200-01 Kalibrier- und Brückenauswahlverfahren zur Messung von Beanspruchungen im Fluge / Method for the type selection and calibration of strain gauges for flight test load measurement</p>	
<p>Zur Überprüfung der für die statische und dynamische Dimensionierung der Zelle angesetzten Lasten (diskrete Lasten und Lastkollektive) werden Fluglastmessungen durchgeführt. Diese erstrecken sich sowohl auf den Kurzzeitbereich (Flugerprobung eines neuen Musters) als auch auf den Langzeitbereich (typische Einsätze des Flugzeuges bei den Haltern).</p> <p>Hierzu wird das Flugzeug mit Dehnmeßstreifen ausgerüstet, die sinnvoll angeordnet und kalibriert werden müssen.</p> <p>Die hier vorgestellte Methode hat sich in der Praxis an verschiedenen zivilen und militärischen Flugzeugen bewährt.</p>	<p>Flight test load measurements are performed to prove the static and dynamic loads capability of the airframe design.</p> <p>This document provides a guideline for the type selection, location and calibration of the strain gauges and has been proven by various civil and military aircraft projects.</p>
<p>31 300 Statikdruck / Static Pressure</p>	
<p>32 000 Massedaten / Mass Properties</p>	
<p>32 000-01 Ermittlung der Änderung von Massedaten im Flugversuch / Determination of mass properties during flight test</p>	
<p>Für die Ermittlung von flugmechanischen Beiwerten und Derivativen ist die Kenntnis von Schwerpunktslagen, Trägheitsmomenten und Massen erforderlich.</p> <p>Es wird ein Verfahren beschrieben, das die fort-</p>	<p>The Center of Gravity, moment of inertia and masses are mandatory for the determination of flight mechanic parameters and derivatives. A method is provided to continuously calculate the center of gravity for all 3 axes, the 3 moments of inertia and the products of inertia. The procedure</p>

<p>laufende Berechnung der Schwerpunktlagen in den 3 Flugzeugachsen sowie der 3 Massenträgheitsmomente und der 3 Deviationsmomente ermöglicht.</p> <p>Das Verfahren ist so aufgebaut, daß die benötigten Versuchsdaten direkt vom digitalisierten Magnetband (Flugversuchsband) eingelesen und mit einem FORTRAN-Programm ausgewertet werden.</p>	<p>is based on a FORTRAN code.</p>
---	------------------------------------

32 000-51 Programminformationsblatt, Ermittlung der Änderung von Massedaten im Flugversuch
 / Software Info Sheet - Determination of mass properties during flight test

4. Flugleistungen / Flight Performance

41 000 Einzelleistungen
 / Individual Performance Parameters

41 000-01 Vorgehensweise bei der Erprobung des Flugzeugs als Gesamtsystem
 / Testing of an aircraft as an integral system

<p>Die Erprobung des Flugzeuges als Gesamtsystem erfordert nur einen verhältnismäßig geringen versuchs- und auswertetechnischen Aufwand, ohne besondere Kenntnisse vom Verhalten einzelner Komponenten (vor allem des Triebwerks).</p> <p>Von weiterem Vorteil ist, daß unmittelbar Kennfelder gewonnen werden, aus denen sich die Flugleistungen anschaulich ablesen lassen. Allerdings ist es hierbei nicht möglich, aus den Ergebnissen auf den Einfluß individueller Bauelemente zurückzuschließen oder die ermittelten Flugleistungswerte auf andere Standards der Zelle-Triebwerks-Kombination umzurechnen.</p> <p>Die in diesem Kapitel gesammelten Methoden sind somit nicht geeignet zur Weiterentwicklung eines Entwurfes. Sie werden aber bevorzugt dann angewendet, wenn es darum geht, gezielt und ohne besonderen Aufwand spezielle Einzelleistungen (z.B. die Steigflugleistungen, Horizontalflugleistungen oder andere) zu analysieren. Sie sind einfach anzuwendende Werkzeuge, wenn man weniger am Optimierungsgrad der verschiedenen Komponenten von Zelle und Triebwerk als an einer raschen Überprüfung der Flugleistungen des Gesamtentwurfes interessiert ist. Entsprechende Verfahren zur Ermittlung der Vortriebskraft (Flugzeugpolare), der Start- und Landeleistung sowie der Steigflug-, der Horizontalflug-, der Kurvenflug- und der Sinkflugleistung finden sich in [1]), wo die Theorie der Erprobung des Flugzeugs als Gesamtsystem im Kapitel 2 sehr ausführlich behandelt ist.</p>	<p>To test an aircraft as an integral system, requires neither a significant amount of experimental and data analysis efforts, nor component (i.e. powerplant) specific detail knowledge.</p> <p>As a result, this kind of testing provides aircraft flight performance maps, but does not allow to derive the influence of individual components or to extrapolate the results for other airframe-powerplant configurations.</p> <p>The methods shown in this chapter shall not be applied to further develop new design but are useful for the analysis of individual aircraft point performance parameters.</p>
---	--

41 100 Start- und Landestrecken
 / Take Off and Landing Distances

41 200 Steigflug

/ Climb	
41 300 Kurvenflug / Turn Flight	
41 400 Beschleunigung – Verzögerung / Acceleration – Deceleration	
41 500 Horizontalflug / Straight and Level Flight	
41 600 Sinkflug / Descent	
42 000 Gesamtleistungen / Overall Performance	
42 000-01 Vorgehensweise bei der Erprobung von Zelle und Triebwerk als Einzelsysteme Testing of an aircraft based on the individual airframe and powerplant performance	
<p>Bei der Erprobung des Flugzeuges über seine Einzelsysteme wird in aller Strenge zwischen den Leistungsanteilen der Zelle und denen des Triebwerkes unterschieden. Dieser Weg ist mit einem hohen Meß-, Kalibrier-, Software- und Rechenaufwand verbunden.</p> <p>Man erhält bei dieser Betrachtungsweise zum einen die Kennfelder für den Brennstoffverbrauch, den Luftdurchsatz und den Schub. Zum anderen gewinnt man Aussagen über die aerodynamischen Kräfte A und W (Auftrieb und Widerstand), die von der Zelle herrühren.</p> <p>Über den Auftrieb und Widerstand erhält man die Polare der Flugzeugzelle, welche in Verbindung mit den Triebwerksfeldern die Grundlage einer weiterführenden Flugleistungsrechnung darstellen.</p> <p>Die Vorgehensweise zur Ermittlung der Leistungsanteile von Zelle und Triebwerk findet sich in [1]) *, wo die Theorie der Erprobung des Flugzeugs über seine Einzelsysteme im Kapitel 3 sehr ausführlich behandelt ist.</p>	<p>To test an aircraft based on the individual performance of the airframe and the powerplant requires significant efforts for measurement, calibration, data handling and analysis.</p> <p>The benefit are correlations between individual airframe and powerplant performance parameters, the basis for further flight performance calculations.</p> <p>Refer to [1] for the basics of this method, described in a very detailed manner in chapter 3.</p>
42 100 Zelle / Airframe	
42 110 Auftriebs – Widerstandspolaren / Lift – Drag Polars	
42 110-01 Polarenermittlung aus stationären und instationären Flugmanövern / Determination of polars from steady-state and transient flight manoeuvres	
<p>Es wird ein Verfahren zur Ermittlung von Auftriebs- und Widerstandspolaren vorgestellt, das sowohl auf stationären als auch auf instationären Flugmanövern aufbaut.</p>	<p>A method is presented to determine the lift and drag polars, based on steady-state and dynamic flight manoeuvres.</p>

Die Einbeziehung der dynamischen Flugtechniken ermöglicht es, den Bereich von niedrigen bis zu den hohen Auftriebsbeiwerten innerhalb von wenigen Minuten mit einer großen Anzahl von Testpunkten zu erfassen.	The use of dynamic flight manoeuvres allows to determine the complete range of low and high lift coefficients with a large number of data samples in a short time.
42 120 Gesamtenergie / Total Energy	
42 200 Triebwerk / Engine	
42 210 TL-Triebwerk / Turbojet Engines	
42 210-01 Ermittlung des Schubes von TL-Triebwerken im Fluge / In-Flight Thrust determination of Turbojet Engines	
Der Schub resultiert aus den Impuls- und Druckkräften, die sich im inneren (durch das Triebwerk geführten) Luftstrom einstellen. Hierzu werden die theoretischen Zusammenhänge abgeleitet und die verschiedenen Schubdefinitionen einander gegenübergestellt. Daraus leiten sich die Schubermittlungsverfahren ab. Die Anwendung der gängigsten Verfahren wird an Hand von Beispielen behandelt.	The thrust results from momentum and pressure forces, caused by the airflow inside the engine. This paper explains the theoretical background and compares the various thrust parameter definitions. Methods of thrust determination are shown with examples.
42 210-02 Düsenkalibriermethode zur Schubbestimmung im Fluge / Nozzle Calibration for In-Flight Thrust Determination	
Es werden verschiedene Wege beschrieben, den Schub und andere Triebwerksgrößen durch im Fluge gemessene Parameter zu bestimmen. Hierbei wird durch den Grad der Spezialisierung bzw. der Vereinfachung der einen oder anderen Methode auf deren Anwendung hingedeutet. So ist z.B. für die schnelle Ermittlung des aktuellen Standschubes (= Standard-Bruttoschub, wichtig für die Berücksichtigung eines Triebwerksausfalls bei einem Überlaststart) lediglich eine einfache Routine erforderlich, die durch minimale Rechenzeit einen On-Line-Betrieb gestattet. Die Genauigkeit ist auch bei geringer Instrumentierung akzeptabel. Soll jedoch die Triebwerksleistung im gesamten Flugbereich bestimmt und schließlich die Flugzeugpolare ermittelt werden, ist ein aufwendigeres Rechenprogramm erforderlich. Die Triebwerke sollten einen höheren Instrumentierungsstandard haben und in der Höhenkammer kalibriert sein. Der Einfluß der Höhenkammerkalibrierung auf die Genauigkeit des Endergebnisses wird abschließend diskutiert.	Various methods are described to determine thrust and other engine parameters based on in-flight measurements. For a rapid determination of the total engine thrust, simple routines can be used and minimum engine instrumentation is acceptable. The engines which are used for In-Flight performance measurements, need to have a superior instrumentation standard and must have been calibrated in an altitude test facility The effect of this engine calibration on the achievable accuracy of the analysis results is finally discussed in this paper.
42 210-03 Model based Calculation of in Aircraft Thrust for the EJ200 Engine	

42 210-04 Determination of Aircraft Performance without an available Engine Thrust Deck applying EFMA (Excess Force Mass Acceleration) Flight Test Technique and Evaluation Method	
42 220 PTL-Triebwerk / Turbo Prop Engines	
42 230 Kolbenmotor / Piston Engines	
42 300 Hilfsgeräte / Auxiliary Devices	
43 000 Einlaufverträglichkeit / Intake Compatibility	
43 100-01 Ermittlung der Einlaufverträglichkeit bei Strahlflugzeugen / Determination of the intake compatibility for jet aircraft	
<p>Es werden Betrachtungen angestellt bezüglich der Erfüllung der Forderungen, die durch die Leistungsbewertung eines Schubsystems (Strahltriebwerk und Luftereinlauf in der Zelle integriert) erhoben werden.</p> <p>Der Anhang stellt eine Übersicht über eine von der MBB FLUGERPROBUNG (heute EADS) erarbeitete rechnergestützte Methode der Leistungsbewertung des Systems Luftereinlauf/Strahltriebwerk vor, angewandt auf das Kampfflugzeug PANA VIA TORNADO. Außerdem bringt er einen Auszug aus einem GENERAL ELECTRIC Referat über die von dieser Firma entwickelten Kennwerte für die Verträglichkeit Einlauf/Triebwerk.</p> <p>N.B. Die verwendeten Bezeichnungen und Indexe entsprechen nicht in allen Fällen der Norm. Der Grund hierfür liegt in der Tatsache, daß sie teils vom Triebwerkshersteller vorgegeben waren, teils ein rechnergerechtes Format zwingend vorgeschrieben war.</p>	<p>The requirements of an aircraft integrated jet engine intake are discussed.</p> <p>At first, the paper gives an overview about a method to describe the performance and compatibility of an integrated intake / engine system, based on PANA VIA TORNADO flight test experience. An overview about intake / engine compatibility parameters developed by GENERAL ELECTRIC is provided as well.</p> <p>Note: Not all described parameters and indices are according to common standards, caused by company internal standards and software requirements.</p>
5. Flugeigenschaften / Handling Qualities	
50 000-01 Grundsätzliches zum Vorgehen bei der Flugeigenschaftserprobung / General guideline for handling qualities testing	
<p>Die Ermittlung der Daten, um Flugeigenschaften ausreichend zu charakterisieren ist oft problematisch, da die entsprechenden Richtlinien nicht immer eindeutig festliegen.</p> <p>Der vorliegende Beitrag kann kein Konzept darstellen. Er soll jedoch dem Flugversuchingenieur eine Übersicht über die Vorgehensweise bei der Flugeigenschaftserprobung geben.</p> <p>Im Prinzip wird hier gezeigt, welcher Mindeststand an Informationen vorhanden sein sollte, um ein einigermaßen geschlossenes Bild der Eigenschaften eines Flugzeuges zu erhalten, ohne daß der</p>	<p>The provision of flight performance dynamics data must be based on clear definitions and requirements, which is not always the case. Also this paper cannot provide a comprehensive concept.</p> <p>However, it shall give a guideline for the general approach of flight performance dynamics experiments and about the minimum data required to enable acceptable results about aircraft capabilities, limiting the necessary efforts.</p>

erforderliche Erprobungsaufwand ins Uferlose ansteigt.	
51 000 Nicksteuerbarkeit, Längsstabilität / Pitch-, Longitudinal Stability	
51 100 Statische Längsstabilität / Static Longitudinal Stability	
51 200 Dynamische Längsstabilität / Dynamic Longitudinal Stability	
51 210 Anstellwinkelschwingungen / Short Period Modes	
51 210-01 Eigenfrequenz, Dämpfung und Eigenwerte von Anstellwinkelschwingungen / Resonance Frequency, damping and Eigenvalue of short period mode	
Für die Bestimmung von Eigenfrequenz und Dämpfung kurzperiodischer (Anstellwinkel-) Schwingungen werden zwei voneinander unabhängige Handauswerteverfahren bereitgestellt. Die Verfahren sind geeignet zur direkten Analyse von entsprechenden Quick-Look-Aufzeichnungen ($\alpha = f(t)$) des Flugversuchs. Bei entsprechender Sorgfalt im Ablesen der Meßdaten sind unter nur geringem Zeit- und Berechnungsaufwand sehr brauchbare Ergebnisse zu erzielen.	Two independent methods to determine the resonance frequency and the damping of the rigid body pitch mode are described. These methods can be applied for the direct analysis of "Quick-Look" recordings ($\alpha = f(t)$) during flight test and can provide useful results within short time scales, assuming a certain level of care interpreting the manual recordings.
51 210-02 Kenngrößen von Alpha-Schwingungen (Hinweisblatt) / Parameters of the short period mode	
Zur Ermittlung der Kenngrößen von Anstellwinkelschwingungen ist unter der Ordnungs-Nummer FV 54000-01 ein rechnerorientiertes Auswerteverfahren bereitgestellt. Mit diesem Verfahren können aus gemessenen Ausschwingvorgängen die Eigenwerte, Eigenvektoren sowie weitere interessierende Parameter wie Kennfrequenz, Dämpfungsgrad, Doppelwertzeit, Betragsverhältnisse und Phasenwinkeldifferenzen berechnet werden.	A calculation method is described to determine the parameters of short period alpha oscillations (refer to FV 54000-01). This method provides the eigenvalues, eigenvectors, characteristic frequency, attenuation and other parameters of interest (eigenfrequency, damping ratio, stability etc.) based on the measured swing-out transients.
51 220 Bahnschwingungen / Phugoid	
52 000 Giersteuerbarkeit, Seitenstabilität / Directional Stability	
52 100 Statische Seitenstabilität / Static Directional Stability	
52 100-01 Ermittlung der statischen Quer- und Richtungsstabilität / Determination of the static directional stability	
Die bei der Flugeigenschaftserprobung von Flugzeugen zur Bestimmung der statischen Quer- und Richtungsstabilität angewendeten Verfahren werden in einer Form beschrieben, die auf die Belan-	The paper describes the methods to determine the static directional stability in a practical manner for flight test application. Theoretical background of flight mechanics for side steering are pre-

<p>ge der Flugerprobungspraxis abgestimmt ist. Die notwendigen theoretischen Zusammenhänge zur Flugmechanik der Seitenbewegung werden im Hinblick auf den unmittelbaren Bezug zum Versuchsergebnis behandelt.</p> <p>Besonderer Wert wurde auf Analyse und Interpretation der Versuchsergebnisse gelegt, die gerade infolge der aerodynamischen Koppelung der Bewegungsformen in Roll- und Gierachse sehr sorgfältig erfolgen muß.</p>	<p>sented in a concise way to the flight test.</p> <p>The focus is on the analysis and interpretation of test results, which must be done very carefully due to the aerodynamic interaction between roll and yaw movements.</p>
<p>52 200 Dynamische Seitenstabilität / Dynamic Directional Stability</p>	
<p>52 210-01 Kenngrößen von Taumelschwingungen (Hinweisblatt) / Dutch Role parameters</p>	
<p>Zur Ermittlung der Kenngrößen von Taumelschwingungen ist unter der Ordnungs-Nummer FV 54000-01 ein rechnerorientiertes Auswerteverfahren bereitgestellt.</p> <p>Mit diesem Verfahren können aus gemessenen Ausschwingvorgängen die Eigenwerte, Eigenvektoren sowie weitere interessierende Parameter wie Kennfrequenz, Dämpfungsgrad, Doppelwertzeit, Betragsverhältnisse und Phasenwinkeldifferenzen berechnet werden.</p>	<p>A calculation method is described to determine the dutch roll parameters (refer FV 54000-01).</p> <p>This method provides the Eigenvalues, eigenvektors, characteristic frequency, damping and other parameters of interest based on the measured attenuation of oscillation.</p>
<p>52 400-01 Ermittlung der Rolleigenschaften von Starrflüglern / Determination of the roll performance of fixed-wing aircraft</p>	
<p>In diesem Beitrag werden in verallgemeinerter Form die bei der Flugeigenschaftserprobung eines modernen Kampfflugzeuges angewendeten Verfahren zur Ermittlung des Rollverhaltens beschrieben.</p> <p>Der Begriff Rollverhalten umfaßt die Eigenschaften und charakteristischen Leistungsmaße der Drehbewegung um die Rollachse des Flugzeugs, sowie die damit verbundenen Kopplungen in die Gier- und Nickachse.</p> <p>Die theoretische Seite der flugmechanischen Zusammenhänge wurde auf eine Form beschränkt, die einen unmittelbaren Bezug zum praktischen Versuchsergebnis und dessen Weiterverwertung aufweist.</p> <p>Die charakteristischen Größen zur Beschreibung des Rollverhaltens werden in einfacher Form dargestellt, ebenso die Rollkopplungseffekte.</p> <p>Besonderer Wert wurde auf die Versuchstechnik für die Erprobung des Rollverhaltens und die Interpretation der Versuchsergebnisse gelegt. Gerade bei den Bewegungen des Flugzeugs um die Roll- und Gierachse muß besonders umsichtig vorgegangen werden, um Fehldeutungen zu vermeiden.</p> <p>Neben den entsprechenden Anforderungen an die Meßtechnik wird die Pilotentechnik bei der Versuchsdurchführung beschrieben. Diese ist ausschlaggebend für die Konsistenz und Wiederhol-</p>	<p>The methods to determine the roll performance of a modern combat aircraft during flight test are described in a generic way.</p> <p>The roll performance describes the characteristic properties and performance of the aircraft roll movements, coupled with the yaw and pitch movements.</p> <p>The described theoretical background is limited to what is directly related to the measured results and the further thereof.</p>

<p>barkeit sowie Aussagefähigkeit der Ergebnisse. Auf die verschiedenen Forderungen der Flugeigenschaftsspezifikationen wird hingewiesen.</p>	
<p>53 000 Rollsteuerbarkeit / Roll Control</p>	
<p>53 100-01 Kenngrößen von aperiodischen Rollbewegungen (Hinweisblatt) / Parameters of non-oscillatory roll movements</p>	
<p>Zur Ermittlung der Kenngrößen von aperiodischen Rollbewegungen ist unter der Ordnungs-Nummer FV 54000-01 ein rechnerorientiertes Auswerteverfahren bereitgestellt.</p> <p>Mit diesem Verfahren können aus gemessenen Ausschwingvorgängen die Eigenwerte, Eigenvektoren sowie weitere interessierende Parameter wie Kennfrequenz, Dämpfungsgrad, Doppelwertzeit, Betragsverhältnisse und Phasenwinkeldifferenzen berechnet werden.</p>	<p>A calculation method is described to determine the non-oscillatory roll movements (refer FV 54000-01).</p> <p>This method provides the eigenvalues, eigenvectors, characteristic frequency, attenuation and other parameters of interest based on the measured time history.</p>
<p>54 000 Flugeigenschafts-Kennwerte / Stability and Control Parameters</p>	
<p>54 000-01 Ermittlung dynamischer Flugeigenschaftsgrößen aus gemessenen Ausschwingvorgängen / Determination of the dynamic flight properties based on the measured swing-out transients</p>	
<p>Zur Bestimmung von dynamischen Flugeigenschaftsparametern aus Flugversuchsdaten wurde ein rechnerorientiertes Auswerteverfahren entwickelt und als FORTRAN-Rechenprogramm bereitgestellt.</p> <p>Mit diesem Verfahren können aus den gemessenen Ausschwingvorgängen die Eigenwerte und Eigenvektoren von Anstellwinkelschwingung, Taumelschwingung, aperiodischer Rollbewegung usw. ermittelt werden und weitere interessierende Parameter wie Kennfrequenz, Dämpfungsgrad, Doppelwertzeit, Betragsverhältnisse und Phasenwinkeldifferenzen angegeben werden.</p>	<p>A FORTRAN programme to determine the dynamic flight properties based on flight test results is provided.</p> <p>This method provides the eigenvalues and eigenvectors of the short period, dutch roll, aperiodic roll movements etc. as well as characteristic frequency, attenuation and other parameters of interest.</p>
<p>54 000-02 Handauswerteverfahren zur Ermittlung flugmechanischer Derivativa / Manual analysis method to determine flight mechanical derivatives</p>	
<p>Es wird ein Handauswerteverfahren zur Ermittlung der Derivative $C_n\zeta$, $C_l\zeta$, C_{nr}, $C_l\xi$, $C_{m\eta}$, C_{lp}, $C_{l\beta}$, $C_{n\beta}$, C_{np}, C_{mq} und $C_{m\alpha}$ bereitgestellt.</p> <p>Das Verfahren ist auf die Bedürfnisse des Flugversuchingenieurs zugeschnitten, der schnell und ohne großen Aufwand hinreichend genaue Ergebnisse benötigt.</p> <p>Die Basis des Verfahrens sind spezielle, leicht zu fliegende Manöverfolgen und möglichst genaue Analogschriebe der Meßebe.</p>	<p>A manual analysis method is provided to determine the parameters $C_n\zeta$, $C_l\zeta$, C_{nr}, $C_l\xi$, $C_{m\eta}$, C_{lp}, $C_{l\beta}$, $C_{n\beta}$, C_{np}, C_{mq} and $C_{m\alpha}$.</p> <p>The method meets the requirements to be used by flight test engineers and provides acceptable results, based on special, easy flyable manoeuvres and analogue manual recordings.</p>
<p>6. Aeroelastik / Aero Elasticity</p>	

61 100-01 Standschwingungsversuch an Flugzeugen
/ Ground Vibration Test on Aircraft

Vor dem Hintergrund zahlreicher Flatterunfälle seit den Anfängen der Fliegerei besteht die Notwendigkeit, das aeroelastische Verhalten einer Flugzeugkonstruktion mittels einer Flatterrechnung zu analysieren und gegebenenfalls geeignete Gegenmaßnahmen zu ergreifen, um aeroelastische Stabilität unter allen Betriebsbedingungen zu gewährleisten. Derartige strukturdynamische und aeroelastische Untersuchungen basieren auf der Kenntnis der Eigenschwingungskenngrößen, um die Dynamik einer Konstruktion verstehen und beschreiben zu können.

Der Ermittlung der Eigenschwingungskenngrößen kommt deshalb während der gesamten Entwicklungsphase einer Konstruktion große Bedeutung zu. Die Eigenschwingungskenngrößen werden heute auf analytischem und experimentellem Weg ermittelt:

1. Während der Konstruktions- und Entwicklungsphase mit Hilfe von Rechnungen (im allgemeinen auf der Basis finiter Elemente, FE) aufgrund von Konstruktionsunterlagen.
2. Nach Fertigstellung des Prototyps durch Messungen.

Looking on several flutter accidents in the past, it is mandatory to calculate the aeroelastic behaviour of aircraft designs in order to provide measures for improvement and to ensure sufficient aeroelastic stability in all flight conditions.

Such investigations are based on the characteristic flutter parameters, in order to understand and to describe the dynamic behaviour.

63 100-01 Flatteruntersuchung bei Flugzeugen mit Außenlast
/ Flutter investigation of aircraft with external store

In dem vorliegenden Beitrag werden, ausgehend von der analytischen Darstellung des Flatterproblems, die wichtigsten Flugversuchsverfahren sowie Theorie und Praxis der Auswertemethoden zum Nachweis der Flattersicherheit beschrieben.

Durch die Verwendung digitaler Rechenanlagen in Verbindung mit der schnellen Fouriertransformation wurden bei der Analyse von Zeitsignalen bedeutende Fortschritte gemacht. Die Problematik und Wichtigkeit der eindeutigen Parameteridentifizierung für eine Struktur wird ausführlich behandelt. Beispiele für Fehlermöglichkeiten bei der Auswertung, herrührend aus der blockweisen, digitalen Datenverarbeitung, schlechten Erregung, verrauschten Meßsignalen sowie aus dem Analyseverfahren selbst, werden aufgezeigt.

Verschiedene Auswertemethoden und die Interpretation der Meßergebnisse werden beschrieben.

Based on the analytical description of the flutter problem, the main flight test methods including the theoretical background of the analysis methods to prove the flutter margin are provided.

The method benefits from the use of Fast Fourier Transform and computing systems.

Various potential error sources as i.e. poor excitation, timing effects of the digital data processing, noisy signals and systematical errors of the analysis method are discussed.

Various analysis methods and interpretation of the results are described.

7. Systeme / Systems

71 100-01 Integration und Flugerprobung AFDS am Beispiel Tornado
/ Integration and Flight test of the AFDS on the Tornado

Die Integration und Erprobung des Autopilot und Flight Director Systems AFDS in das Waffensystem Tornado begann im Jahre 1975 am Luftfahr-

The paper describes the integration into and the testing of the Autopilot and Flight Director Systems AFDS in the Tornado weapon system, start-

<p>zeug P04 mit den ersten Integrationstests, den sogenannten B-Tests. Die Haupt-Flugerprobung erfolgte zwischen 1976 und 1983 und es wurden dabei zahlreiche Verbesserungen am TF-Radar eingeführt, die Wiederholungsflüge erforderten.</p> <p>Die Erprobung wurde 1992 mit der Einführung der "Split-Axis-Control" bei den Luftwaffen abgeschlossen.</p> <p>Bei dem Autopilot und Flight Director Systems AFDS handelt es sich um einen digitalen Prozessrechner, der zweifach redundant aufgebaut ist.</p> <p>Die Verantwortung für die Anpassung der Software lag bei EADS (ehemals MBB).</p> <p>Neben den herkömmlichen Betriebsarten wie Lage, Höhen und Geschwindigkeitshaltung gibt es in Verbindung mit dem Bodenfolge-Radar den automatischen oder manuellen Geländefolgeflug. Diese Betriebsart stellte einen Schwerpunkt bei der Erprobung dar.</p> <p>Im Verlaufe der Erprobung wurden zahlreiche Modifikationen eingeführt, auf die im Einzelnen noch einzugehen sein wird. Es zeigte sich hierbei ganz deutlich, dass eine Systementwicklung zum Zeitpunkt der Integration nicht abgeschlossen sein kann, da erst im praktischen Betrieb während der Erprobung Mängel auftraten, die bei der Entwicklung nicht vorauszusehen waren.</p> <p>Außerdem ist eine Anpassung an Forderungen und Bedürfnisse der Besatzungen erst während der Erprobungsphase möglich.</p> <p>Diese Beschreibung dokumentiert die Erprobung des Autopilot und Flight Director Systems AFDS mit Methoden und Testtechniken, wie sie damals nach Stand der Technik möglich waren. Die verwendeten Testverfahren sind heute noch aktuell, jedoch entsprachen die Methoden zur Nachweissführung und Datengewinnung den damaligen technischen Möglichkeiten.</p> <p>In den nachfolgenden Kapiteln soll beschrieben werden, nach welchen Kriterien die Erprobung des Autopilot Systems durchgeführt wurde, welche Besonderheiten der einzelnen Betriebsarten zu beachten sind und welche Aspekte der Flugsicherheit eine Rolle spielen.</p>	<p>ing in 1975.</p> <p>During the test phase from 1976 to 1983, many improvements of the TF (Terrain Following) radar have been incorporated, followed by repeated test flights.</p> <p>The testing was finished with the introduction of the Split-Axis-Control in 1992.</p> <p>The autopilot and the flight director systems AFDS consisted of a double redundant digital computer.</p> <p>Apart from standard mods like attitude hold or airspeed hold, a main objective of the testing has been the TF flying in manual or automatic mode.</p> <p>During test a lot of modifications have been introduced. A major lesson learnt has been the fact, that a system development cannot be fully completed at the time of entry into service, because some faults are only identified during service operation.</p> <p>The paper describes test techniques and methods of AFDS which had been state of the art at that time.</p> <p>The test principles are still valid today, however, the modern IT technology would affect today's methods of data acquisition and verification.</p>
---	--

8. Festigkeits- und Belastungsgrößen / Strength and Load Parameters
--

9. Sonderuntersuchungen / Special Investigations
