



Calibration and Assessment of GPS – based Approaches in Germany

First Experiences and possible
improvements of the regulatory
requirements

By
Capt Thomas Wede
Aerodata Flight Inspection
GmbH

Introduction



- regulatory framework set by German MOT in 1998 (NfL II-97/98)
- with effect of 08 Oct 1998 first GPS Standalone Procedures published by DFS (AIC 14/98)
- Calibration Guidelines published by Regulator DFS under „Verfahrensweisung GNSS-NPA Flugvermessung“ in 1999



Legal Framework 1



- For this Type of Calibration the German MOT introduced a new Postholder:
- **The Flight Inspector**



<p>Ausweis Nr. / Licence Nr. 98115 3</p> <p>Name des Inhabers / Name of holder Wede Thomas</p> <p>eburtsdatum / Date of birth 09.10.1961</p> <p>eburtsort / Place of birth Celle</p> <p>Staatsangehörigkeit / Nationality deutsch</p> <p>Unterschrift des Inhabers / Signature of holder</p> <p>I. Ort und Ausstellungsdatum / Place and date of issue Langen 15.07.2003</p> <p>Luftfahrt-Bundesamt / Federal Aviation Authority Signature of issuer</p>	<p>IX. Erlaubnisse / Licences</p> <p>ENG. INBETRIEBH. FST auf FLM (§12 FSPAV)</p>	<p>XII. Berechtigungen / Ratings</p> <table border="1"> <tr> <td>Ausbilderberechtigung</td> <td>NPA/ISID - NPA-ISID-Flugvermessung</td> <td>> 15.07.05</td> </tr> <tr> <td>Überörtlich</td> <td></td> <td></td> </tr> </table>	Ausbilderberechtigung	NPA/ISID - NPA-ISID-Flugvermessung	> 15.07.05	Überörtlich		
Ausbilderberechtigung	NPA/ISID - NPA-ISID-Flugvermessung	> 15.07.05						
Überörtlich								

Legal Framework 2

Flight Inspector GNSS-NPA:



- Responsible for Calibration
- Requires a Background in Calibration Business:
- Commercial Pilot License / IR or ATPL
- 2 years Experience as PIC
- 400 hrs as PIC
- GPS Qualification
- Training as Flight Inspector (4 weeks course, Final Exam, 5 Calibrations under Supervision)



Braunschweig EDVE GPS26

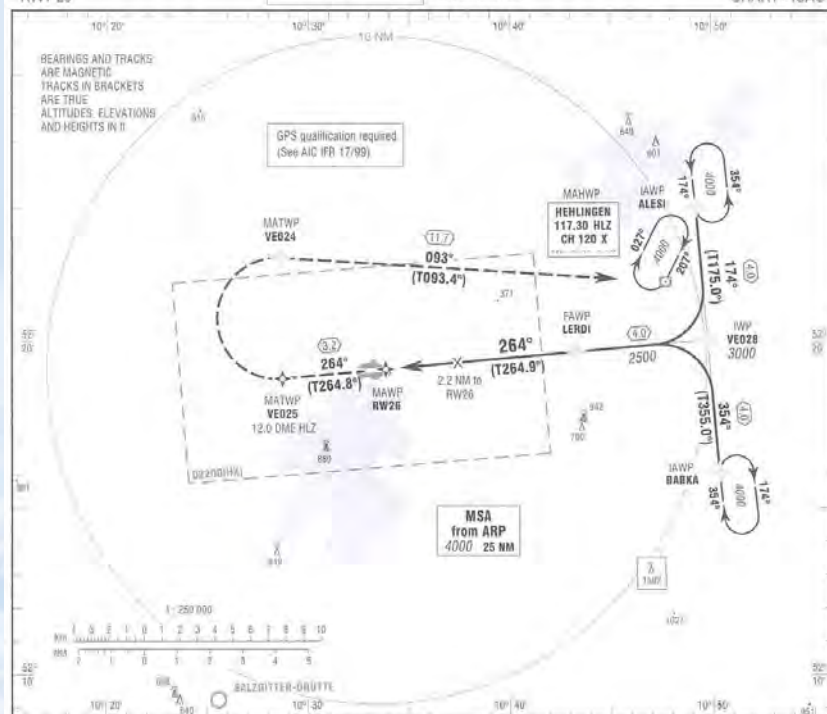
AD 2 EDVE 4-6-2
Effective: 18 MAR 2004

LUFTFAHRTHANDBUCH DEUTSCHLAND
AIP GERMANY

BRAUNSCHWEIG
RNAV (GPS)
RWY 26

TOWER 119.980
BREMER RADAR 131.325
ELEV 295
OCH RELATED TO
THR 26 ELEV 291
VAR 1° E

INSTRUMENT
APPROACH
CHART - ICAO

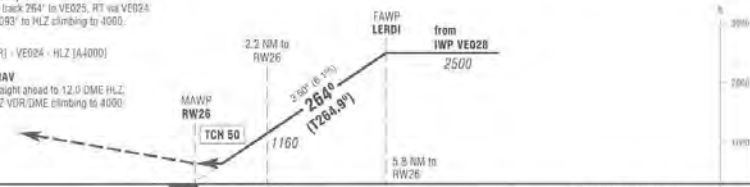


MISSED APPROACH PROCEDURE
RNAV (GPS)

Climb on track 264° to VEO25, RT via VEO24 on track 093° to HLZ climbing to 4000.

VEO25 (R) - VEO24 - HLZ (A4000)

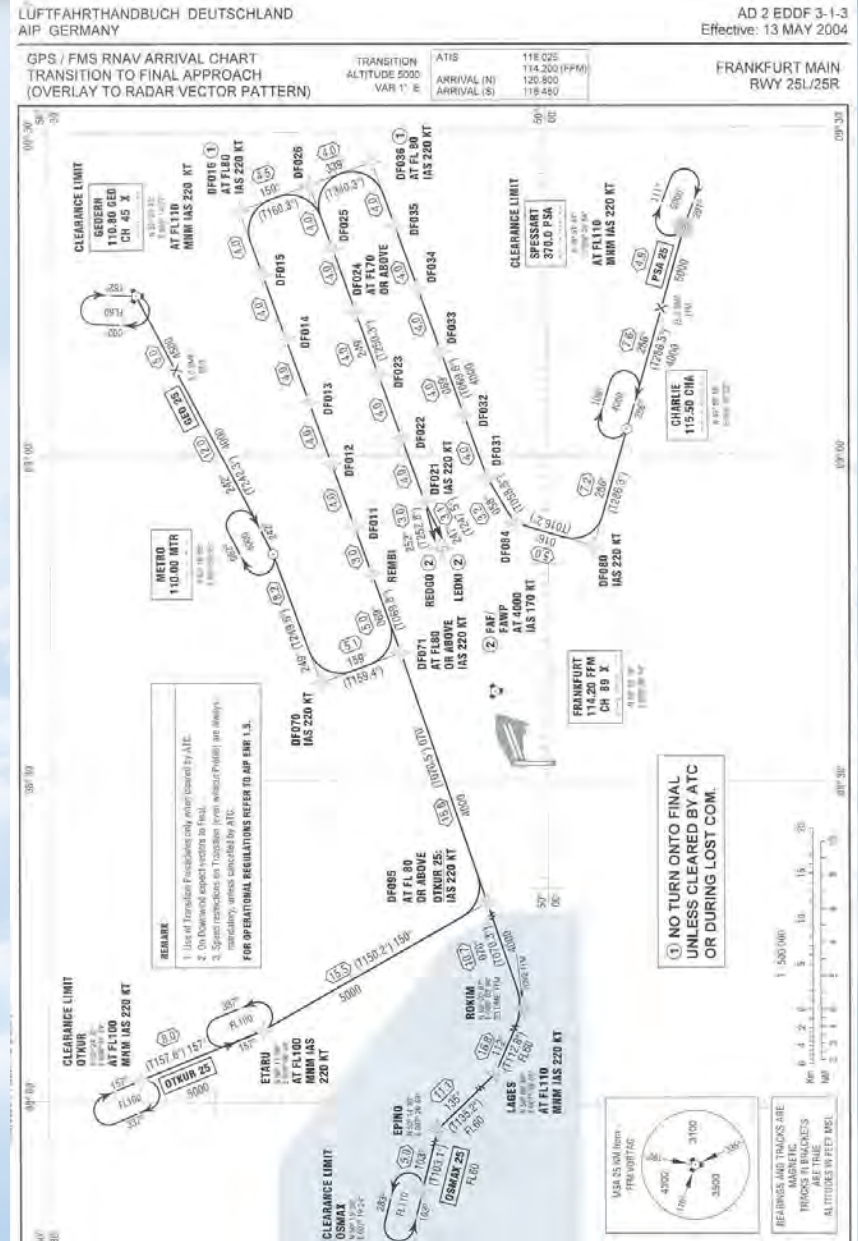
NON-RNAV
Climb straight ahead to 12.0 DME HLZ, RT to HLZ VOR/DME climbing to 4000



DCA (OCH)	A	B	C	D	DIST THR / RW26	1	2	3	4	5
GPS	670 (380)	670 (380)	670 (380)	670 (380)	ALTTITUDE	720	1090	1460	1830	2200
Timing not authorized for defining the MAWP:										
GS	xt	80	100	120	140	160	180			
LERDI - RW26 (5.8 NM)	MIN-SEC	4.21	3.29	2.54	2.29	2.11	1.56			
Rate of descent (6.1%)	ft / MIN	490	820	740	860	990	1110			



Frankfurt EDDF Rwy 25L / 25R





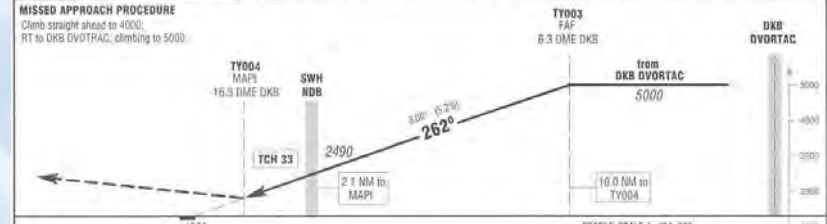
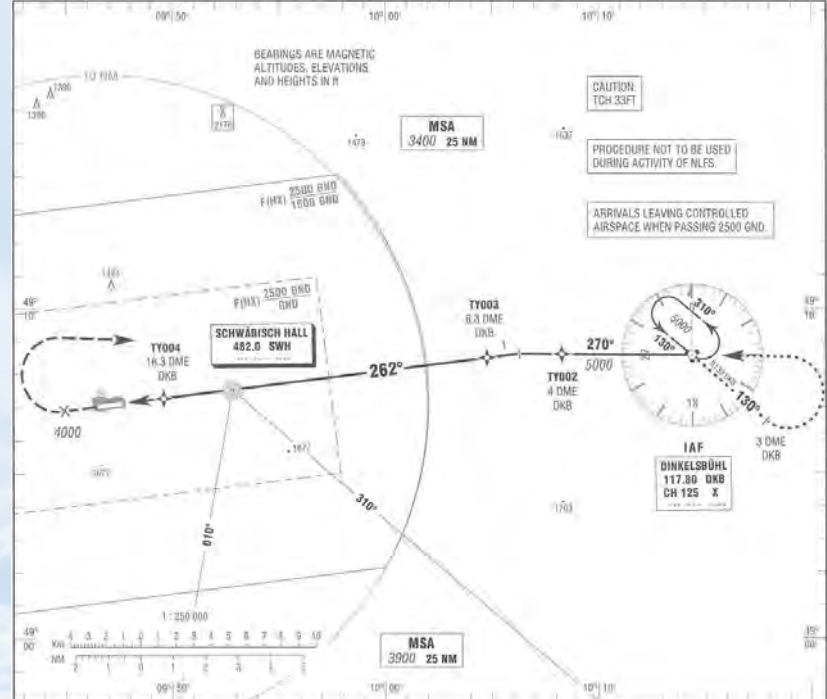
NDB (GPS Overlay)



Schwäb. Hall EDTY NDB (GPS) 25

AD 2 EDTY 4-4-1 Effective: 23 JAN 2003 LUFTFAHRTHANDBUCH DEUTSCHLAND AIP GERMANY

SCHWÄBISCH HALL- HESSENTAL NDB-DME (GPS) RWY 26 LANGEN RADAR SCHWÄBISCH HALL INFO 123.050 ELEV 1310 OCH RELATED TO THR 26 ELEV 1300 VAR 1°E INSTRUMENT APPROACH CHART - ICAO



OCA (OCH)	A	B														
NDB-DME (GPS)	1730 (430)	1730 (430)														

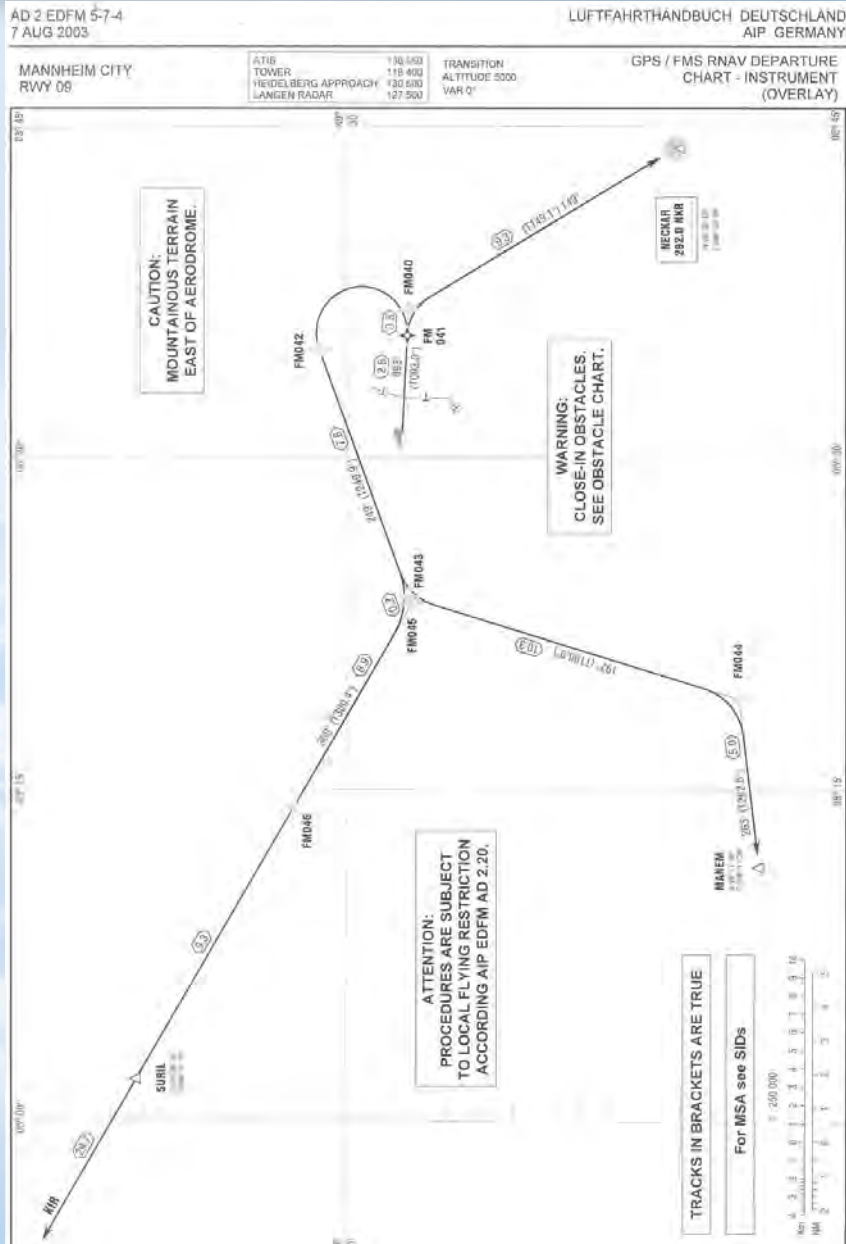
DME DKB	16	15	14	13	12	11	10	9	8	7
DIST THR	1.8	2.8	3.8	4.8	5.8	6.8	7.8	8.8	9.8	10.8
ALTITUDE	1910	2230	2550	2870	3180	3500	3820	4140	4460	4780

Timing not authorized for defining the MAP:							
GS	kt	80	100	120	140	160	180
SWH - MAPs (2.1 NM)	MIN/SEC	1:35	1:16	1:03	0:54	0:47	0:42
Rate of descent (5.2%)	f / MIN	420	530	640	740	850	960

SID (GPS Overlay)



Mannheim EDFM SID (GPS) 28



GPS Calibration Principles 1



- **Dilemma: GPS Calibration always a Spot Check**
- **GPS Calibration therefore focused on:**
 - * **Data Integrity**
 - * **Integrity of Data Processing**
 - * **Procedure Design**
 - * **Procedure Publication Process**
 - * **Flyability**
 - * **All Procedures flown with A/P and FMS**



- **Dilemma: Databases for FMS not available prior publication of new Procedures**

Reason: Legal and Liability Issues with
Database Provider and Database
Packer Provider (FMS Manufacturer)

- **Solution so far:**

**Procedure will be published;
1 Minute after Publication Date temporarily
suspended by NOTAM until flight checked**



Step 1:
Excerpt
from
DFS
Database

Flight Inspection Report
Routine-Flugvermessung Coburg-Brandensteinebene
RNAV (GPS) RWY 30 from LASGA

Status: Freigegeben am 11.12.2002 11:04:22 von Thomas Wede
File Number: 200201535

ID: TWEE-5GQDSP

General Information

Procedure: LASGA
Airport Code: EDQC
Aircraft: D-CACB

Dates

Begin: 16.10.2002 End: 16.10.2002
Final report: 06.11.2002

Check of the NAV Data Base: Coordinates

Effective Date AIP: 11.07.2002 Expiry Date NAV DB: 30.10.2002

Way Point/Pkt.-Bez.		AIP		Vorgabe	NAV DB	Vorgabe
LASGA (IAWP)	Lat.		ok	50 21 38,11 N	50 21,63 N	50 21,635 N
	Long.		ok	11 13 41,07 E	011 13,68 E	11 13,685 E
QC020 (TWP)	Lat.		ok	50 13 37,44 N	50 13,63 N	50 13,624 N
EDQC-QC020	Long.		ok	11 21 52,42 E	011 21,88 E	11 21,874 E
QC021 (IWP)	Lat.		ok	50 09 03,32 N		50 09,055 N
EDQC-QC021	Long.		ok	11 17 43,30 E		11 17,722 E
KOPUG (FAWP)	Lat.		ok	50 11 41,81 N		50 11,697 N
EDQC-KOPUG	Long.		ok	11 10 39,12 E		11 10,652 E
RW30 (MAWP)	Lat.		ok	50 15 37,92 N		50 15,632 N
EDQC-S30	Long.		ok	11 00 03,49 E		11 00,058 E
QC023 (MATWP)	Lat.		ok	50 18 21,44 N		50 18,357 N
EDQC-QC023	Long.		ok	10 52 40,66 E		10 52,678 E
QC024 (MATWP)	Lat.		ok	50 17 12,74 N		50 17,212 N
EDQC-QC024	Long.		ok	10 49 31,98 E		10 49,533 E
QC025 (MATWP)	Lat.		ok	50 09 39,80 N	50 09,67 N	50 09,663 N
EDQC-QC025	Long.		ok	10 49 22,57 E	010 49,37 E	10 49,376 E
LONLI (IAWP)	Lat.		ok	50 04 29,06 N		50 04,484 N
	Long.		ok	11 13 34,99 E		11 13,583 E



Step 2:
Get relevant Pages from AIP

Step 3:
Crosscheck Coordinates AIP vs. DFS Database (4 Eyes-Principle)

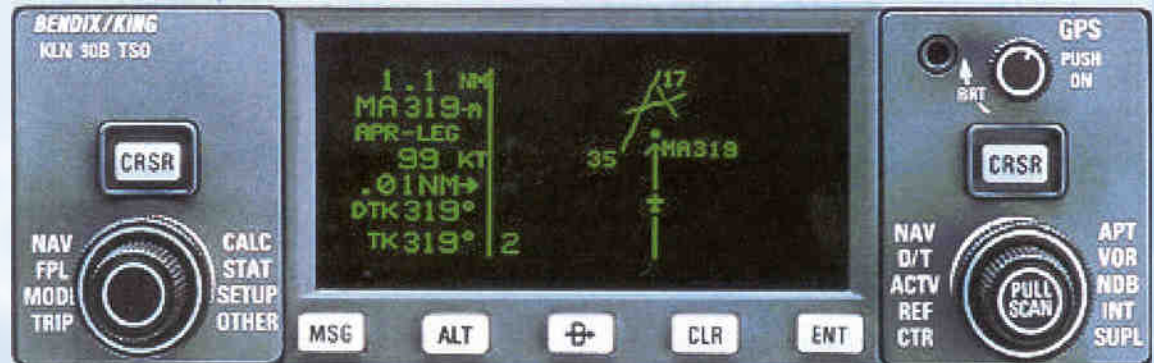
	CODING		DISPLAY	
RNAV (GPS) Approach to RWY 07 from WLD				
WLD (IAWP)	N 48 34 45.91	E 011 07 45.79	N 48 34.8	E 011 07.8
MA010 (TWP)	N 48 32 51.14	E 010 59 12.07	N 48 32.9	E 010 59.2
MA011 (TWP)	N 48 28 25.91	E 010 39 38.15	N 48 28.4	E 010 39.6
MA012 (IWP)	N 48 22 32.51	E 010 42 36.52	N 48 22.5	E 010 42.6
ABUSI (FAWP)	N 48 23 27.96	E 010 46 44.57	N 48 23.5	E 010 46.7
RW07 (MAWP)	N 48 25 24.19	E 010 55 24.78	N 48 25.4	E 010 55.4
MA013 (MATWP 7.0 DME AUG)	N 48 27 45.17	E 011 05 56.18	N 48 27.8	E 011 05.9
MA014 (MATWP)	N 48 29 30.18	E 011 07 49.17	N 48 29.5	E 011 07.8
WLD (MAHWP)	N 48 34 45.91	E 011 07 45.79	N 48 34.8	E 011 07.8
RNAV (GPS) Approach to RWY 07 from MAH				
MAH (IAWP)	N 48 15 48.35	E 011 18 42.93	N 48 15.8	E 011 18.7
MA001 (TWP)	N 48 28 29.42	E 011 09 19.78	N 48 28.5	E 011 09.3
MA010 (TWP)	N 48 32 51.14	E 010 59 12.07	N 48 32.9	E 010 59.2
MA011 (TWP)	N 48 28 25.91	E 010 39 38.15	N 48 28.4	E 010 39.6
MA012 (IWP)	N 48 22 32.51	E 010 42 36.52	N 48 22.5	E 010 42.6
ABUSI (FAWP)	N 48 23 27.96	E 010 46 44.57	N 48 23.5	E 010 46.7
RW07 (MAWP)	N 48 25 24.19	E 010 55 24.78	N 48 25.4	E 010 55.4
MA013 (MATWP 7.0 DME AUG)	N 48 27 45.17	E 011 05 56.18	N 48 27.8	E 011 05.9
MA014 (MATWP)	N 48 29 30.18	E 011 07 49.17	N 48 29.5	E 011 07.8
WLD (MAHWP)	N 48 34 45.91	E 011 07 45.79	N 48 34.8	E 011 07.8
RNAV (GPS) Approach to RWY 25 from WLD				
WLD (IAWP)	N 48 34 45.91	E 011 07 45.79	N 48 34.8	E 011 07.8
MA001 (IWP)	N 48 28 29.42	E 011 09 19.78	N 48 28.5	E 011 09.3
BUREG (FAWP 5.6 DME AUG)	N 48 27 16.76	E 011 03 51.08	N 48 27.3	E 011 03.9
RW25 (MAWP)	N 48 25 37.37	E 010 56 23.75	N 48 25.6	E 010 56.4
MA002 (MATWP 2.5 DME AUG)	N 48 24 43.87	E 010 52 24.00	N 48 24.7	E 010 52.4
MA003 (MATWP)	N 48 27 01.95	E 010 48 24.18	N 48 27.0	E 010 48.4
MA004 (MATWP)	N 48 30 32.74	E 010 49 22.48	N 48 30.5	E 010 49.4
WLD (MAHWP)	N 48 34 45.91	E 011 07 45.79	N 48 34.8	E 011 07.8
RNAV (GPS) Approach to RWY 25 from MAH				
MAH (IAWP)	N 48 15 48.35	E 011 18 42.93	N 48 15.8	E 011 18.7
MA001 (IWP)	N 48 28 29.42	E 011 09 19.78	N 48 28.5	E 011 09.3
BUREG (FAWP 5.6 DME AUG)	N 48 27 16.76	E 011 03 51.08	N 48 27.3	E 011 03.9
RW25 (MAWP)	N 48 25 37.37	E 010 56 23.75	N 48 25.6	E 010 56.4
MA002 (MATWP 2.5 DME AUG)	N 48 24 43.87	E 010 52 24.00	N 48 24.7	E 010 52.4
MA003 (MATWP)	N 48 27 01.95	E 010 48 24.18	N 48 27.0	E 010 48.4
MA004 (MATWP)	N 48 30 32.74	E 010 49 22.48	N 48 30.5	E 010 49.4
WLD (MAHWP)	N 48 34 45.91	E 011 07 45.79	N 48 34.8	E 011 07.8

GPS Calibration Procedures 3



Step 4:

- Get FMS



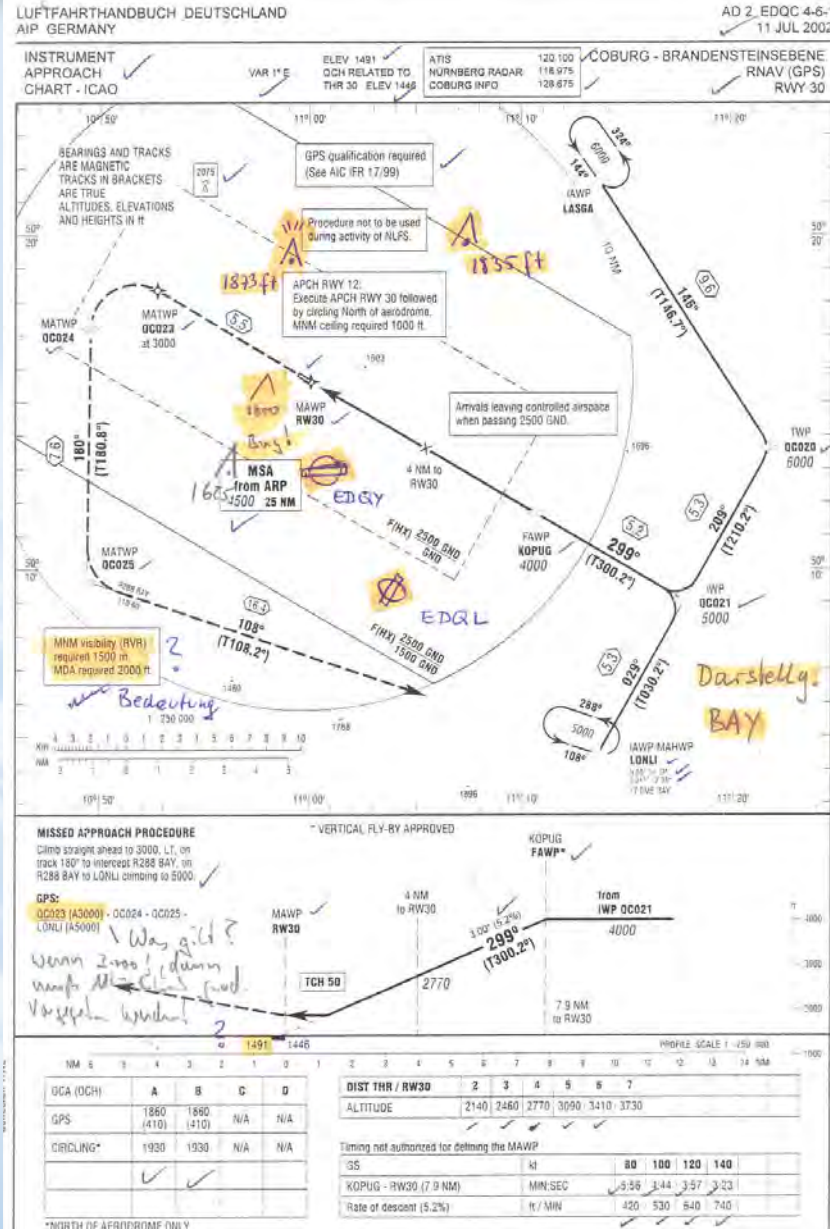
Step 5:

- Crosscheck FMS Coordinates, Tracks and Distances vs. AIP & DFS Database



Step 6:


- Verify Chart vs. Textual Description AIP





Step 7:

- Verify all Aspects covered by cross-reference to Checklist:

aerodata Checklist to verify Procedure Descriptions Flight Inspection			
Non Precision Approach Procedures			
Airport	Braunschweig	ICAO	EDVE Chart Date 27 NOV 2003
Rwy	08	Procedures	RNAV (GPS) RWY 08
Common Information <ul style="list-style-type: none"> <input type="checkbox"/> Verify: No AIP / AIRAC Amendments pending ! <input checked="" type="checkbox"/> Chart Designator <input type="checkbox"/> Procedure Type <input checked="" type="checkbox"/> Publication Date <input checked="" type="checkbox"/> Effective Date, if different <input type="checkbox"/> ATC Frequencies <input type="checkbox"/> Field Elevation <input checked="" type="checkbox"/> Elevation of Landing Treshold <input type="checkbox"/> Magnetic Variation <input checked="" type="checkbox"/> Lat./Long. Grid with Scaling <input type="checkbox"/> Symbol for Destination Runway <input checked="" type="checkbox"/> Restricted or Danger Areas <input type="checkbox"/> MSA Values and Reference Fix <input type="checkbox"/> Chart Scale <input checked="" type="checkbox"/> Position and Height of Obstacles <input checked="" type="checkbox"/> Highest Obstacle in Area charted <input checked="" type="checkbox"/> Special Notes (e.g. GPS Crew Qualification required) 		All Fixes, containing <ul style="list-style-type: none"> <input type="checkbox"/> Name ▶ and, if Navaid <input checked="" type="checkbox"/> Ident <input checked="" type="checkbox"/> Morse Code for aural Identification <input checked="" type="checkbox"/> Frequency (Channel if DME or TACAN) ▶ and, if Waypoint (non RNAV) <input type="checkbox"/> Bearing and Distance from Navaid ▶ and, if Waypoint (RNAV) <input checked="" type="checkbox"/> Type Fly-over or Fly-by <input type="checkbox"/> Bearing and Distance from Navaid, if applicable 	
Track of Approach Procedure <ul style="list-style-type: none"> <input type="checkbox"/> Sequence of Fixes <input checked="" type="checkbox"/> Bearing & Distance Fix to Fix <input type="checkbox"/> Minimum Altitudes <input checked="" type="checkbox"/> Textual Description of Missed App 		Vertical Profile of Approach <ul style="list-style-type: none"> <input checked="" type="checkbox"/> FAF / FAWP and MAPI / MAWP <input type="checkbox"/> Procedural & Final Approach Altitudes <input type="checkbox"/> Check Altitudes with Distances <input checked="" type="checkbox"/> Descent Gradient <input type="checkbox"/> Bearing Final Track 	
		Approach Minima <ul style="list-style-type: none"> <input type="checkbox"/> Definition of MAPI / MAWP <input checked="" type="checkbox"/> OCA(H) and MDA(H) for various aircraft categories and approach types (straight in or circling) <input checked="" type="checkbox"/> Weather Minima (Ceiling, Visibility) 	
Remarks		<p><i>- 2 Missed apps. Doc. Lesdunien (RNAV and Non-RNAV) (also non RNAV missed app. change - statt!)</i></p>	
Date checked	12.01.2004	Checked by	WES 

GPS Flight Check Principles



- Verify RAIM Status prior Takeoff
- All Procedures flown with A/P, FMS as Nav Source
- All Turns are Standard Rate Turns
- All Climbs with Minimum Climb Gradient, unless stated otherwise in Procedure
- **Dilemma:**
For what Type of Aircraft do we calibrate?
Single Engine A/C vs. 4-Engine Airliner
- **Solution:**
Certain Speeds on Calibration as well as Procedures laid out above represent average A/C



Step 8:

- Analyse Calibration Logs & Print outs from FIS (WPDE, Lat.Dis.Err)

Step 9:

- Write up Report (DFS Lotus Notes Database)

Flight Inspection Report Routine-Flugvermessung Coburg-Brandensteinebene RNAV (GPS) RWY 30 from LASGA

Status: Freigegeben am 11.12.2002 11:04:22 von Thomas Wede
File Number: 200201535

ID: TWEE-5GQDSP

Offline Validation

	KOPUG (FAWP)	RW30 (MAWP)	QC025 (MATWP)	QC023 (MATWP)		
WPDE: [m]	4 m	2 m		7 m		
Lat. Displ.: [m]	9 m	9 m		26 m		

Pilots rating of the GNSS-NPA approach procedure

No. of approaches:	1
Weather conditions:	Wind 190 / 5 Vis 2 - 8 Km -RA OVC 012 Temp 12 / 12 QNH 1004

Beurteilung des Anflugverfahrens

1. Darstellung des Verfahrens auf der Anflugkarte		
1.1	Die Anflugkarten geben das Anflugverfahren entsprechend wieder und sind leicht und zweifelstfrei zu interpretieren:	Nein
1.2	Die textliche Beschreibung des Fehlanflugverfahrens stimmt mit der Darstellung auf der Anflugkarte überein:	Ja
1.3	Die Flugwegdarstellung auf dem Flight Management System stimmt mit der Darstellung auf der Anflugkarte überein:	Ja
1.4	Wenn das Vermessungsflugzeug auf der Schwelle oder Landebahn steht, ist die Distanz zum MAWP kleiner gleich 0,1 NM:	Ja
1.5	Erfüllt die Kartendarstellung aus flugbetrieblicher Sicht alle Anforderungen:	Nein
2. Fliegbarkeit und Arbeitsbelastung des Piloten		
2.1	Der NPA-GPS-Anflug kann in Übereinstimmung mit normalen flugbetrieblichen Verfahren und unter Berücksichtigung der jeweiligen Flugzeugkategorie sicher durchgeführt werden:	Ja
2.2	Die für den Anflug verwendeten Systeme wie Funknavigationshilfen, Satellitenwegpunkte und Flugmanagementsysteme unterstützen in geeigneter Weise das Anflugverfahren:	Ja
2.3	Die Landebahn ist ausreichend markiert und beleuchtet:	Ja
2.4	Der Endanflug führt mit ausreichender Genauigkeit zum Aufsetzpunkt auf der Landebahn:	Ja
2.5	Das Höhenprofil ist mit normalen flugbetrieblichen Verfahren und unter Berücksichtigung der jeweiligen Flugzeugkategorie sicher und mit normaler Arbeitsbelastung fliegbar:	Ja
2.6	Die während des Anfluges auftretende Arbeitsbelastung ist akzeptierbar:	Ja
2.7	Die während des Fehlanfluges auftretende Arbeitsbelastung ist akzeptierbar:	Ja
3. Hindernisfreiheit		
3.1	Falls während des Anfluges neue, noch nicht in der Anflugkarte eingezeichnete Luftfahrthindernisse erkannt wurden, soll die Art und Ihre Position dokumentiert werden. (Aufgrund dieser Angaben soll eine genaue Bestimmung neuer Luftfahrthindernisse ermöglicht werden.) Sind sämtliche Hindernisse, die eine Gefährdung des Anfluges bedeuten, in der Anflugkarte dargestellt:	Nein
4. VHF Kommunikation		
4.1	War es während des gesamten Anfluges und des Fehlanflugverfahrens möglich, den Funksprechverkehr auf den für dieses Verfahren veröffentlichten Frequenzen (z.B. Tower und Approach) zu führen:	Ja
5. Übereinstimmung mit anderen Navigationshilfen		
5.1	Landekurs am Punkt B:	n.a.
5.2	Landekurs am Punkt A:	n.a.
5.3	Landekurs geschätztes Maximum:	n.a.
5.4	Landekurs Beurteilung:	n.a.
5.5	DME:	BAY
5.6	DME:	
5.7	NDB:	
5.8	NDB:	
5.9	VOR:	BAY
5.10	VOR:	



Flight Inspection Report Routine-Flugvermessung Coburg-Brandensteinebene RNAV (GPS) RWY 30 from LASGA

Status: Freigegeben am 11.12.2002 11:04:22 von Thomas Wede

File Number: 200201535

ID: TWEE-5GQDSP

Results

T/B-Freigabe Einstufung:

FI-Report: 1. Flyable without any restriction

FI-Report Remarks:

Zu 1.1:

- Remark in Karte "MDA required 2000 ft" unklar
- Angabe Airporthöhe / Treshold Alt im Vertikalprofil zweideutig (1491 und 1446 sehr dicht beieinander)
- Wesentliche Hindernisse sowie zwei weitere Flugplätze in Airportnähe nicht erfaßt! (siehe Anmerk. zu 1.5 unten)

Zu 1.5:

- Unklarheiten des Verfahrens unter 1.1 bereits beschrieben
- Wesentliche Hindernisse fehlen: die Burg links des Platzes mit 1600 ft! Extrem ernst zu nehmendes Hindernis!! Ferner fehlen: 1 Hindernis 3 Nm nördlich mit 1873 ft, 1 Hindernis 6 NM nordöstlich mit 1835 ft (siehe ICAO Karte)
- Es wäre sinnvoll, die Plätze EDQY sowie EDQL ebenfalls darzustellen. Insbesondere EDQY liegt nur ca. 2 NM südlich des Platzes!
- Darstellung BAY sollte deutlicher sein (siehe Kästchendarstellung mit allen Angaben in SID-Karte EDQC 5-7-5)

Zu 3.1:

- Auf fehlenden Hindernisse in Karte wurde unter 1.5 bereits hingewiesen. Das Fehlen der Burg mit 1600 ft in der Karte muß umgehend korrigiert werden, da diese insbesondere im Fehlanflugverfahren ein sehr ernstes Hindernis darstellt!

Die Ablage an Treshold wurde im Überflug verifiziert (EDQC für Starts und Landungen CACB zu kurz)

Signatures

Technician:

Pfeil, Sven (98288)

Performer:

Himmler, Klaus (98125)

Flight Inspector:

Wede, Thomas (98115)

Signature: 



- In general, no severe Errors found on GPS Standalone Procedures in Germany
- Minor Errors found on Charts
e.g. DME Distance vs. GPS Procedure Distance
- However, on Overlay Procedures (both NPA and SID), in part severe errors found in FMS Databases:
 - * Shortcuts
 - * Additional Waypoints in Procedure
 - * Procedure only available for one Category of Aircraft (e.g. C/D)



- Further to FMS Database Problems:
 - * Still no common Standard for Database Certification
 - * Standards (ED76 / DO200a) developed; Date of Implementation not clear
 - * until then, Operator is responsible for Integrity of Databases he uses !
 - * This Approach is impracticable and a massive Obstacle to expand PRNAV Procedures !



- **Some Approaches found to be challenging with regard to**

- * Complexity of Procedure

- * Obstacle Situation

- * Airport Layout (Runway Length etc.)

- Training on GPS Procedures has to be expanded and promoted, especially within General Aviation Community



- **Some Procedures found to be challenging with regard to**
 - * Complexity of Procedure
 - * Length of Procedure
 - * Initiating, Designing & Publishing of Procedure
- **Who owns the Procedure ???**

Conclusions



- GPS Calibration Procedures in Germany since 2001
- New Postholder / License: Flight Inspector
- Calibration focussed on Procedure Verification and Verification of Data Integrity, rather than checking Signal in Space
- Procedures all found to be Flyable
- On NPA, Overlay and SID Procedures in Part massive FMS Database Problems
- Certification Standards for FMS Databases have to be introduced ASAP, else massive Safety Problems when expanding Use of RNAV Procedures
- Training on GPS Procedures has to be promoted and expanded
- Open Issues of Ownership and cost of Procedures