Erstellung eines Datenerfassungssystems (DES) für den Flugplatz Mannheim City

gemäß dem „Gesetz zum Schutz gegen Fluglärm“ in der Fassung vom 31.10.2007

und der „Anleitung zur Datenerfassung über den Flugbetrieb (AzD 2008)“

Dokumentation der DES-Modellierung

Bremen, den 18. August 2010

Historie

Datum	Autor(en)	Bemerkungen
08.12.2009	Christian Schäffer	Dokumentation zum DES für den Flugplatz Mannheim City (EDFM) – Entwurf mit Anmerkungen
09.03.2010	Christian Schäffer	Einarbeitung von Review-Kommentaren, neue Prognosedaten und Statistik zur Sigma-Regelung (Entwurf)
03.05.2010	Christian Schäffer	Einarbeitung neuer Prognosedaten, Ergänzung des VFR-Streckenmodells
18.08.2010	Christian Schäffer	Entfernung Entwurfsvermerk zur Veröffentlichung

OTSD
OPTIMIZED TRAFFIC SYSTEMS DEVELOPMENT GMBH

Anne-Conway-Straße 2
D-28359 Bremen

Telefon +49(0)421/42 777-60
Telefax +49(0)421/42 777-69

info@otsd.de
www.otsd.de

Geschäftsführer:
Christian Schäffer

Bankverbindung:
Deutsche Bank AG, Bremen
BLZ 290 700 24
Konto 1237775

Amtsgericht Bremen
HRB 21923

USt-IdNr.: DE 234077734

Inhaltsverzeichnis

1 Einleitung 7

2 Datengrundlage 8

2.1 Angaben im Luftfahrthandbuch (AIP) 8

2.2 Flugbewegungsangaben 9

2.3 Flugplatz-Layout 12

2.4 Beschreibung der Flugstrecken 13

2.5 Flugverlaufsdaten (STANLY) 13

2.6 Matrix der bahnbezogenen Betriebsrichtungen 14

2.7 Topographisches Kartenmaterial 15

3 Erfassung der Flugplatzinfrastruktur 16

4 Modellierung der IFR-Flugstrecken 18

4.1 Vorgehensweise 18

4.1.1 Modellierung der IFR-Flugstrecken nach DFS-Vorgaben 18

4.1.2 Validierung des Modells anhand von STANLY-Daten 18

4.1.3 Aufbau dieses Kapitels 19

4.2 Betriebsrichtung West (27) 20

4.2.1 Anflugstrecken 20

4.2.1.1 ... Anflug auf RWY 27 von KETEG 23

4.2.1.2 ... Anflug auf RWY 27 von MANEM 24

4.2.1.3 ... Anflug auf RWY 27 von NORTH 25

4.2.1.4 ... Anflug auf RWY 27 von OLIVI 26

4.2.1.5 ... Anflug auf RWY 27 von RINEX 27

4.2.2 Abflugstrecken 29

4.2.2.1 ... Abflug von RWY 27 nach MANEM 31

4.2.2.2 ... Abflug von RWY 27 nach OLIVI 32

4.2.2.3 ... Abflug von RWY 27 nach RINEX 33

4.2.2.4 ... Abflug von RWY 27 nach ROLSO 34

4.2.2.5 ... Abflug von RWY 27 nach UMDAS 35

4.3 Betriebsrichtung Ost (09) 37
4.3.1 Anflugstrecken 37
4.3.1.1 ... Anflug auf RWY 09 von KETEG 38
4.3.1.2 ... Anflug auf RWY 09 von MANEM 38
4.3.1.3 ... Anflug auf RWY 09 von NORTH 39
4.3.1.4 ... Anflug auf RWY 09 von OLIVI 40
4.3.1.5 ... Anflug auf RWY 09 von RINEX 41
4.3.1.6 ... Anflug auf RWY 09 von SOUTH 42
4.3.1.7 ... Anflug auf RWY 09 von WEST 43
4.3.2 Abflugstrecken 44
4.3.2.1 ... Abflug von RWY 09 nach MANEM 46
4.3.2.2 ... Abflug von RWY 09 nach OLIVI 47
4.3.2.3 ... Abflug von RWY 09 nach RINEX 48
4.3.2.4 ... Abflug von RWY 09 nach ROLSO 49
4.3.2.5 ... Abflug von RWY 09 nach UMDAS 50
5 Modellierung der VFR-Flugstrecken 52
5.1 Flugbewegungen mit Flugzeugen 52
5.1.1 Anflugstrecken 52
5.1.2 Abflugstrecken 54
5.1.3 Platzrunden 56
5.2 Flugbewegungen mit Hubschraubern 57
5.2.1 Anflugstrecken 57
5.2.2 Abflugstrecken 58
5.2.3 Platzrunden 59
6 Quellenverzeichnis 60

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Angaben zum Flugplatz Mannheim City (AIP AD-2 EDFM 1-1 ff.) 8
Abbildung 2: Flugbewegungsdaten für IFR-Abflüge 9
Abbildung 3: Flugbewegungsdaten für IFR-Anflüge 10
Abbildung 4: Aufteilung der IFR-Anflüge anhand von Flugspuraufzeichnungen 10
Abbildung 5: Flugbewegungsdaten für VFR-Flugbewegungen (Flugzeuge) 11
Abbildung 6: Flugbewegungsdaten für VFR-Flugbewegungen (Hubschrauber) 11
Abbildung 7: Flugplatz-Layout EDFM 12
Abbildung 8: DFS-Darstellung der IFR-Flugstrecken (Beispiel) 13
Abbildung 9: Start- und Landebahn sowie Helikopterstart- und Landeplatz (OTSD-Modell) 16
Abbildung 10: LOC-Anflugverfahren RWY 27 (Datenlieferung DFS) 20
Abbildung 11: RNAV(GPS)-Anflugverfahren RWY 27 (Datenlieferung DFS) 21
Abbildung 12: IFR-Anflugstrecken RWY 27 (OTSD-Modell nach DFS-Vorgaben) 21
Abbildung 13: IFR-Anflugstrecken RWY 27 (OTSD-Modell) 22
Abbildung 14: IFR-Anflüge RWY 27 KETEG (OTSD-Modell) 23
Abbildung 15: IFR-Anflüge RWY 27 MANEM (OTSD-Modell mit Streckenvarianten) 24
Abbildung 16: Aufteilung der IFR-Anflüge RWY 27 MANEM nach Streckenvarianten 24
Abbildung 17: IFR-Anflüge RWY 27 NORTH (OTSD-Modell) 25
Abbildung 18: IFR-Anflüge RWY 27 OLIVI (OTSD-Modell mit Streckenvarianten) 26
Abbildung 19: Aufteilung der IFR-Anflüge RWY 27 OLIVI nach Streckenvarianten 26
Abbildung 20: IFR-Anflüge RWY 27 RINEX (OTSD-Modell mit Streckenvarianten) 27
Abbildung 21: Aufteilung der IFR-Anflüge RWY 27 OLIVI nach Streckenvarianten 28
Abbildung 22: IFR-Abflugstrecken RWY 27 (Datenlieferung DFS) 29
Abbildung 23: IFR-Abflugstrecken RWY 27 (OTSD-Modell nach DFS-Vorgaben) 29
Abbildung 24: IFR-Abflugstrecken RWY 27 (OTSD-Modell) 30
Abbildung 25: IFR-Abflüge RWY 27 MANEM (OTSD-Modell mit Streckenvarianten) 31
Abbildung 26: Aufteilung der IFR-Abflüge RWY 27 MANEM nach Streckenvarianten 32
Abbildung 27: IFR-Abflüge RWY 27 OLIVI (OTSD-Modell mit Streckenvarianten) 32
Abbildung 28: Aufteilung der IFR-Abflüge RWY 27 OLIVI nach Streckenvarianten 32
Abbildung 29: IFR-Abflüge RWY 27 RINEX (OTSD-Modell mit Streckenvarianten) 33
Abbildung 30: Aufteilung der IFR-Abflüge RWY 27 RINEX nach Streckenvarianten 34
Abbildung 31: IFR-Abflüge RWY 27 ROLSO (OTSD-Modell mit Streckenvarianten) 34
Abbildung 32: Aufteilung der IFR-Abflüge RWY 27 ROLSO nach Streckenvarianten 35
Abbildung 33: IFR-Abflüge RWY 27 UMDAS (OTSD-Modell mit Streckenvarianten) 35
Abbildung 34: Aufteilung der IFR-Abflüge RWY 27 UMDAS nach Streckenvarianten 36
Abbildung 35: Beschreibung lokaler DFS-Verfahren (Ausschnitt für Anflüge BR 09) 37
Abbildung 36: Anflugstrecken RWY 09 (OTSD-Modell auf Basis von STANLY-Daten) 37
Abbildung 37: IFR-Anflüge RWY 09 KETEG (OTSD-Modell) 38
Abbildung 38: IFR-Anflüge RWY 09 MANEM (OTSD-Modell) 38
Abbildung 39: IFR-Anflüge RWY 09 NORTH (OTSD-Modell mit Streckenvarianten) 39
Abbildung 40: Aufteilung der IFR-Anflüge RWY 09 NORTH nach Streckenvarianten 39
Abbildung 41: IFR-Anflüge RWY 009 OLIVI (OTSD-Modell) 40
Abbildung 42: IFR-Anflüge RWY 09 RINEX (OTSD-Modell mit Streckenvarianten) 41

Abbildung 43: Aufteilung der IFR-Anflüge RWY 09 RINEX nach Streckenvarianten 41
Abbildung 44: IFR-Anflüge RWY 09 SOUTH (OTSD-Modell) 42
Abbildung 45: IFR-Anflüge RWY 09 WEST (OTSD-Modell) 43
Abbildung 46: IFR-Abflugstrecken RWY 09 (Datenlieferung DFS) 44
Abbildung 47: IFR-Abflugstrecken RWY 09 (OTSD-Modell nach DFS-Vorgaben) 44
Abbildung 48: IFR-Abflugstrecken RWY 09 (OTSD-Modell) 45
Abbildung 49: IFR-Abflüge RWY 09 MANEM (OTSD-Modell) 46
Abbildung 50: IFR-Abflüge RWY 09 OLIVI (OTSD-Modell mit Streckenvarianten) 47
Abbildung 51: IFR-Abflüge RWY 09 RINEX (OTSD-Modell mit Streckenvarianten) 48
Abbildung 52: Aufteilung der IFR-Abflüge RWY 09 RINEX nach Streckenvarianten 49
Abbildung 53: IFR-Abflüge RWY 09 ROLSO (OTSD-Modell mit Streckenvarianten) 49
Abbildung 54: Aufteilung der IFR-Abflüge RWY 09 ROLSO nach Streckenvarianten 49
Abbildung 55: IFR-Abflüge RWY 09 UMDAS (OTSD-Modell mit Streckenvarianten) 50
Abbildung 56: Aufteilung der IFR-Abflüge RWY 09 UMDAS nach Streckenvarianten 51
Abbildung 57: VFR-Anflugstrecken für Flugzeuge (Nahbereich – RWY 09 und 27) 52
Abbildung 58: VFR-Anflugstrecken für Flugzeuge (RWY 09 und 27) 53
Abbildung 59: VFR-Abflugstrecken für Flugzeuge (Nahbereich – RWY 09 und RWY 27) 54
Abbildung 60: VFR-Abflugstrecken für Flugzeuge (RWY 09 und RWY 27) 55
Abbildung 61: Platzrunden für Flugzeuge (RWY 09 und RWY 27) 56
Abbildung 62: Anbindung der VFR-Anflugstrecken für Hubschrauber 57
Abbildung 63: VFR-Abflugstrecken für Hubschrauber 58
Abbildung 64: Platzrunde für Hubschrauber 59

Abkürzungsverzeichnis

AIP	Aeronautical Information Publication (Luftfahrthandbuch)
AzB	Anleitung zur Berechnung von Lärmschutzbereichen
AzD	Anleitung zur Datenerfassung über den Flugbetrieb
DES	Datenerfassungssystem
DFS	Deutsche Flugsicherung
FANOMOS	Flight Track and Aircraft Noise Monitoring System
ft	Fuß (Maßeinheit)
IFR	Instrument Flight Rules (Instrumentenflugregeln)
ILS	Instrument Landing System (Instrumentenlandesystem)
LOC	Localizer (Landekurssender)
NM	Nautische Meile (Maßeinheit)
OTSD	Optimized Traffic Systems Development
RWY	Runway (Start- und Landebahn)
SID	Standard Instrument Departure
STAR	Standard Arrival Route
STANLY	Statistics and Analysis (System)
UTM	Universal Transverse Mercator
VFR	Visual Flight Rules (Sichtflugregeln)
WGS84	World Geodetic System 1984

1 Einleitung

Das „Gesetz zum Schutz gegen Fluglärm“ in der Fassung der Bekanntmachung vom 31.10.2007 (BGBl. I S. 2550) bestimmt, dass die Fluglärmbelastung in der Umgebung bestimmter Flugplätze unter Berücksichtigung von Art und Umfang des voraussehbaren Flugbetriebs zu ermitteln ist.

Der Flugplatz Mannheim City (EDFM) fällt mit einer jährlichen Flugbewegungszahl von über 25.000 unter diese Regelung und ist damit verpflichtet, ein Datenerfassungssystem (DES) nach der 2008 novellierten "Anleitung zur Datenerfassung“ (AzD 2008) vorzulegen.

Im April 2009 wurde OTSD vom Umweltministerium des Landes Baden-Württemberg beauftragt, dieses DES zu erstellen. Ein erster Entwurf des DES wurde im Dezember 2009 vorgelegt. Die weitere Abstimmung bzw. Erzeugung der notwendigen Eingangsdaten konnte bis Ende April 2010 abgeschlossen und das vorliegende DES fertig gestellt werden.

Für das Projekt wurde ein von OTSD entwickeltes Software-System eingesetzt, das den Prozess der DES-Erstellung von der Datenerhebung, über die Modellierung und Qualitätssicherung des DES-Modells, bis zur Erzeugung der amtlichen „Datenblätter für Flugplätze“ gemäß AzD optimal unterstützt.

Diese Dokumentation soll die im DES modellierten Daten über den Flugbetrieb am Flugplatz Mannheim City im Prognosejahr 2020 erläutern und dokumentieren. Sie beschreibt, wie die Modellierung der Flugplatzinfrastruktur sowie der Roll- und Flugstrecken durch OTSD erfolgt ist.

In Kapitel 2 werden zunächst alle Daten aufgezählt, die OTSD zur Erstellung des DES zur Verfügung standen. Des Weiteren wird erläutert, wie diese bei der DES-Modellierung berücksichtigt wurden.

Kapitel 3 beschreibt den Aufbau des durch OTSD erstellten Modells der Flugplatzinfrastruktur, insbesondere der Start- und Landebahn, Rollwege und Abstellpositionen. Das folgende Kapitel 4 geht detailliert auf die Modellierung der Flugstrecken nach Instrumentenflugregeln (IFR) ein, während in Kapitel 5 die Sichtflugstrecken (VFR) beschrieben werden. Abschließend sind wesentliche Daten- und Rechtsquellen zusammengefasst (Kapitel 6).

2 Datengrundlage

In diesem Kapitel werden die für das DES als Datengrundlage verwendeten Quellen genannt und kurz beschrieben.

2.1 Angaben im Luftfahrthandbuch (AIP)

Für die Beschreibung bzw. Modellierung der allgemeinen Flugplatzdaten, des Flugplatz-Layouts sowie der Flugstrecken (ergänzend zu den detaillierten Vorgaben der Deutschen Flugsicherung DFS) wurde das Luftfahrthandbuch Deutschland (Aeronautical Information Publication, AIP) der Deutschen Flugsicherung (DFS) in der aktuellen Fassung (letzte Aktualisierung vom 5. November 2009) verwendet.

Im Luftfahrthandbuch sind für den Flugplatz Mannheim City (Abschnitt AD-2 EDFM) ab Seite 1-1 allgemeine Angaben zu finden, von denen der Flugplatzbezugspunkt, die Platzhöhe sowie die Daten der Start- und Landebahn für das DES relevant sind.

LUFTFAHRTHANDBUCH DEUTSCHLAND — AD 2 EDFM 1-1
AIP GERMANY — 30 JUL 2009

EDFM AD 2.1 Aerodrome Location Indicator and Name

EDFM Mannheim City

EDFM AD 2.2 Aerodrome Geographical and Administrative Data

1	ARP coordinates and site at AD	N 49 28 21.74 E 008 30 51.35 -
2	Direction and distance from city	3,5 km (1.9 NM) E city centre
3	Elevation/Reference temperature	309 ft / 26.6°C
4	MAG VAR/Annual change	1.0° E (2008,04) / -
5	AD Administration, address, telephone, telefax, telex, AFTN	Rhein-Neckar Flugplatz GmbH Flugplatz 68163 Mannheim Tel.: 0621 41939-0 (Airfield) 06321 186805, 0175 8695258, 0172 8818169, 0172 9774242, 0170 5234335, 0151 22631006, 0172 6218060, 0160 1525272 (PPR request) Fax: 0621 41939-80 (Airfield) AFTN: EDFMZTZX
6	Types of traffic permitted	IFR / VFR
7	Remarks	Nil

Abbildung 1: Angaben zum Flugplatz Mannheim City (AIP AD-2 EDFM 1-1 ff.)

Auf weiteren Seiten der AIP zum Flugplatz Mannheim City werden detailliert das Flugplatz-Layout sowie die (heutigen) Flugverfahren für An- und Abflüge, die weitgehend mit den von der DFS gelieferten Streckenbeschreibungen (siehe Abschnitt 2.4) übereinstimmen, beschrieben.

Ab Seite 6-1 sind außerdem genaue Koordinaten für eine Reihe von Funknavigationsanlagen zu finden, die für die Modellierung verwendet werden können.

2.2 Flugbewegungsangaben

Die für das DES zu berücksichtigenden Flugbewegungszahlen wurden vom Flugplatz Mannheim City in der von OTSD dafür erstellten tabellarischen Vorlage (EXCEL-Datei) übergeben (Dateien „Prognosedaten EDFM IFR-NEU.xlsx“ und „Prognosedaten EDFM VFR mit Anflügen 09.xls“ erhalten am 18.02.2010 bzw. 21.04.2010).

Eine Dokumentation zu den bereitgestellten Daten oder ein Prognosegutachten stand OTSD nicht zur Verfügung, sodass die beiden Tabellen als einzige Datengrundlage für die Flugbewegungsdaten im DES dienten. Nach Angaben des Flugplatzes handelt es sich bei den Zahlenangaben um statistische Daten aus dem Jahr 2008, die für das Prognosejahr als unverändert angenommen werden. Eine inhaltliche Bewertung oder Prüfung dieser Daten war nicht Gegenstand des Auftrages.

Die übergebenen Daten enthalten Anzahlen von Flugbewegungen für Flugzeuge, und Hubschrauber, jedoch keine Angaben zu Rollverkehrsbewegungen.

Die Aufteilung der IFR-Flugbewegungen ist in den folgenden beiden Abbildungen dargestellt. IFR-Flugbewegungen werden im Prognosejahr mit Flugzeugen der Luftfahrzeuggruppen P 1.3, P 1.4, P 2.1 und S 5.1 durchgeführt.

		Abflüge										Summen		
		Startbahn 27					Startbahn 09					Abflüge	Startbahn	Startbahn
LFZ-Gruppe	Zeitraum	MANEM	OLIVI	RINEX	ROLSO	UMDAS	MANEM	OLIVI	RINEX	ROLSO	UMDAS	gesamt	27	9
P 1.3	Tag	60	72	154	63	15	15	15	71	35	10	510	364	146
P 1.3	Nacht	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0	2	1	1
P 1.4	Tag	4	23	71	54	45	0	2	41	50	30	320	197	123
P 1.4	Nacht	1	4	10	5	0	0	0	5	3	0	28	20	8
P 2.1	Tag	33	16	123	324	143	4	0	128	261	154	1.186	639	547
P 2.1	Nacht	2	0	2	0	0	0	0	4	1	0	9	4	5
S 5.1	Tag	9	123	115	128	16	0	22	96	139	22	670	391	279
S 5.1	Nacht	0	0	0	0	0	0	0	2	0	0	2	0	2
	Gesamt	109	238	476	574	219	19	39	348	489	216	2.727	1.616	1.111
Summen	Tag	106	234	463	569	219	19	39	336	485	216	2.686	1.591	1.095
	Nacht	3	4	13	5	0	0	0	12	4	0	41	25	16

Abbildung 2: Flugbewegungsdaten für IFR-Abflüge

Die Flugbewegungsdaten enthalten insgesamt jeweils 2727 IFR-Abflüge (siehe Abbildung 2) und 2727 IFR-Anflüge (siehe Abbildung 3).

		Anflüge Landebahn 27		Anflüge
LFZ-Gruppe	Zeitraum	KETEK	RINEX	gesamt
P 1.3	Tag	195	313	**508**
P 1.3	Nacht	3	1	**4**
P 1.4	Tag	238	81	**319**
P 1.4	Nacht	17	12	**29**
P 2.1	Tag	845	319	**1.164**
P 2.1	Nacht	19	12	**31**
S 5.1	Tag	316	329	**645**
S 5.1	Nacht	18	9	**27**
Summe	Gesamt	**1.651**	**1.076**	**2.727**
	Tag	**1.594**	**1.042**	**2.636**
	Nacht	**57**	**34**	**91**

Abbildung 3: Flugbewegungsdaten für IFR-Anflüge

Die IFR-Anflüge (Abbildung 3) sind in den vom Flugplatz gelieferten Flugbewegungszahlen nur auf die beiden Anflugstrecken (STARs) von KETEG und RINEX verteilt und ausschließlich auf die Landebahn 27 bezogen.

Die Flugspuraufzeichnungen des Systems STANLY lassen jedoch deutlich erkennen, dass sowohl direkte Anflüge auf RWY 09 als auch sog. „Circling Approaches“ aus Richtung Osten auf RWY 09 in der Praxis geflogen werden.

Um dies im DES abbilden zu können wurden mehrere Streckenvarianten für IFR-Anflüge auf die Bahnen 09 und 27 modelliert und die für KETEG und RINEX angegebenen Flugbewegungszahlen auf diese Varianten entsprechend einer Auswertung der Flugspuraufzeichnungen verteilt.

		Anflüge												Summe		
		Landebahn 27					Landebahn 09							Anflüge	Landebahn	Landebahn
AzB-Gruppe	Zeitraum	KETEG	MANEM	NORTH	OLIVI	RINEX	KETEG	MANEM	NORTH	OLIVI	RINEX	SOUTH	WEST	gesamt	27	09
P 1.3	Tag	148	65	10	34	134	34	13	6	8	30	3	23	508	391	117
P 1.3	Nacht	1	1	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	4	4	0
P 1.4	Tag	170	7	29	17	39	21	0	14	0	13	2	7	319	262	57
P 1.4	Nacht	15	1	3	1	4	2	0	1	0	1	0	1	29	24	5
P 2.1	Tag	664	18	88	0	149	140	3	45	0	32	9	16	1164	919	245
P 2.1	Nacht	18	1	2	0	4	4	0	1	0	1	0	0	31	25	6
S 5.1	Tag	220	6	71	18	139	39	1	27	0	17	44	63	645	454	191
S 5.1	Nacht	9	0	3	1	6	2	0	1	0	1	2	2	27	19	8
Summe	Gesamt	**1245**	**99**	**206**	**72**	**476**	**242**	**17**	**95**	**8**	**95**	**60**	**112**	**2727**	**2098**	**629**
	Tag	**1202**	**96**	**198**	**69**	**461**	**234**	**17**	**92**	**8**	**92**	**58**	**109**	**2636**	**2026**	**610**
	Nacht	**43**	**3**	**8**	**3**	**15**	**8**	**0**	**3**	**0**	**3**	**2**	**3**	**91**	**72**	**19**

Abbildung 4: Aufteilung der IFR-Anflüge anhand von Flugspuraufzeichnungen

Flugbewegungen mit Flugzeugen nach Sichtflugregeln (VFR) wurden den abgestimmten VFR-Flugstrecken (siehe Abschnitt 5.1) zugewiesen. Die Verteilung aller VFR-Flugbewegungen auf die modellierten Strecken ist in der folgenden Abbildung dargestellt:

			Abflüge						Anflüge					Platzrunden		Summen								
		Summe	Startbahn 27				Startbahn 09		Landebahn 27			Landebahn 09		27	09	Abflüge			Anflüge			Platzrunden		
LFZ-Gruppe	Zeitraum		ECHO	SIERRA	WHISKEY	CHARLIE	ECHO	SIERRA	NOVEMBER	ECHO	SIERRA	CHARLIE	SIERRA	links	rechts	gesamt	27	09	gesamt	27	09	gesamt	27	09
P 1.0	Tag	931	3	196	84	90	34	53	117	37	149	71	86	11	0	460	373	87	460	303	157	11	11	0
P 1.0	Nacht	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0			0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
P 1.1	Tag	662	0	142	60	55	27	47	104	18	99	48	62	82	21	331	257	74	331	221	110	103	82	21
P 1.1	Nacht	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0			0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
P 1.2	Tag	210	0	12	0	0	20	73	4	5	69	19	8	0	0	105	12	93	105	78	27	0	0	0
P 1.2	Nacht	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0			0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
P 1.3	Tag	7.544	36	1.478	661	658	504	435	529	446	1.515	512	770	2.401	713	3.772	2.833	939	3.772	2.490	1.282	3.114	2.401	713
P 1.3	Nacht	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0			0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
P 1.4	Tag	316	0	79	19	18	16	26	7	88	17	19	27	2	0	158	116	42	158	112	46	2	2	0
P 1.4	Nacht	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0			0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
P 2.1	Tag	6	0	0	1	1	1	0	0	0	3			0	0	3	2	1	3	3	0	0	0	0
P 2.1	Nacht	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0			0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
S 5.1	Tag	72	0	4	5	15	7	5	3	10	10	5	8	0	0	36	24	12	36	23	13	0	0	0
S 5.1	Nacht	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0			0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Summe Flugzeuge	Gesamt	12.960	39	1.911	830	837	609	639	764	604	1.862	674	961	2.496	734	4.865	3.617	1.248	4.865	3.230	1.635	3.230	2.496	734
	Tag	12.960	39	1.911	830	837	609	639	764	604	1.862	674	961	2.496	734	4.865	3.617	1.248	4.865	3.230	1.635	3.230	2.496	734
	Nacht	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Abbildung 5: Flugbewegungsdaten für VFR-Flugbewegungen (Flugzeuge)

VFR-Flugbewegungen mit Hubschraubern wurden den abgestimmten Sichtflugstrecken für Hubschrauber entsprechend den übergebenen Flugbewegungsdaten zugewiesen (siehe Abbildung 6).

		Abflüge				Anflüge			Platzrunden	Summen			
LFZ-Gruppe	Zeitraum	ECHO	SIERRA	WHISKEY	CHARLIE	NOVEMBER	ECHO	SIERRA	Süd	gesamt	Abflüge	Anflüge	Platz-runden
H 1.1	Tag	304	519	144	244	460	190	562	754	**2.423**	**1.211**	**1.212**	**754**
H 1.1	Nacht	2	0	0	0	0	0	1	0	**3**	**2**	**1**	**0**
H 1.2	Tag	0	0	0	0	0	0	0	0	**0**	**0**	**0**	**0**
H 1.2	Nacht	0	0	0	0	0	0	0	0	**0**	**0**	**0**	**0**
H 2.1	Tag	263	364	94	80	270	113	418	8	**1.602**	**801**	**801**	**8**
H 2.1	Nacht	0	0	0	0	0	0	0	0	**0**	**0**	**0**	**0**
Summe Hubschrauber	Gesamt	**569**	**883**	**238**	**324**	**730**	**303**	**981**	**762**	**4.790**	**2.014**	**2.014**	**762**
	Tag	**567**	**883**	**238**	**324**	**730**	**303**	**980**	**762**	**4.787**	**2.012**	**2.013**	**762**
	Nacht	**2**	**0**	**0**	**0**	**0**	**0**	**1**	**0**	**3**	**2**	**1**	**0**

Abbildung 6: Flugbewegungsdaten für VFR-Flugbewegungen (Hubschrauber)

Details zur Modellierung der IFR-Flugstrecken sind in Kapitel 4 beschrieben, die Modellierung der VFR-Flugstrecken ist in Kapitel 4.3.2.2 dargestellt.

2.3 Flugplatz-Layout

Zur Modellierung des Flugplatz-Layouts wurde die vom Flugplatz zur Verfügung gestellte CAD-Zeichnung (Abbildung 7) sowie ergänzend die Angaben aus dem Luftfahrthandbuch verwendet.

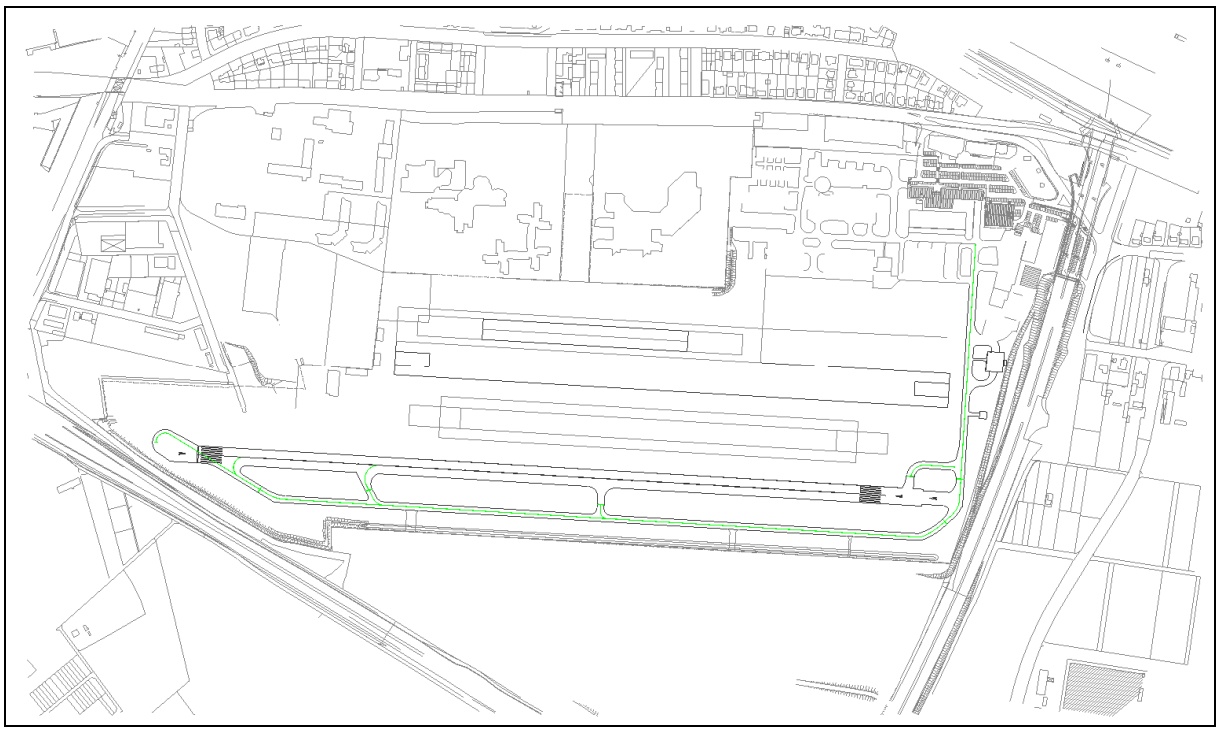

Abbildung 7: Flugplatz-Layout EDFM

2.4 Beschreibung der Flugstrecken

Der (idealtypische) Verlauf der IFR-Flugstrecken wurde von der DFS in Form von CAD-Darstellungen bereitgestellt, wie sie in ähnlicher Form auch im Luftfahrthandbuch (AIP) zu finden sind (erhalten am 28.05.2009).

Die Darstellungen enthalten im Vergleich zur AIP einige zusätzliche Details (Längenangaben, Kurvenradien, genaue Koordinaten), die auf das in der Luftfahrt gebräuchliche Koordinatensystem WGS-84 bezogen sind (Beispiel siehe Abbildung 8).

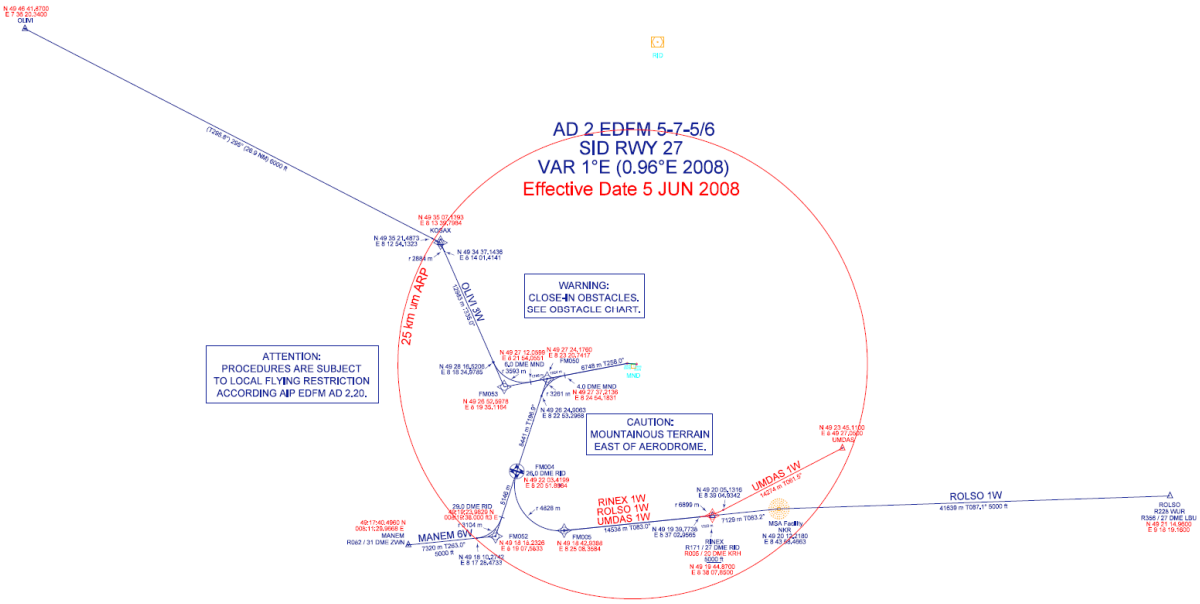

Abbildung 8: DFS-Darstellung der IFR-Flugstrecken (Beispiel)

Der Verlauf der VFR-Strecken wurde auf Basis der im VFR-Luftfahrthandbuch (AIP VFR, Aktualisierungsstand 5. November 2009) modelliert.

Für Positionierung markanter Wegpunkte bzw. Landmarken konnte eine georeferenzierte topographische Karte (DTK50, bezogen von der Landesanstalt für Umwelt, Messungen und Naturschutz Baden-Württemberg – LUBW, siehe Abschnitt 2.7) herangezogen werden.

2.5 Flugverlaufsdaten (STANLY)

OTSD standen zur Modellierung der realen Streckenverläufe Flugspuraufzeichnungen des DFS-Systems STANLY zur Verfügung (erhalten auf Datenträger am 28.05.2009).

Die Datei „`EDFM_des.txt`“ (Größe ca. 2 MB) enthält STANLY-Tracks vom 01.05. – 31.10.2008 im Umkreis von etwa 25 km um den Flugplatz Mannheim City.

Die Daten wurden von OTSD für die Verwendung im „DES-Editor“ aufbereitet, visualisiert und als Hilfsmittel zur Modellierung verwendet.

Darüber hinaus wurden (nach Abschluss der Streckenmodellierung) von der DFS weitere Flugspurdaten zur Erstellung der nach AzD geforderten Statistik zur Betriebsrichtungsverteilung (Sigma-Regelung, siehe unten) zur Verfügung gestellt. Diese enthielten in mehreren Dateien Aufzeichnungen von ca. 56.500 Flugspuren aus den Jahren 2004 bis 2009 (erhalten am 23.02.2010).

2.6 Matrix der bahnbezogenen Betriebsrichtungen

Die Daten der Statistik zu den bahnbezogenen Bewegungszahlen konnten vom Flugplatz Mannheim City nicht zur Verfügung gestellt werden.

Um dennoch die Daten zur „Nutzung der bahnbezogenen Betriebsrichtungen“ gemäß AzD Kapitel 6 erfassen zu können, wurden die von der DFS bereitgestellten Flugspuren des Systems STANLY (s.o.) ausgewertet und Bahnnutzungsanteile daraus ermittelt.

Die Flugspuren wurden von OTSD gesichtet und nach verwertbaren bzw. nicht verwertbaren Aufzeichnungen, Anflügen bzw. Abflügen je Runway und Tag- bzw. Nachtflügen unterschieden.

Da STANLY-Daten in der erhaltenen Form bezüglich der benötigten Runway-Zuordnung keine zuverlässigen Daten enthalten, mussten diese in einem aufwändigen Verfahren aufbereitet und klassifiziert werden. Letztlich konnten so ca. 97 Prozent aller Flugspuren von Flugzeugen für die Statistik verwendet werden. Die (wenigen) in den Daten enthaltenen Flugspuren für Hubschrauber wurden nicht verwendet.

Die gewählte Methodik ist mit folgenden Annahmen bzw. Einschränkungen verbunden:

- STANLY-Daten enthalten keine Angaben zu VFR-Flugbewegungen. Für diese muss also angenommen werden, dass die festgestellte Verteilung der IFR-Flüge ebenso für die VFR-Flugbewegungen gilt.
- Die Daten enthalten (vor der Aufbereitung ebenso wie danach) Differenzen bei der Anzahl von Landungen und Starts pro Jahr. Da davon ausgegangen werden muss, dass sich diese Zahlen entsprechen, wurde sowohl die Anzahl der Landungen als die Anzahl der Starts jedes Jahres auf das arithmetische Mittel der gezählten Flugbewegungen korrigiert. Dabei wurde angenommen, dass die bei dieser Korrektur zu addierenden oder zu subtrahierenden Bewegungen sich in denselben Anteilen auf die bahnbezogenen Betriebsrichtungen verteilen wie die korrekt klassifizierten An- bzw. Anflüge.
- Schließlich lassen sich, bedingt durch die recht grobe Aufzeichnung des Systems STANLY (Plot-Frequenz von einer Minute und teilweise unvollständige Flugspuren) Fehler bei der Klassifikation der Spuren nicht ausschließen, sodass nach Einschätzung von OTSD mit einer Fehlerquote im niedrigen einstelligen Prozentbereich zu rechnen ist.

Die geschilderte Methode stellt nach Ansicht von OTSD die beste verfügbare Näherung zur Bestimmung der realen Verteilung der Bahnnutzungsanteile für den Flugplatz Mannheim City dar.

2.7 Topographisches Kartenmaterial

Von der Landesanstalt für Umwelt, Messungen und Naturschutz Baden-Württemberg (LUBW) wurde OTSD ein Kartenausschnitt der topographischen Karte Deutschland (Maßstab 1:50.000) für die Verwendung bei der DES-Erstellung zur Verfügung gestellt (mehrere Lieferungen auf Datenträger, vollständig erhalten am 22.07.2009).

Das Kartenmaterial ist im Koordinatensystem UTM-referenziert (Zone 32 U, Mittelmeridian 9°) und deckt eine Fläche im Umkreis vom 25 Kilometern um den Flugplatz ab.

In der Kartendarstellung sind die Bebauung, Straßen und Flüsse sowie weitere markante Punkte (wie z.B. Seen) gut zu erkennen.

3 Erfassung der Flugplatzinfrastruktur

Aus der AIP konnten einige der gemäß AzD geforderten allgemeinen Angaben zum Flugplatz Mannheim City direkt übernommen werden:

- Der ICAO-Flugplatzcode (EDFM)
- Der Flugplatzbezugspunkt (ARP), angegeben in geographischen Koordinaten (WGS84)
- Die Platzhöhe (in Fuß)

Die Koordinatenangaben mussten anschließend zusätzlich in das Koordinatensystem UTM und die Platzhöhe in die Einheit Meter umgerechnet werden.

Die Modellierung der Start- und Landebahn (Datenblatt 5.2 „Flugplatzdaten“) erfolgte auf Basis der in der AIP veröffentlichten Angaben zu den Schwellenkoordinaten, sowie zu Länge und Breite der Bahn. Die sehr genau vermessenen Schwellenkoordinaten dienten darüber hinaus zur genaueren Festlegung der Runway-Richtung, die im Formular für die Flugplatzdaten ebenfalls anzugeben ist.

Abbildung 9 zeigt das von OTSD modellierte Flugplatz-Layout. Die farbigen Markierungen zeigen die Lage der nach AzD zu beschreibenden Startpunkte (rot), Landeschwellen (grün) sowie die Position der genutzten Abrollpunkte (bzw. Abrollbahnen, blau dargestellt).

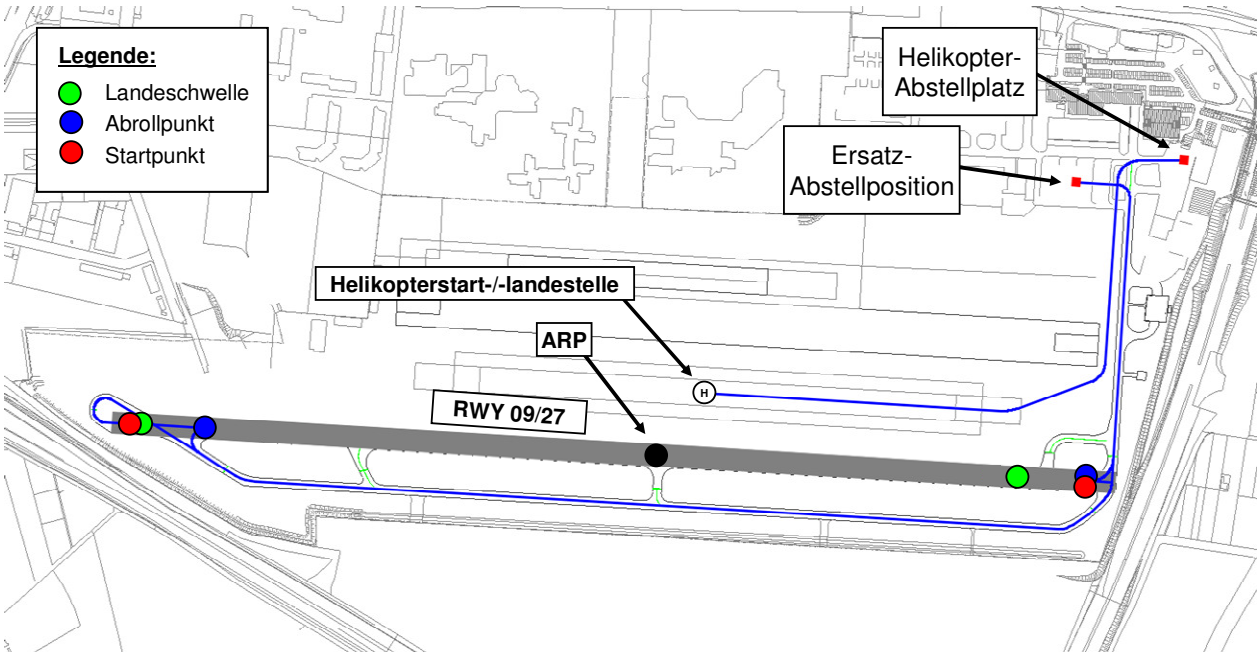

Abbildung 9: Start- und Landebahn sowie Helikopterstart- und Landeplatz (OTSD-Modell)

Die Lage der Startpunkte wurde in Absprache mit dem Flugplatz so gewählt, dass alle Starts der BR 09 den sog. Wendehammer am westlichen Bahnende nutzen und Starts der BR 27 direkt vom Taxiway A auf die Bahn rollen.

Die Lage der Abrollpunkte wurde in Einklang mit den Vorgaben der AzD so gewählt, dass sie die jeweils letzte Möglichkeit des Abrollens von der Bahn beschreiben.

Für die Beschreibung der Rollwege im DES wurde auf eine detaillierte Modellierung jeder einzelnen Parkposition verzichtet und stattdessen (wie in der AzD vorgesehen) Ersatz-Abstellpositionen (Positionsgruppen) gebildet und durch einen zentralen Punkt repräsentiert.

Die Darstellung in Abbildung 9 zeigt darüber hinaus, wo sich die für Rollbewegungen modellierte (Ersatz-)Abstellposition, die Abstellposition für Hubschrauber sowie die Hubschrauberstart- und -landestelle (nördlich der Runway) im Modell befindet.

Die für das DES benötigten Rollwege des Flugplatzes Mannheim City wurden mit Hilfe der Software „DES-Editor“ als Rollwegenetz modelliert. Auf dem als Hintergrund für die Modellierung eingebundenen Flugplatz-Layout wurden die Rollwege mit Hilfe von Stützpunkten und Verbindungen zwischen diesen (in Form von Geraden- und Kurvensegmenten) beschrieben.

Die modellierten Rollwege wurden im Modell mit den Start- und Abrollpunkten der Bahn verbunden, sodass eine automatisierte Rollwegeermittlung möglich war.

Die im DES zu erfassenden Rollwege wurden anhand der zu berücksichtigenden Flugbewegungsdaten (siehe Abschnitt 2.2) bestimmt. Dabei wurde angenommen, dass alle in den Daten enthaltenen Flüge in der Nähe der Ersatzabstellposition abgestellt werden,

Abflüge mit Hubschraubern „hovern“ von ihrem Abstellplatz zunächst zur Hubschrauberstart- und -landestelle und folgen dann den in Abschnitt 5.2 dargestellten Abflugstrecken. Gleiches gilt für Anflüge mit Hubschraubern, die zunächst die Landestelle anfliegen und von dort zu ihrem Abstellplatz „hovern“.

Die im DES beschriebenen Rollwege wurden schließlich automatisiert für die jeweilige Betriebsrichtung ermittelt und für jeden Rollweg eine AzD-konforme Beschreibung der Rollwegsgeometrien (bezogen auf das UTM-Koordinatensystem) erzeugt.

4 Modellierung der IFR-Flugstrecken

4.1 Vorgehensweise

4.1.1 Modellierung der IFR-Flugstrecken nach DFS-Vorgaben

Die IFR-Flugstrecken wurden anhand der in Abschnitt 2.4 beschriebenen Daten der DFS unter Zuhilfenahme der aktuellen Fassung der AIP umgesetzt. Neben den Streckenbeschreibungen wurden auch die Angaben über die lokalen Flugsicherungsverfahren für den Flugplatz Mannheim City beachtet.

Die DFS-konforme Modellierung diente als Grundlage für die Validierung und Anpassung der Flugstrecken anhand der in den Aufzeichnungen des Systems STANLY enthaltenen Flugverläufen.

4.1.2 Validierung des Modells anhand von STANLY-Daten

Die Modellierung der Flugstrecken wurde mit Hilfe von STANLY-Flugverlaufsdaten verifiziert und ggf. an den Verlauf der Strecken in der flugbetrieblichen Praxis angepasst, die durch die Arbeitsweise der Flugverkehrslotsen der Flugsicherung entsteht.

Hierbei wurden weiterhin die Angaben der DFS über die lokalen Flugsicherungsverfahren für den Flugplatz Mannheim City beachtet, um Strecken-Varianten anhand der angegeben Verfahren zu bestimmen und ggf. aufzufächern und auszurichten.

Die Verwendung einer Dichteanalyse der STANLY-Flugverlaufsdaten mit Hilfe einer Rasterung, diente zum Einen dazu, die Streckenvarianten entlang der Linie der größten Dichte an STANLY-Tracks, dem sogenannten „Backbone“, zu führen und zum Anderen zur Bestimmung der Korridorbreiten entlang des Streckenverlaufs. Für Strecken, bei denen dies aufgrund fehlender oder unzureichender Daten nicht möglich war, wurden Expertenschätzungen vorgenommen.

Zur Analyse der Längen des Zwischenanflugsegments wurden die STANLY-Daten bzgl. ihrer Anflug-Höhenprofile ausgewertet. Als Zwischenanflughöhe wurde generell für alle Anflugstrecken die in der AIP für Anflüge auf RWY 27 veröffentlichte Höhe von 5000 ft MSL angenommen Diese Höhen entsprechen einer Flughöhe über Platz von ca. 1430 Metern.

Auf eine detaillierte Analyse der für die LFZ-Klassen spezifischen Steig- und Sinkverhalten anhand der (diesbezüglich relativ ungenauen) STANLY-Daten, etwa zur Bestimmung neuer, von den AzB-Annahmen abweichenden Höhenprofilen, wurde verzichtet und die Beschreibung der Flugstrecken im DES ohne explizite Höhenangaben vorgenommen.

Im Folgenden werden alle Flugstrecken des OTSD-Modells aufgeführt. Da nicht für alle IFR-Strecken ausreichend STANLY -Daten zur Bildung von Streckenvarianten und zur Festlegung von Korridorbreiten zur Verfügung standen, mussten teilweise Expertenschätzungen vorgenommen werden.

4.1.3 Aufbau dieses Kapitels

Nachfolgend werden alle modellierten IFR-Flugstrecken für die Betriebsrichtungen (BR) West (27) und Ost (09) dargestellt. Hierbei wird zunächst, wenn hierzu Vorgaben der DFS vorlagen, die Modellierung nach DFS-Vorgaben gezeigt.

Es folgt eine kombinierte Darstellung des Gesamtmodells (je BR und für Anflüge und Abflüge getrennt) mit den für die jeweiligen Strecken zur Verfügung stehenden Flugspuraufzeichnungen des Systems STANLY.

Die weiteren Abschnitte sind dann jeweils einer einzelnen An- oder Abflugstrecke bzw. den zu einer Gruppe zusammengefassten Streckenvarianten gewidmet. Die Darstellung erfolgt hier jeweils mit den modellierten Korridorbreiten und den zu der Strecke gehörenden Flugspuraufzeichnungen.

Sofern eine Aufteilung in Varianten vorgenommen wurde, ist hier auch der Verteilungsschlüssel der Flugbewegungen (ausgehend von den in Abschnitt 2.2 aufgeführten Bewegungszahlen) dargestellt.

Die in allen Darstellungen des OTSD-Modells zu findenden Kreise (in der Farbe Blau dargestellt) stellen jeweils einen Umkreis von 15 und 25 Kilometern um den Flugplatzbezugspunkt dar und dienen der Orientierung in Bezug auf den vom DES zu erfassenden Betrachtungsbereich.

Teilweise sind zur Orientierung außerdem Wegpunkte (dargestellt als blaues Dreiecke) in den Zeichnungen enthalten. Die genauen Koordinaten dieser mit einer Bezeichnung versehenen Punkte können in der Regel der AIP entnommen werden.

4.2 Betriebsrichtung West (27)

4.2.1 Anflugstrecken

Für die Modellierung der Anflugstrecken der Betriebsrichtung West wurden die von der DFS übermittelten Beschreibungen der Anflugverfahren auf die Landebahn 27 (Abbildung 10 und Abbildung 11) als Basis verwendet.

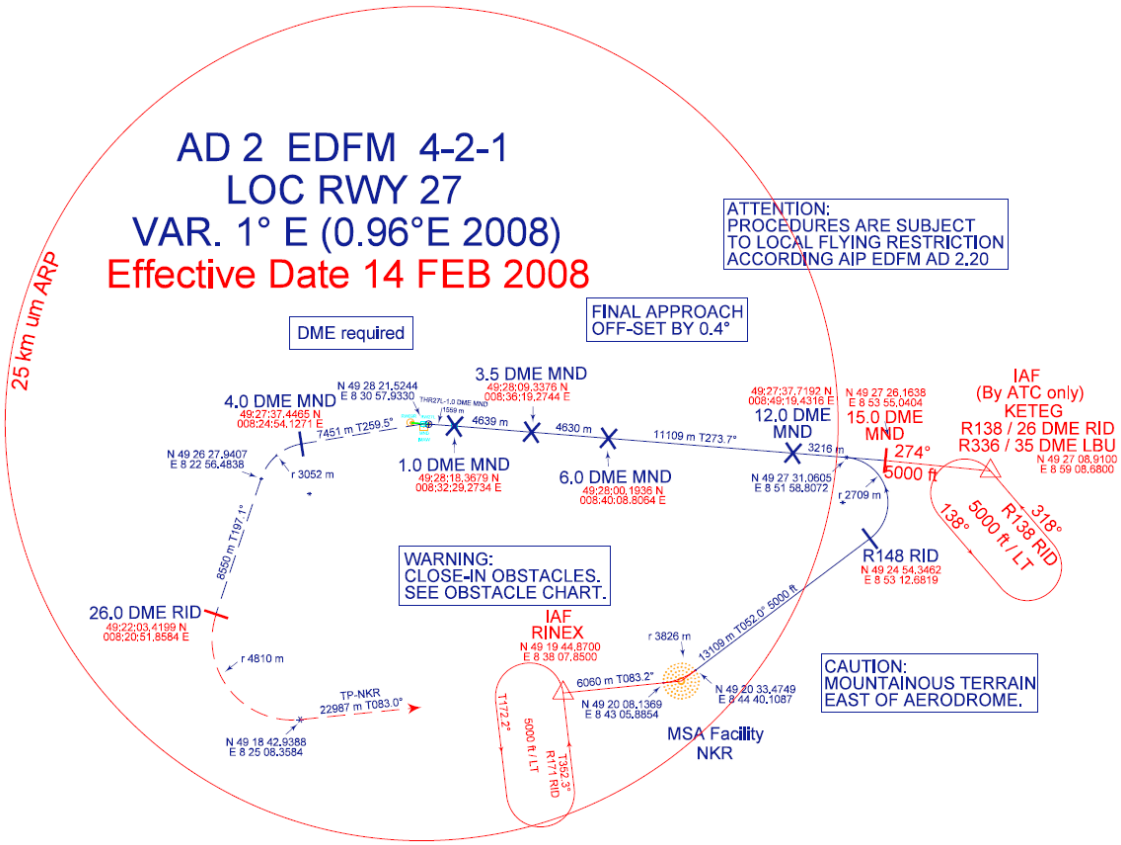

Abbildung 10: LOC-Anflugverfahren RWY 27 (Datenlieferung DFS)

Die Streckenführung von RINEX beginnt innerhalb eines Umkreises von 25 Kilometern um den Flugplatzbezugspunkt und muss daher vom Einflug in den Umkreises an modelliert werden. Dies wird im Folgenden bei der Anpassung an die Flugverlaufsdaten des Systems STANLY dargestellt.

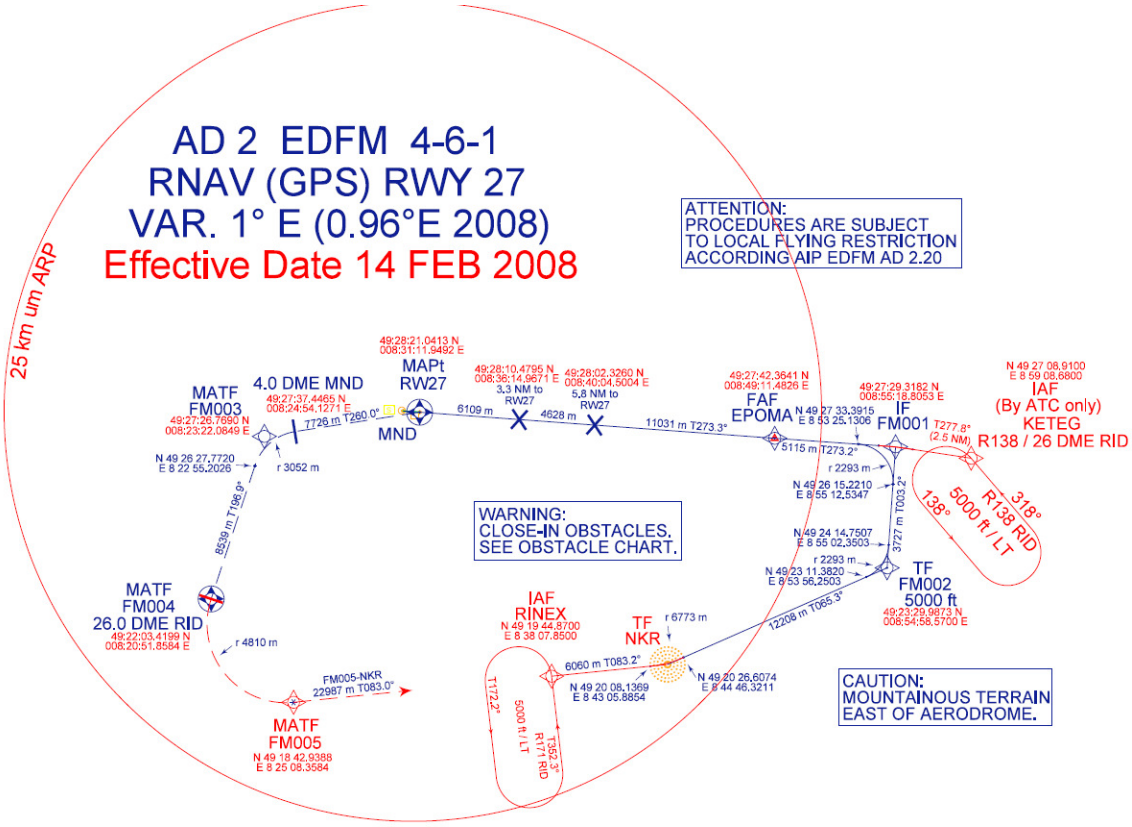

Abbildung 11: RNAV(GPS)-Anflugverfahren RWY 27 (Datenlieferung DFS)

Im OTSD-Modell wurden so zunächst zwei IFR-Anflugstrecken von KETEG und RINEX erfasst (siehe Abbildung 12)

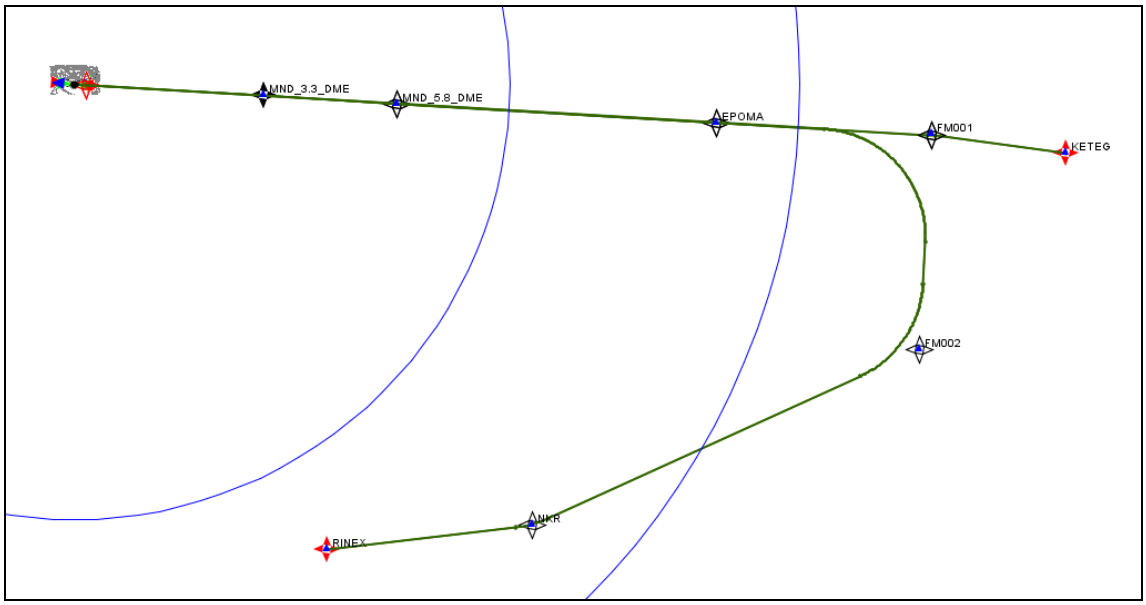

Abbildung 12: IFR-Anflugstrecken RWY 27 (OTSD-Modell nach DFS-Vorgaben)

Anhand einer Visualisierung der von der DFS gelieferten STANLY-Flugverlaufsdaten für Landungen auf RWY 27 wurde deutlich, dass die beiden oben dargestellten Anflugstrecken nicht ausreichen, um alle Anflüge innerhalb des Betrachtungsgebietes von 25 Kilometern um den Flugplatzbezugspunkt adäquat im Modell abzubilden.

Es musste daher ein erweitertes, an die flugbetriebliche Praxis angepasstes Modell mit insgesamt 8 unterschiedlichen Streckenführungen für Anflüge auf die Bahn 27 erstellt werden (siehe Abbildung 13).

Bei vielen der aufgezeichneten Flugspuren handelt es sich mit hoher Wahrscheinlichkeit um Anflüge, die den Endanflug als sog. „Visual Approach“ durchführen. Dieses Verfahren kann vom Piloten – bei entsprechender Wetterlage – beantragt werden. Der Anflug erfolgt in diesen Fällen zu einem Punkt in der Nähe des Flugplatzes und nach der Meldung des Piloten („Platz in Sicht“) erfolgt die Freigabe zum „Visual Approach“, der ebenfalls als IFR-Anflug gilt.

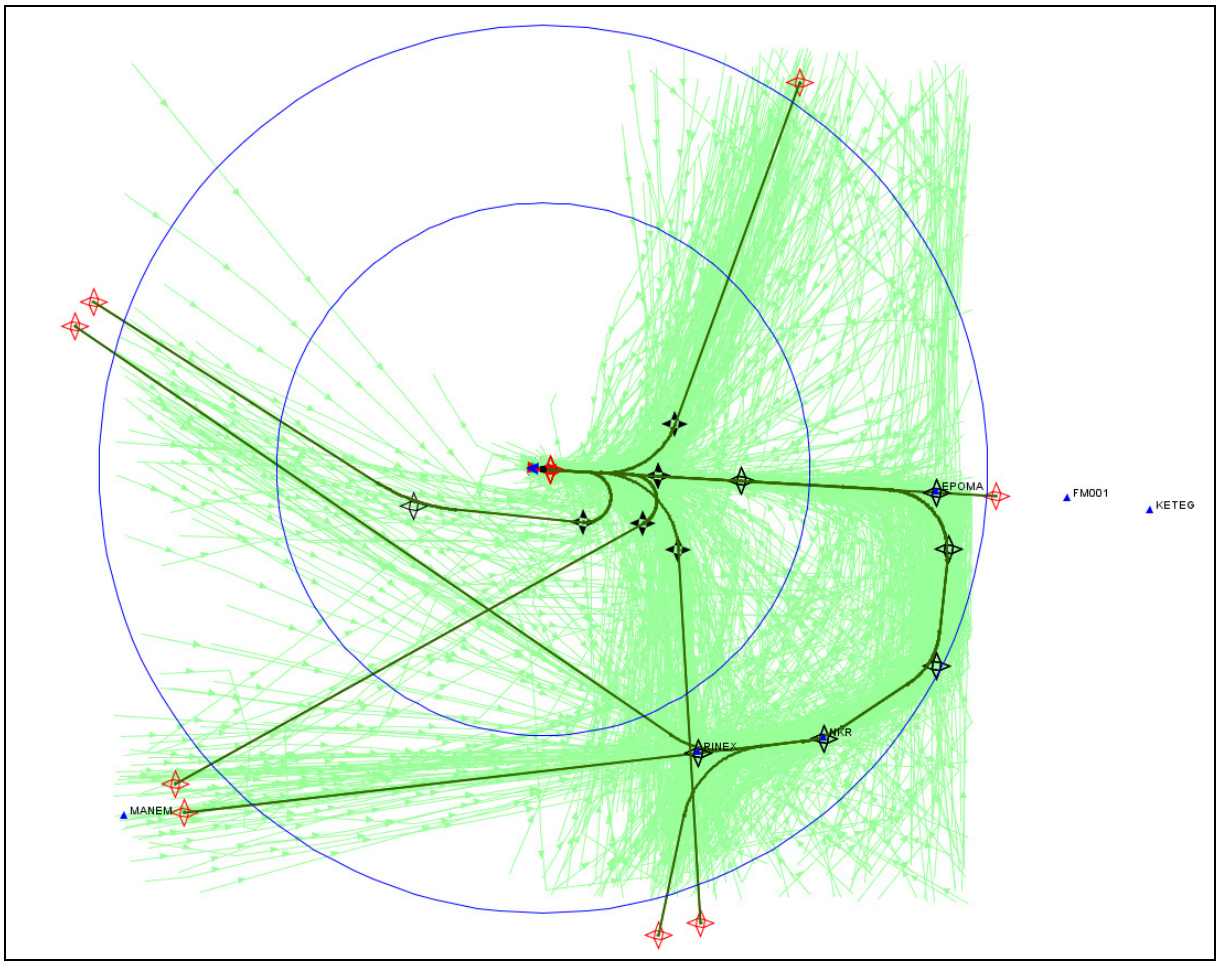

Abbildung 13: IFR-Anflugstrecken RWY 27 (OTSD-Modell)

Alle modellierten Strecken mit den zugehörigen Korridorbreiten werden nachfolgend dargestellt.

4.2.1.1 Anflug auf RWY 27 von KETEG

Anflüge auf die Landebahn 27 aus Richtung KETEG werden – wie in den Verfahrensbeschreibungen der DFS beschrieben – bereits außerhalb des Betrachtungsbereichs auf den Endanflugkurs geführt.

In den analysierten Flugspuraufzeichnungen war ein sehr geringer Teil (ca. 60 von 1100 Flugspuren) enthalten, die direkt aus Richtung Norden oder Süden Richtung EPOMA und dann auf den Endanflug geführt wurden. Diese wurden der modellierten Streckenführung von KETEG in zugerechnet (siehe Abbildung 14).

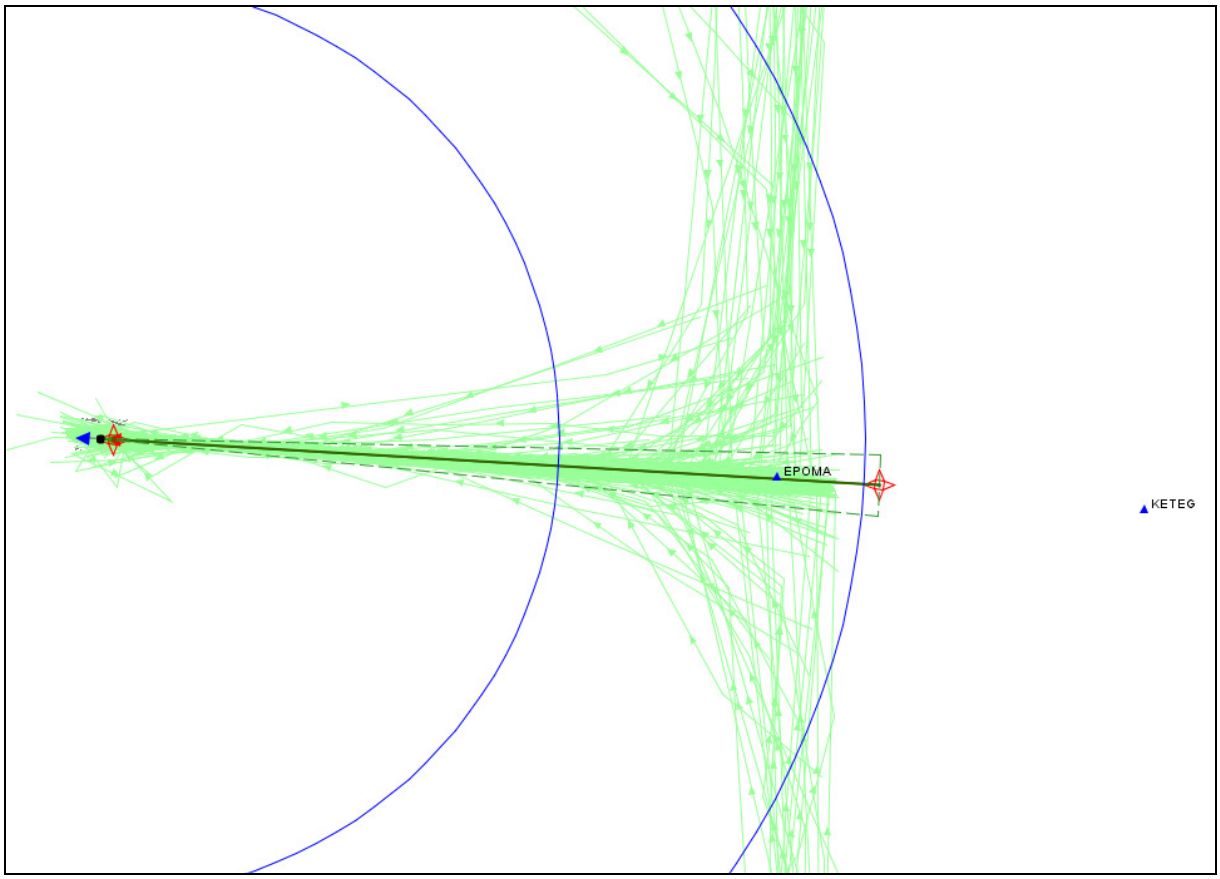

Abbildung 14: IFR-Anflüge RWY 27 KETEG (OTSD-Modell)

4.2.1.2 Anflug auf RWY 27 von MANEM

Anflüge auf die Landebahn 27 aus Richtung MANEM erfolgen zu einem überwiegenden Teil über die Wegpunkte RINEX, NKR und EPOMA. Um der Tatsache Rechnung zu tragen, dass direkte Anflüge zu einem Punkt in ca. 2-3 NM Entfernung zum Touchdown in der Praxis üblich sind, wurde eine zweite Streckenvariante in das Modell aufgenommen.

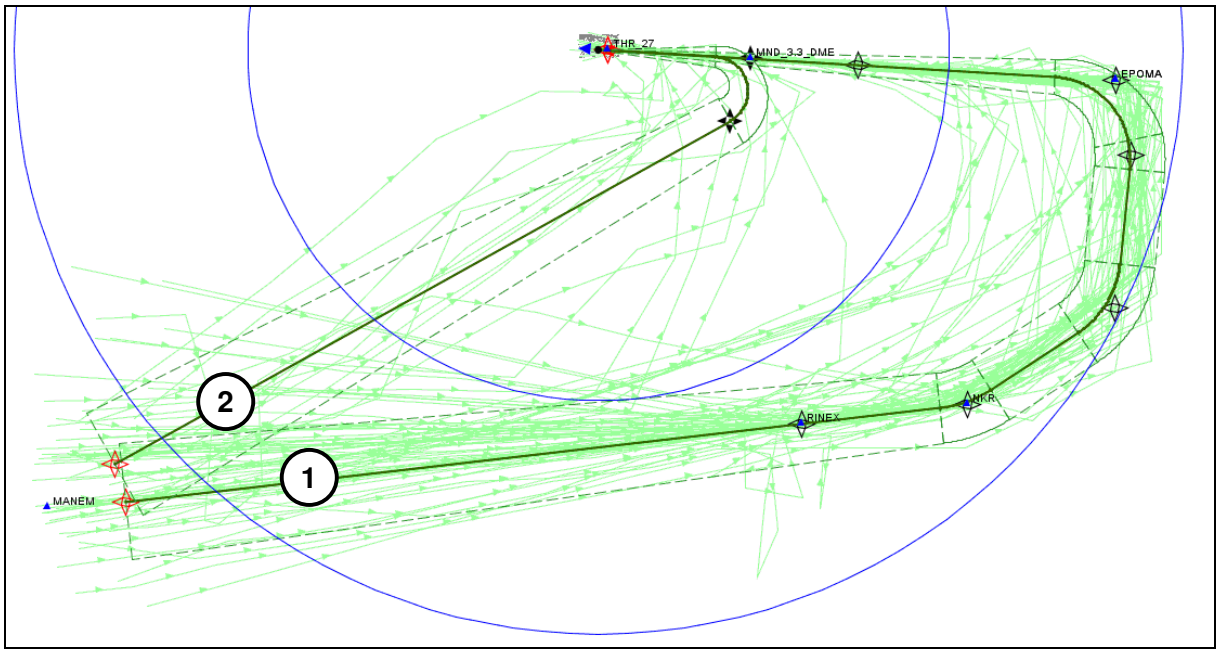

Abbildung 15: IFR-Anflüge RWY 27 MANEM (OTSD-Modell mit Streckenvarianten)

Die in den Flugbewegungsdaten dieser Anflugstrecke zugewiesenen Bewegungen wurden auf Basis einer Analyse aufgezeichneter Flugspuren den 2 modellierten Streckenvarianten wie folgt zugeordnet:

Streckenvariante	P1.3	P1.4	P2.1	S 5.1
IFR_27_von_MANEM_1	91,3%	83,3%	61,1%	66,7%
IFR_27_von_MANEM_2	8,7%	16,7%	38,9%	33,3%

Abbildung 16: Aufteilung der IFR-Anflüge RWY 27 MANEM nach Streckenvarianten

4.2.1.3 Anflug auf RWY 27 von NORTH

Anflüge auf die Landebahn 27 aus Richtung Norden (im DES mit „NORTH“ bezeichnet) werden direkt ca. 2 NM vor dem Touchdown auf den Endanflug geführt.

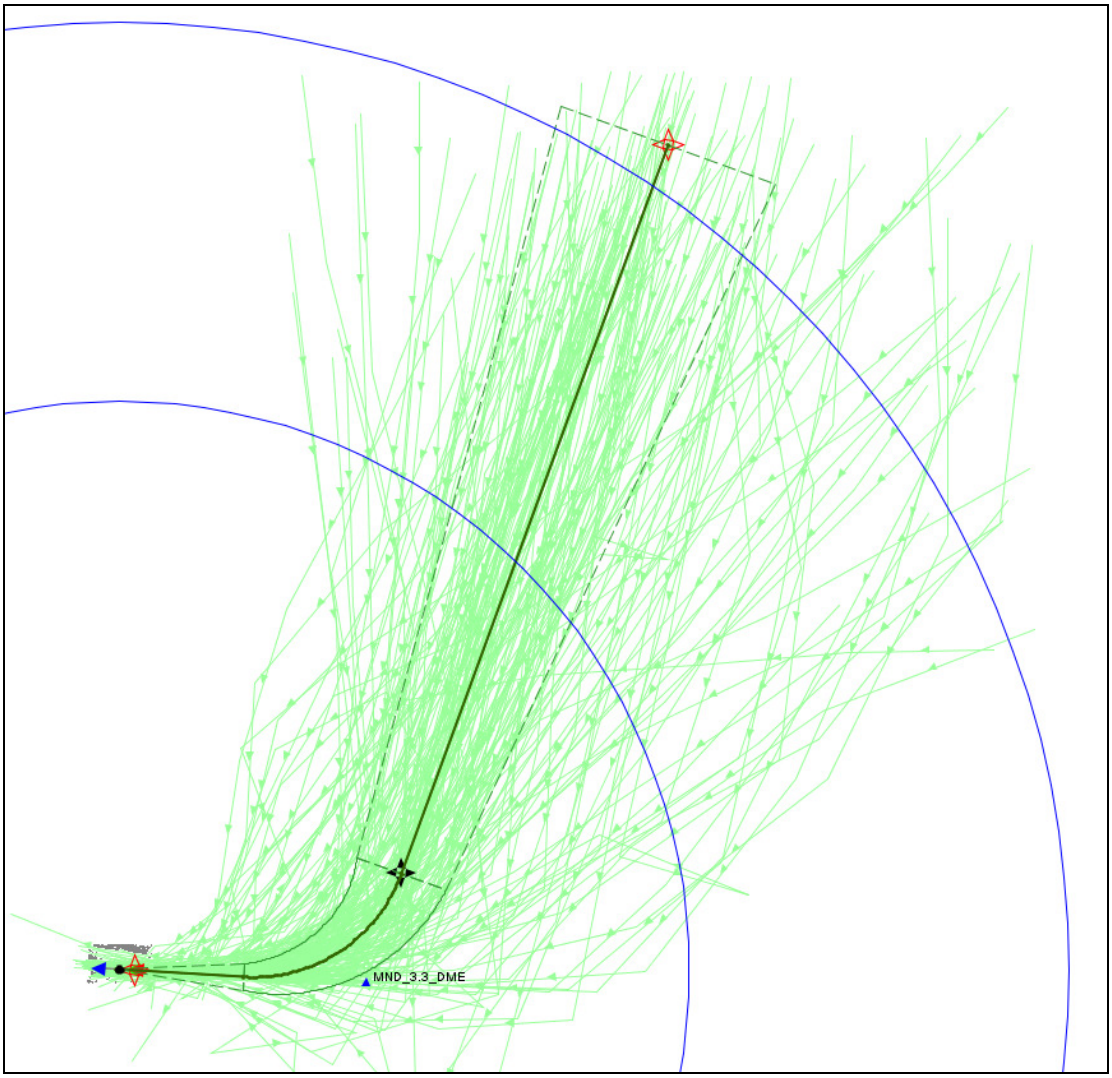

Abbildung 17: IFR-Anflüge RWY 27 NORTH (OTSD-Modell)

4.2.1.4 Anflug auf RWY 27 von OLIVI

Anflüge auf die Landebahn 27 aus Richtung OLIVI erfolgen einerseits über RINEX, NKR, andererseits aber auch direkt aus Richtung Nordwesten auf den Endanflug bei ca. 1 NM vor dem Aufsetzen (siehe Abbildung 18).

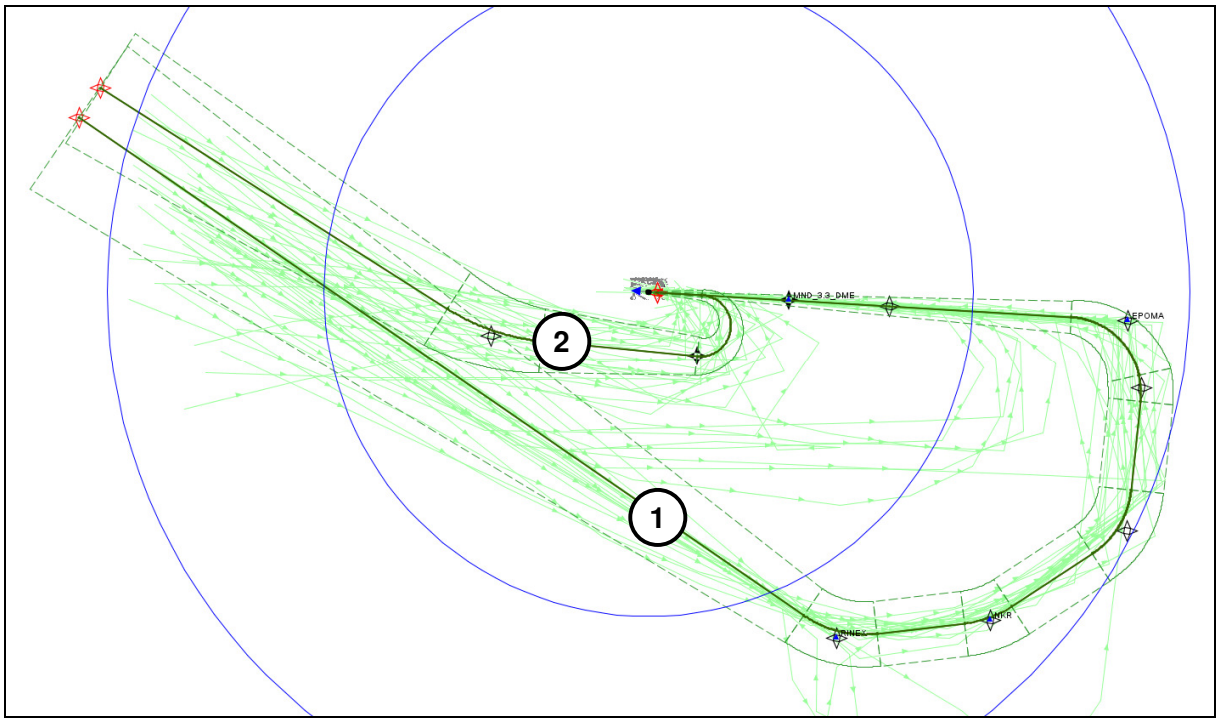

Abbildung 18: IFR-Anflüge RWY 27 OLIVI (OTSD-Modell mit Streckenvarianten)

Die in den Flugbewegungsdaten dieser Anflugstrecke zugewiesenen Bewegungen wurden auf Basis einer Analyse aufgezeichneter Flugspuren den 2 modellierten Streckenvarianten wie folgt zugeordnet:

Streckenvariante	P1.3	P1.4	P2.1	S 5.1
IFR_27_von_OLIVI_1	79,2%	50,0%	0,0%	17,6%
IFR_27_von_OLIVI_2	20,8%	50,0%	0,0%	82,4%

Abbildung 19: Aufteilung der IFR-Anflüge RWY 27 OLIVI nach Streckenvarianten

4.2.1.5 Anflug auf RWY 27 von RINEX

Anflüge auf die Landebahn 27 über RINEX (aus Richtung Süden) erfolgen einerseits über RINEX, NKR auf den Endanflug bei EPOMA, andererseits ist (insbesondere für Anflüge von Jets) eine direkte Führung über RINEX in der Praxis zu beobachten (siehe Abbildung 20).

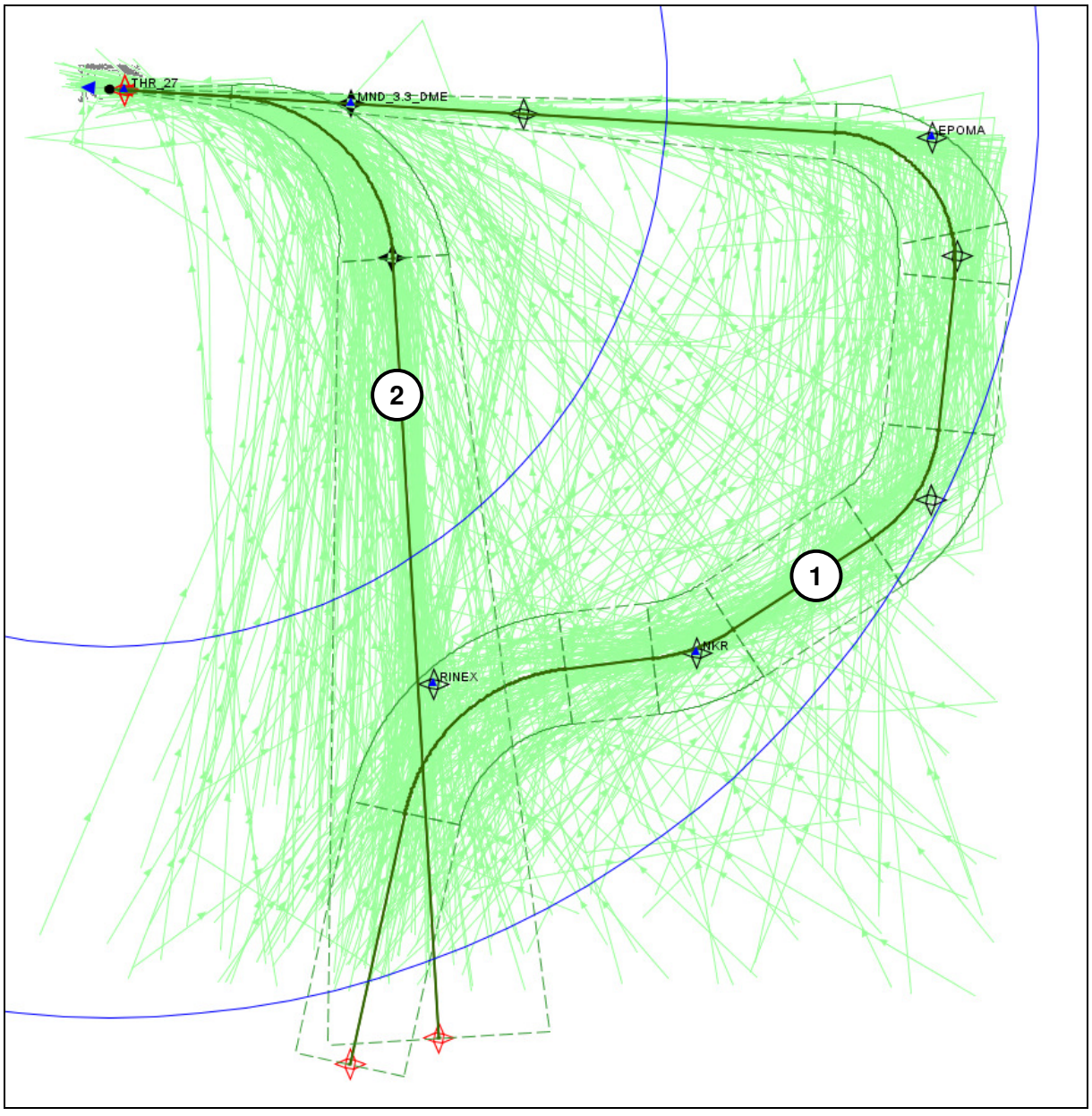

Abbildung 20: IFR-Anflüge RWY 27 RINEX (OTSD-Modell mit Streckenvarianten)

Die in den Flugbewegungsdaten dieser Anflugstrecke zugewiesenen Bewegungen wurden auf Basis einer Analyse aufgezeichneter Flugspuren den 2 modellierten Streckenvarianten wie folgt zugeordnet:

Streckenvariante	P1.3	P1.4	P2.1	S 5.1
IFR_27_von_RINEX_1	90,5%	48,5%	43,0%	12,7%
IFR_27_von_RINEX_2	9,5%	51,5%	57,0%	87,3%

Abbildung 21: Aufteilung der IFR-Anflüge RWY 27 OLIVI nach Streckenvarianten

4.2.2 Abflugstrecken

Für die Modellierung der Abflugstrecken der Betriebsrichtung West wurden die von der DFS übermittelten Beschreibungen der SID-Streckenverläufe (Abbildung 22) als Basis verwendet und im OTSD-Modell (Abbildung 23) umgesetzt.

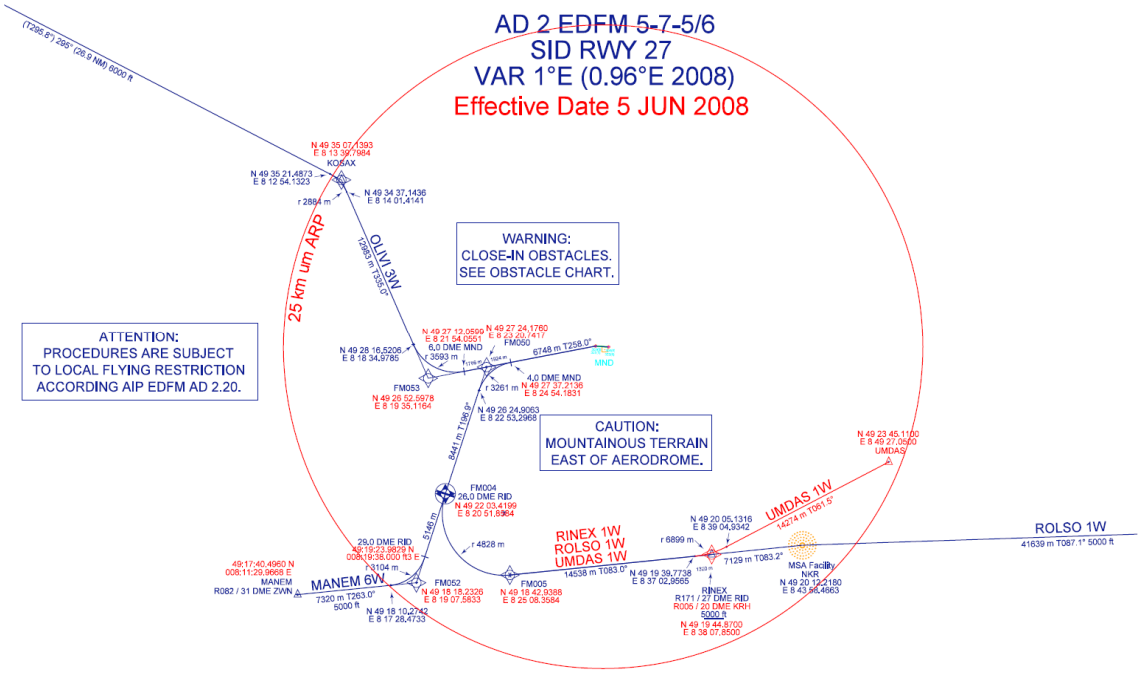

Abbildung 22: IFR-Abflugstrecken RWY 27 (Datenlieferung DFS)

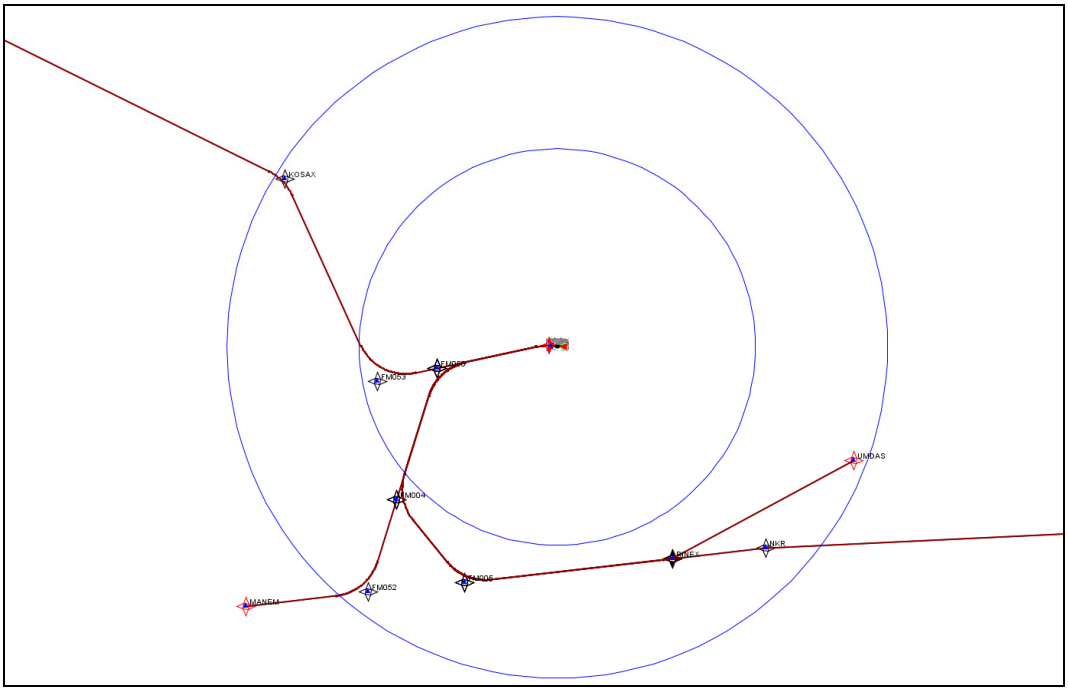

Abbildung 23: IFR-Abflugstrecken RWY 27 (OTSD-Modell nach DFS-Vorgaben)

Die Streckenführungen nach RINEX und UMDAS enden innerhalb eines Umkreises von 25 Kilometern um den Flugplatzbezugspunkt und müssen daher bis zum Verlassen dieses Umkreises ergänzt werden. Dies wird im Folgenden bei der Anpassung an die Flugverlaufsdaten des Systems STANLY dargestellt.

Die anhand der DFS-Vorgaben modellierten Strecken wurden als Basis für die Anpassung der Flugstreckenverläufe an die flugbetriebliche Praxis anhand von STANLY-Daten verwendet.

Die Abweichungen von den veröffentlichten Streckenverläufen lassen sich unter anderem dadurch erklären, dass es den Flugverkehrslotsen gemäß den Betriebsanweisungen der DFS i.d.R. erlaubt ist, ab einer Mindestflughöhe von 3000 bzw. 5000 Fuß von den Standardverfahren (SID) abzuweichen.

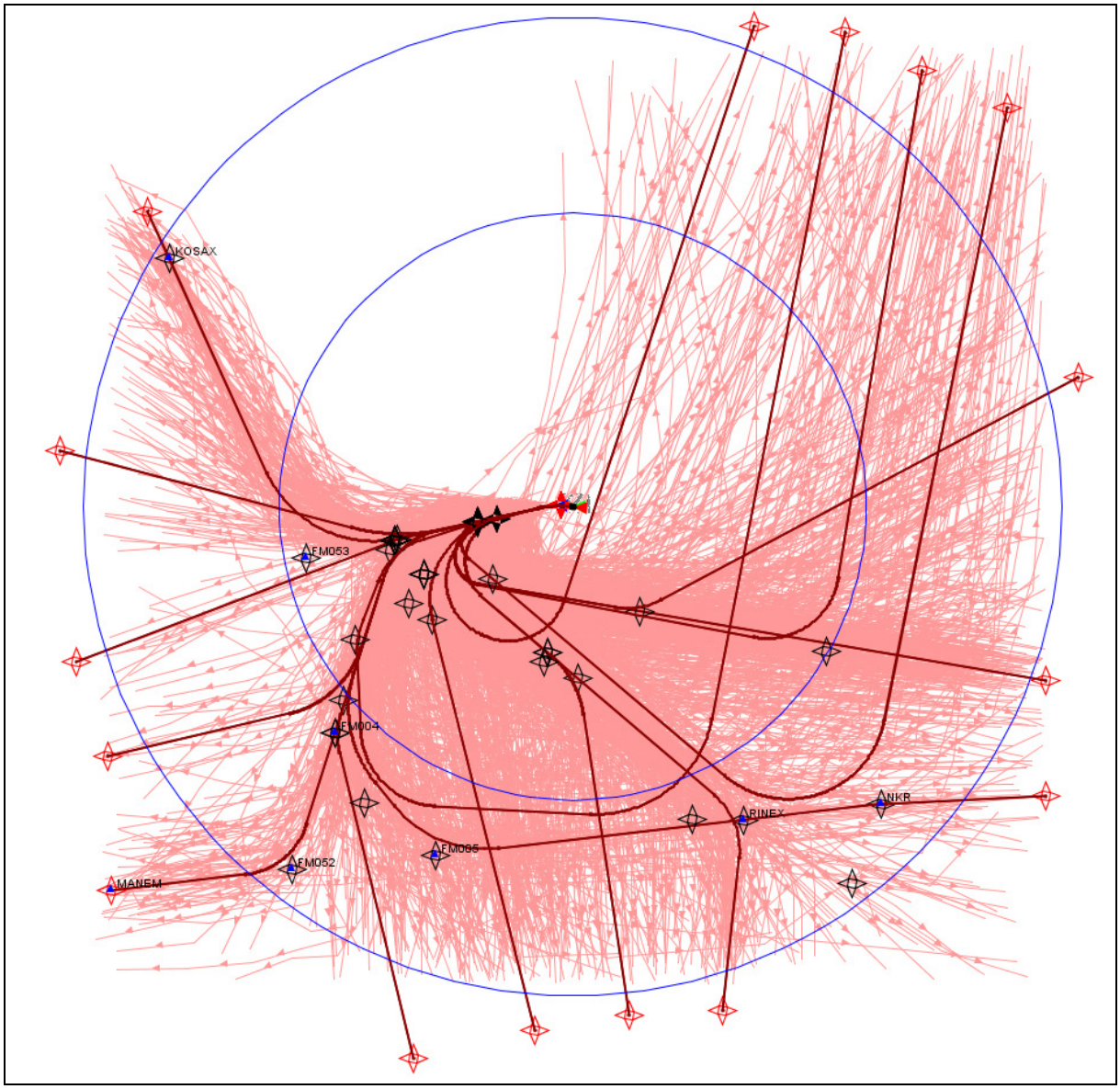

Abbildung 24: IFR-Abflugstrecken RWY 27 (OTSD-Modell)

Das vollständige und an die Flugspurdaten angepasste Modell ist in Abbildung 24 dargestellt. Das Modell der einzelnen Strecken mit Korridorbreiten folgt in den nächsten Abschnitten dieses Kapitels.

4.2.2.1 Abflug von RWY 27 nach MANEM

Die Modellierung der Abflüge Richtung MANEM ist in Abbildung 25 dargestellt. Neben der veröffentlichten SID über FM050, FM052 nach MANEM (Variante 1) wurden zwei zusätzliche Streckenführungen (Variante 2 und 3) in das Modell aufgenommen, die das in der Praxis (hier insbesondere bei Jets der AzB-Luftfahrzeuggruppe S 5.1) übliche frühzeitige Verlassen der SID Richtung Westen beschreiben.

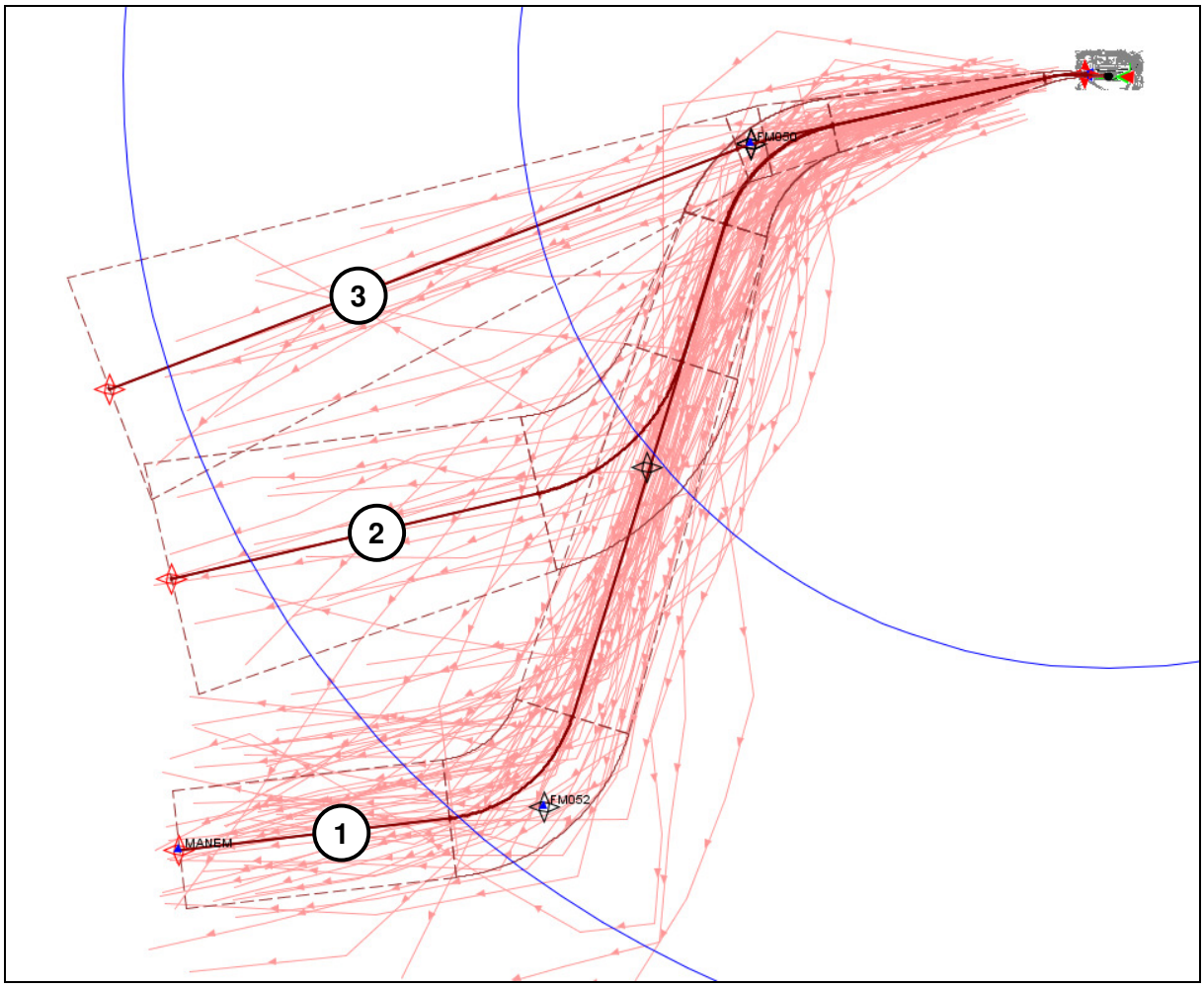

Abbildung 25: IFR-Abflüge RWY 27 MANEM (OTSD-Modell mit Streckenvarianten)

Die in den Flugbewegungsdaten dieser Abflugstrecke zugewiesenen Bewegungen wurden auf Basis einer Analyse aufgezeichneter Flugspuren den 3 modellierten Streckenvarianten wie folgt zugeordnet:

Streckenvariante	P1.3	P1.4	P2.1	S 5.1
IFR_27_nach_MANEM_1	77,0%	66,7%	41,4%	0,0%
IFR_27_nach_MANEM_2	16,4%	11,1%	31,0%	0,0%
IFR_27_nach_MANEM_3	6,6%	22,2%	27,6%	100,0%

Abbildung 26: Aufteilung der IFR-Abflüge RWY 27 MANEM nach Streckenvarianten

4.2.2.2 Abflug von RWY 27 nach OLIVI

Die Modellierung des Streckenverlaufs für Abflüge Richtung OLIVI ist in Abbildung 27 dargestellt. Die Abflüge erfolgen zum Einen über FM053 – KOSAX (Variante 1), anderseits auch direkt Richtung Westen (Variante 2).

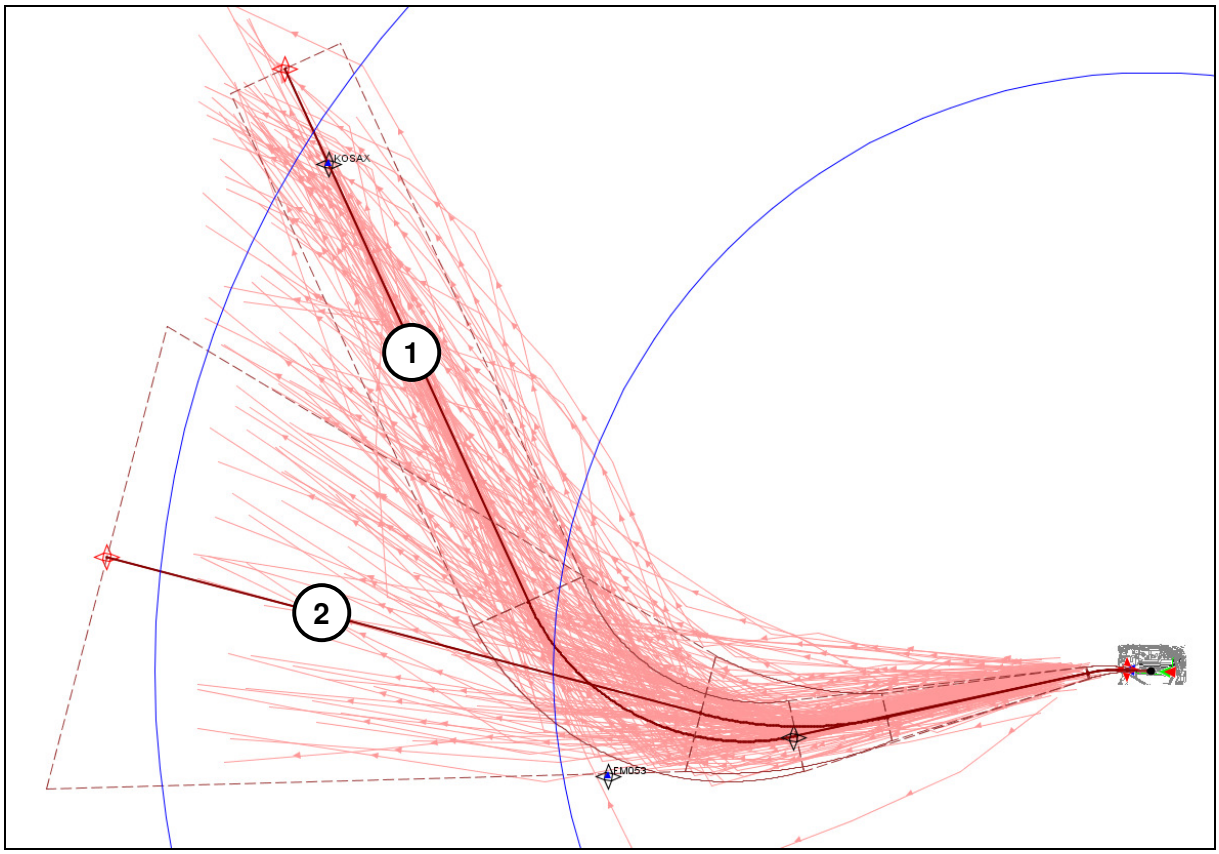

Abbildung 27: IFR-Abflüge RWY 27 OLIVI (OTSD-Modell mit Streckenvarianten)

Die in den Flugbewegungsdaten dieser Abflugstrecke zugewiesenen Bewegungen wurden auf Basis einer Analyse aufgezeichneter Flugspuren den 2 modellierten Streckenvarianten wie folgt zugeordnet:

Streckenvariante	P1.3	P1.4	P2.1	S 5.1
IFR_27_nach_OLIVI_1	93,0%	90,3%	100,0%	55,0%
IFR_27_nach_OLIVI_2	7,0%	9,7%	0,0%	45,0%

Abbildung 28: Aufteilung der IFR-Abflüge RWY 27 OLIVI nach Streckenvarianten

4.2.2.3 Abflug von RWY 27 nach RINEX

Die Modellierung der Abflüge über RINEX in Richtung Süden ist in Abbildung 29 dargestellt.

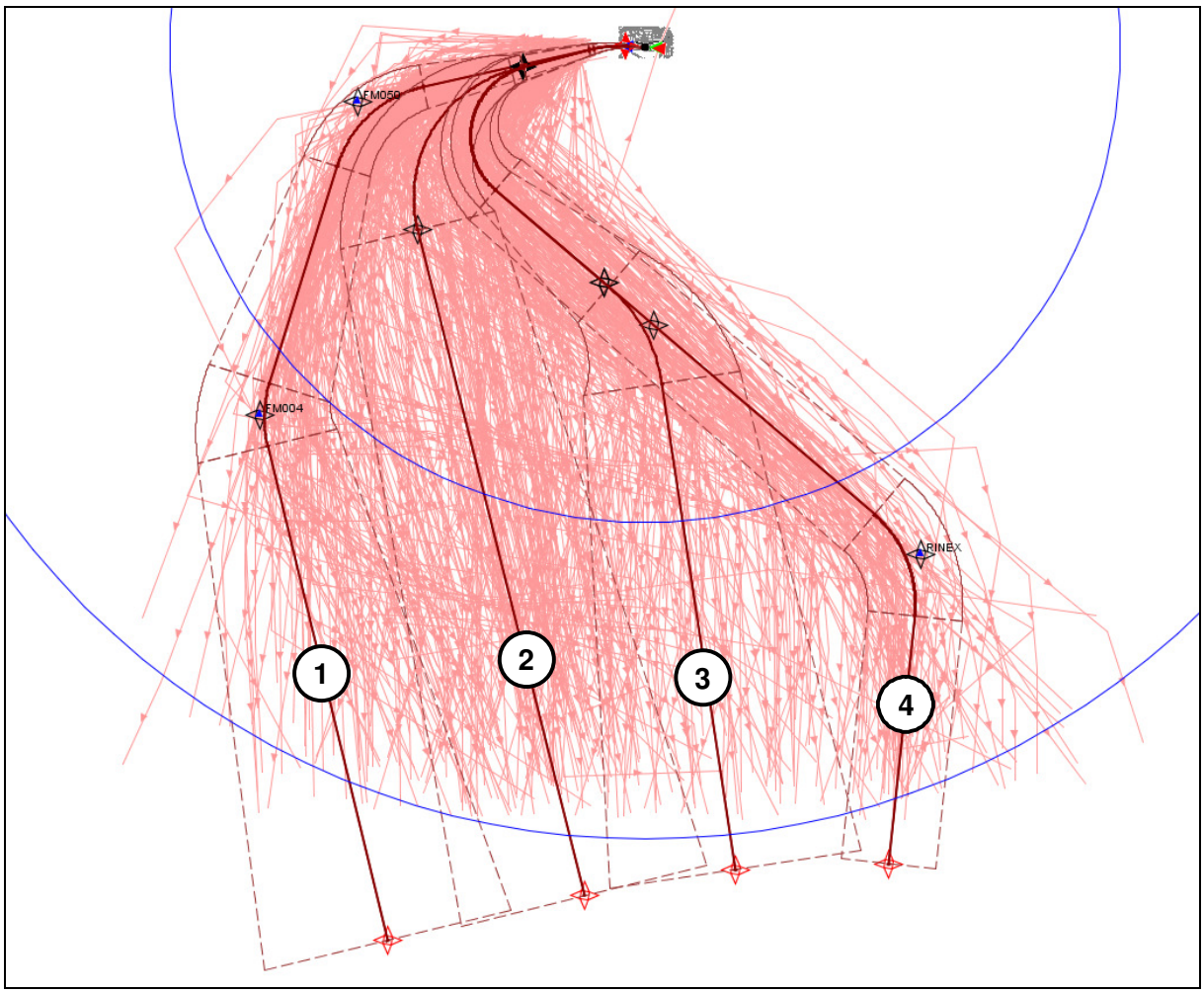

Abbildung 29: IFR-Abflüge RWY 27 RINEX (OTSD-Modell mit Streckenvarianten)

Die in der Praxis auftretende Auffächerung der Abflüge in Richtung Süden wurde im Modell mit insgesamt 4 Varianten erfasst. Ein Teil der Abflüge nutzt die veröffentlichte Streckenführung über FM050 - FM004 (Variante 1), Variante 2 beschreibt eine direkte Führung nach dem Start Richtung Süden. Die Streckenführung der Varianten 3 und 4 verläuft zunächst in Richtung des Punktes RINEX und erst dann Richtung Süden.

Die in den Flugbewegungsdaten dieser Abflugstrecke zugewiesenen Bewegungen wurden auf Basis einer Analyse aufgezeichneter Flugspuren den 4 modellierten Streckenvarianten wie folgt zugeordnet:

Streckenvariante	P1.3	P1.4	P2.1	S 5.1
IFR_27_nach_RINEX_1	22,0%	27,6%	27,2%	19,7%
IFR_27_nach_RINEX_2	29,9%	27,6%	35,1%	34,7%
IFR_27_nach_RINEX_3	16,5%	27,6%	19,2%	25,9%
IFR_27_nach_RINEX_4	31,7%	17,2%	18,5%	19,7%

Abbildung 30: Aufteilung der IFR-Abflüge RWY 27 RINEX nach Streckenvarianten

4.2.2.4 Abflug von RWY 27 nach ROLSO

Die Modellierung der Abflüge der SID ROLSO ist in Abbildung 31 dargestellt. Die veröffentlichte Streckenführung über FM050 – FM004 – FM005 (Variante 1) wird nur von wenigen Abflügen genutzt. Stattdessen sind bei der überwiegenden Anzahl der Abflüge Direktführungen nach einer Linkkurve Richtung ROLSA zu beobachten (Variante 2). Ein nicht unerheblicher Teil der Abflüge dreht darüber hinaus bereits innerhalb des 15km-Umkreises Richtung Nordosten ab (Variante 3).

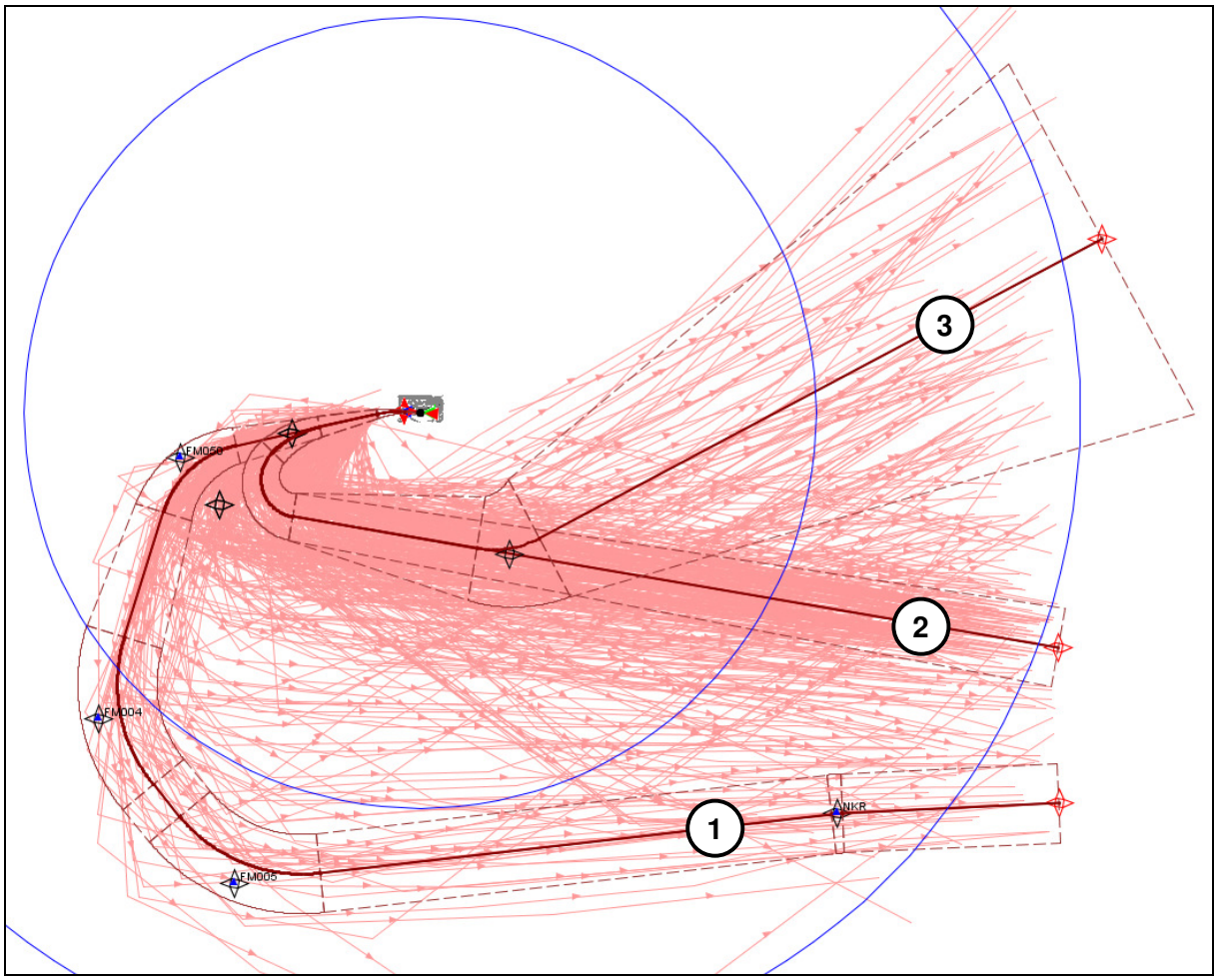

Abbildung 31: IFR-Abflüge RWY 27 ROLSO (OTSD-Modell mit Streckenvarianten)

Die in den Flugbewegungsdaten dieser Abflugstrecke zugewiesenen Bewegungen wurden auf Basis einer Analyse aufgezeichneter Flugspuren den 3 modellierten Streckenvarianten wie folgt zugeordnet:

Streckenvariante	P1.3	P1.4	P2.1	S 5.1
IFR_27_nach_ROLSO_1	15,4%	10,6%	15,4%	10,7%
IFR_27_nach_ROLSO_2	61,5%	63,8%	56,8%	61,2%
IFR_27_nach_ROLSO_3	23,1%	25,5%	27,8%	28,2%

Abbildung 32: Aufteilung der IFR-Abflüge RWY 27 ROLSO nach Streckenvarianten

4.2.2.5 Abflug von RWY 27 nach UMDAS

Die Modellierung der Abflüge UMDAS Richtung Norden ist in Abbildung 33 dargestellt.

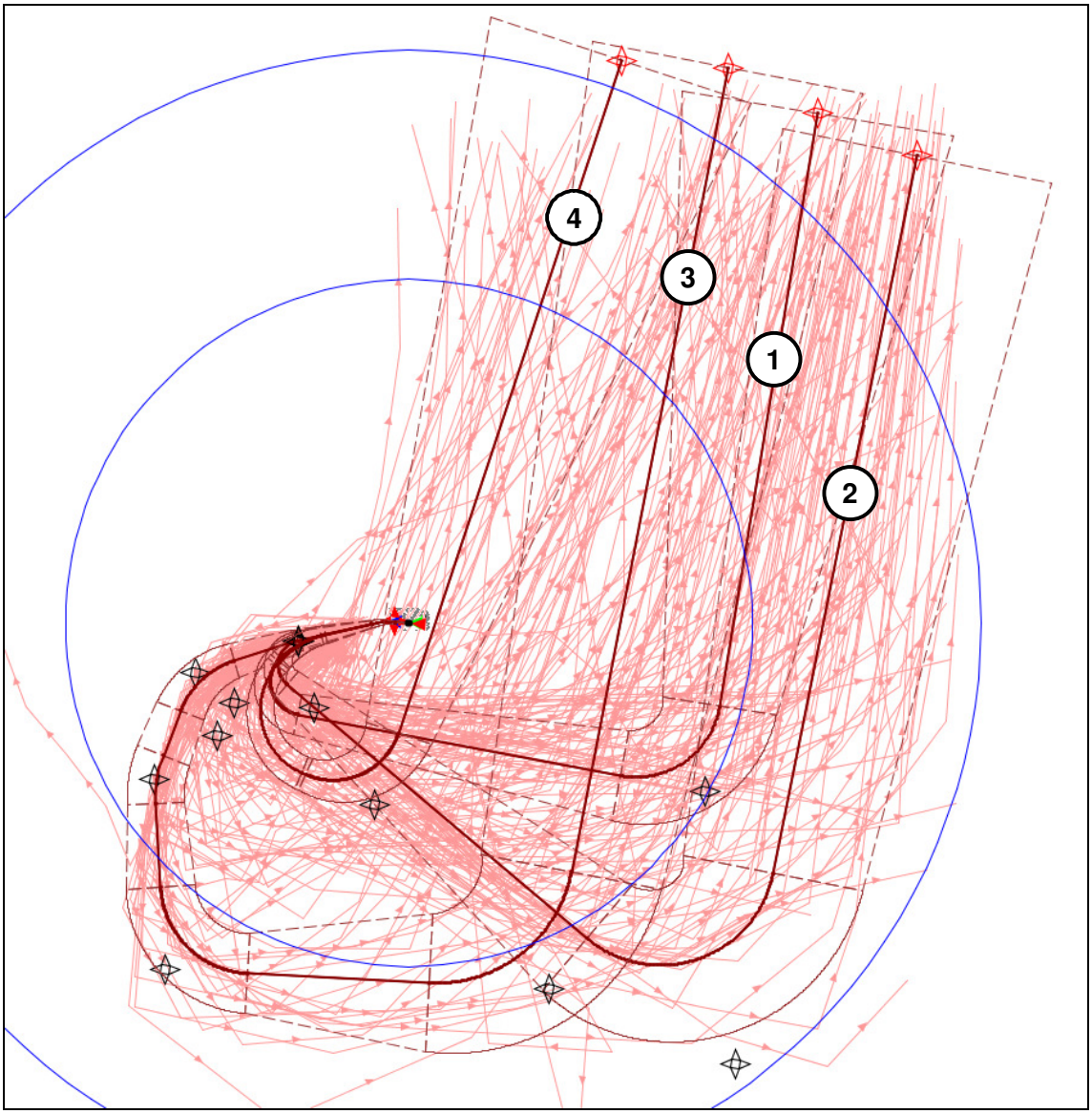

Abbildung 33: IFR-Abflüge RWY 27 UMDAS (OTSD-Modell mit Streckenvarianten)

Die in den Flugbewegungsdaten dieser Abflugstrecke zugewiesenen Bewegungen wurden auf Basis einer Analyse aufgezeichneter Flugspuren den 4 modellierten Streckenvarianten wie folgt zugeordnet:

Streckenvariante	P1.3	P1.4	P2.1	S 5.1
IFR_27_nach_UMDAS_1	43,8%	26,7%	31,8%	31,0%
IFR_27_nach_UMDAS_2	6,3%	26,7%	27,1%	17,2%
IFR_27_nach_UMDAS_3	37,5%	26,7%	20,6%	27,6%
IFR_27_nach_UMDAS_4	12,5%	20,0%	20,6%	24,1%

Abbildung 34: Aufteilung der IFR-Abflüge RWY 27 UMDAS nach Streckenvarianten

4.3 Betriebsrichtung Ost (09)

4.3.1 Anflugstrecken

Darstellungen oder Verfahrensbeschreibungen von Anflugstrecken für die Landebahn 09 wurden von der DFS nicht erstellt. Das nachfolgend beschriebene Modell basiert daher auf der Beschreibung der lokalen DFS-Verfahren für den Flugplatz Mannheim City:

> Anflüge RWY 09:
>
> Die Anflüge werden in der Regel wie Anflüge RWY 27 geführt und dann für einen Circling Approach RWY 09 freigegeben. Nur Sichtanflüge werden aus allen Richtungen direkt auf die Piste 09 durchgeführt.

Abbildung 35: Beschreibung lokaler DFS-Verfahren (Ausschnitt für Anflüge BR 09)

Das Modell der IFR-Anflugstrecken für die Landebahn 09 enthält daher sowohl sog. „Circling Approaches“, die zunächst wie Anflüge auf die Bahn 27 geführt werden als auch direkte Anflüge aus verschiedenen Richtungen. Bei vielen der Anflüge handelt es sich – wie bei BR West – mit großer Wahrscheinlichkeit um sog. „Visual Approaches“.

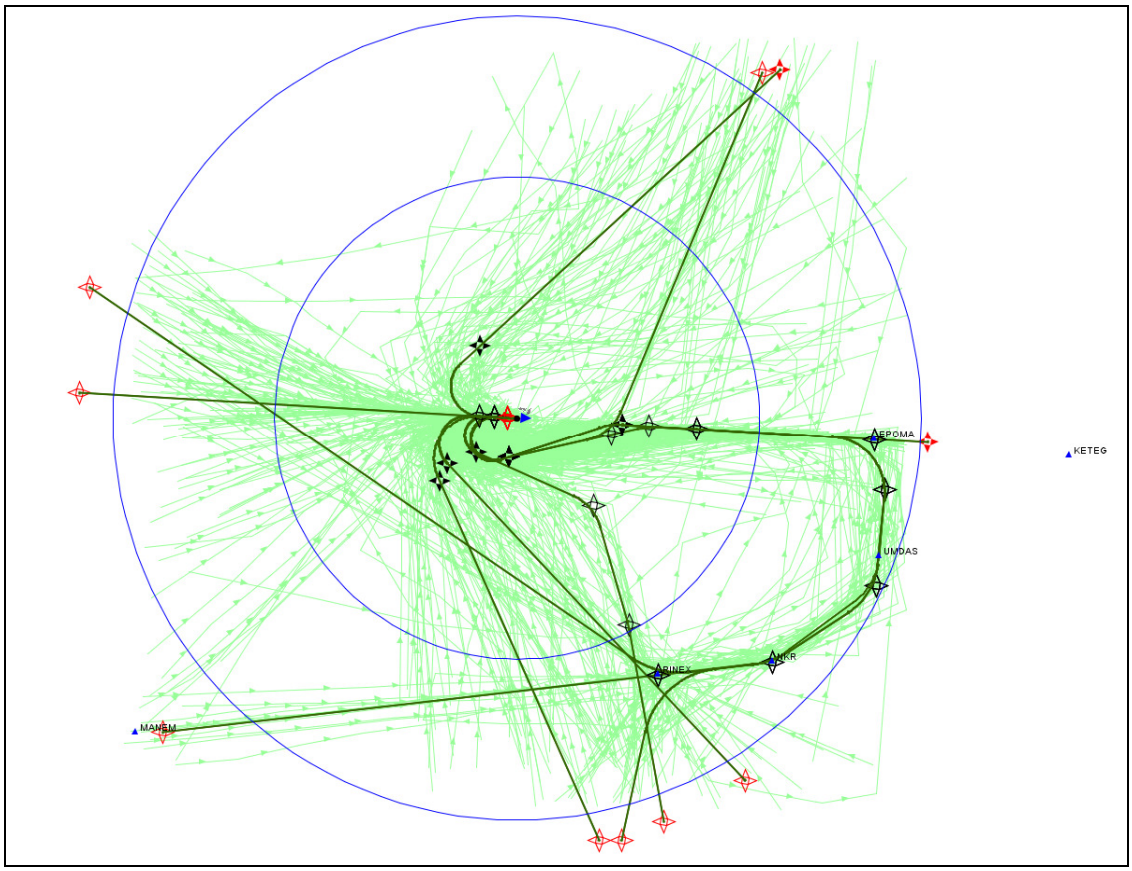

Abbildung 36: Anflugstrecken RWY 09 (OTSD-Modell auf Basis von STANLY-Daten)

Die Streckenverläufe wurden auf Basis der STANLY-Flugspuraufzeichnungen an die flugbetrieblichen Praxis angepasst und als Anflugstreckenvarianten im DES erfasst.

4.3.1.1 Anflug auf RWY 09 von KETEG

Die Streckenführung für Anflüge aus Richtung Osten von KETEG zeigt Abbildung 37.

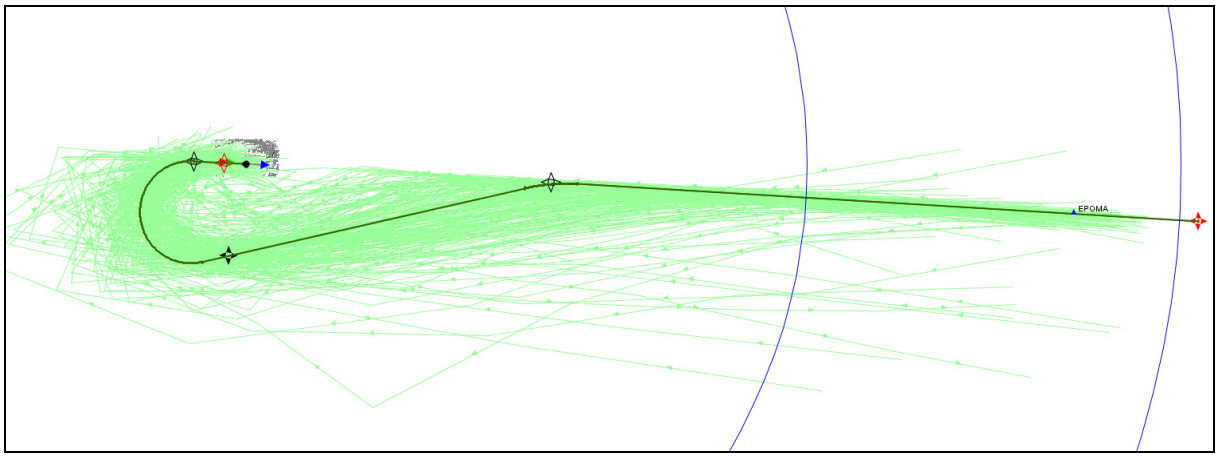

Abbildung 37: IFR-Anflüge RWY 09 KETEG (OTSD-Modell)

Der Landeanflug erfolgt als sog. „Circling Approach“ zunächst wie Anflüge auf die Landebahn 27, etwa 3 NM von der Landeschwelle 27 entfernt erfolgt dann ein Kurvenflug, der kurz vor dem Aufsetzpunkt der Bahn 09 endet.

4.3.1.2 Anflug auf RWY 09 von MANEM

Die Streckenführung für Anflüge von MANEM auf die Landebahn 09 zeigt Abbildung 38. Der Anflug erfolgt auch hier als sog. „Circling Approach“.

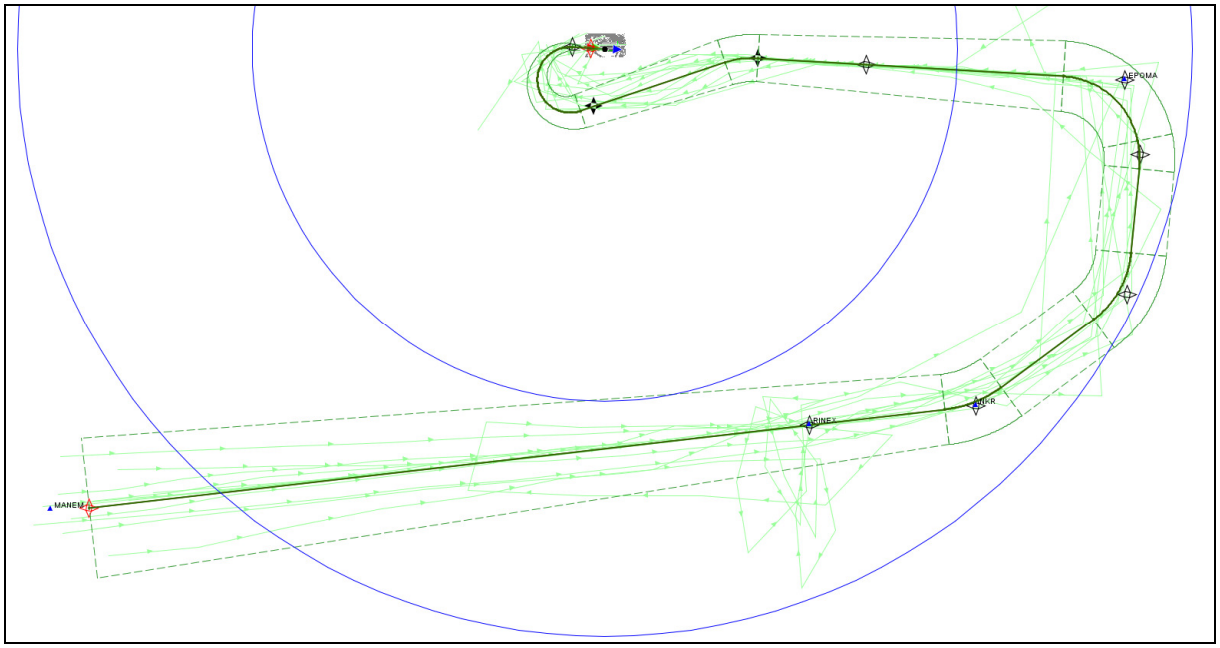

Abbildung 38: IFR-Anflüge RWY 09 MANEM (OTSD-Modell)

4.3.1.3 Anflug auf RWY 09 von NORTH

Die Streckenführung für Anflüge aus Richtung Norden (im DES mit „NORTH“ bezeichnet) erfolgt in zwei Varianten (siehe Abbildung 39). Variante 1 führt nördlich des Platzes direkt auf den Endanflug, die Variante 2 verläuft südlich des Platzes.

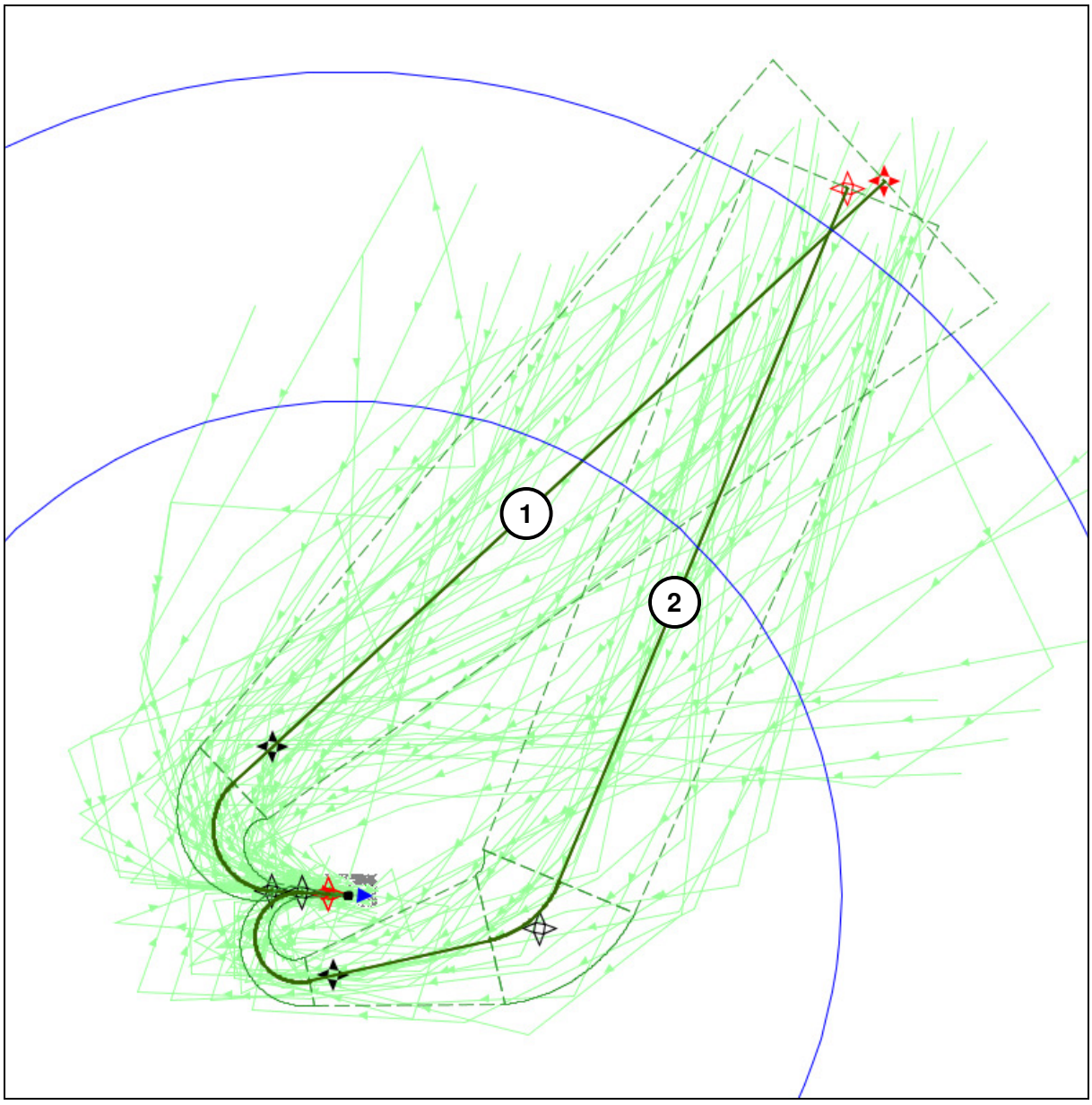

Abbildung 39: IFR-Anflüge RWY 09 NORTH (OTSD-Modell mit Streckenvarianten)

Die Aufteilung der Flugbewegungsdaten auf die zwei 2 modellierten Streckenvarianten ist nachfolgend dargestellt:

Streckenvariante	P1.3	P1.4	P2.1	S 5.1
IFR_09_von_NORTH_1	50,0%	66,7%	60,0%	76,9%
IFR_09_von_NORTH_2	50,0%	33,3%	40,0%	23,1%

Abbildung 40: Aufteilung der IFR-Anflüge RWY 09 NORTH nach Streckenvarianten

4.3.1.4 Anflug auf RWY 09 von OLIVI

Die Streckenführung für Anflüge aus Richtung Nordwesten (von OLIVI) zeigt Abbildung 41. Der Anflug erfolgt auch hier als sog. „Circling Approach“.

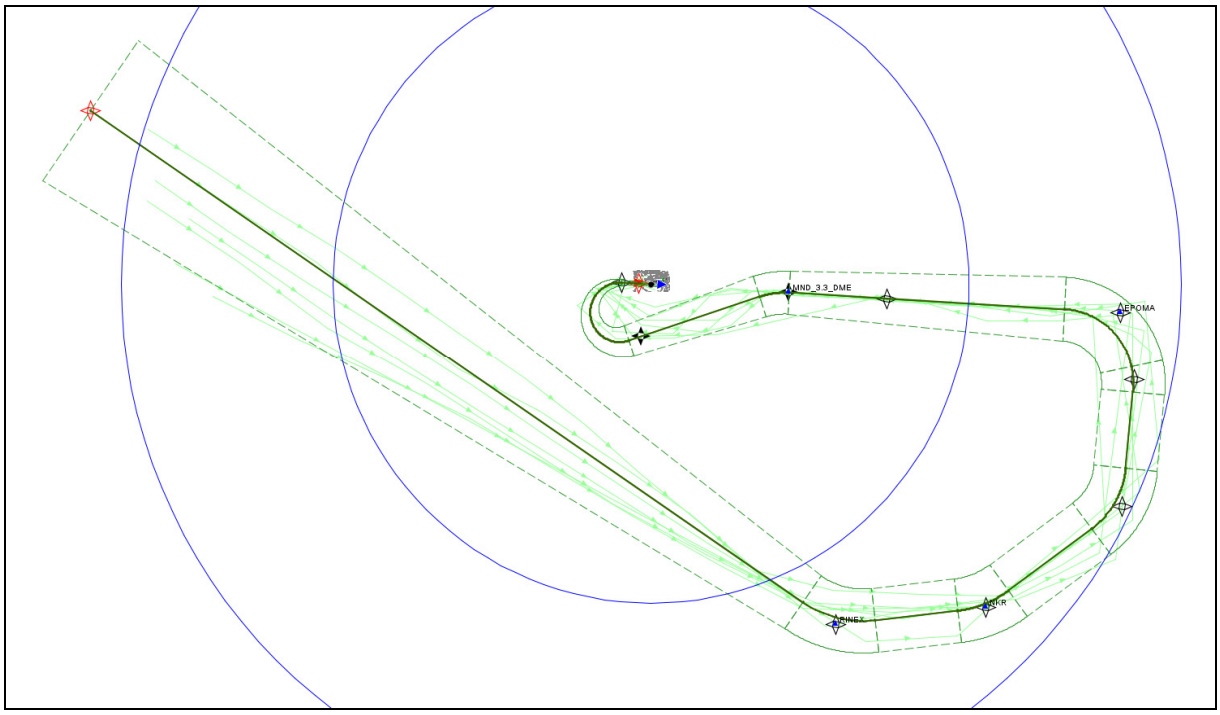

Abbildung 41: IFR-Anflüge RWY 009 OLIVI (OTSD-Modell)

4.3.1.5 Anflug auf RWY 09 von RINEX

Die Streckenführung für Anflüge aus Richtung Süden über RINEX zeigt Abbildung 42.

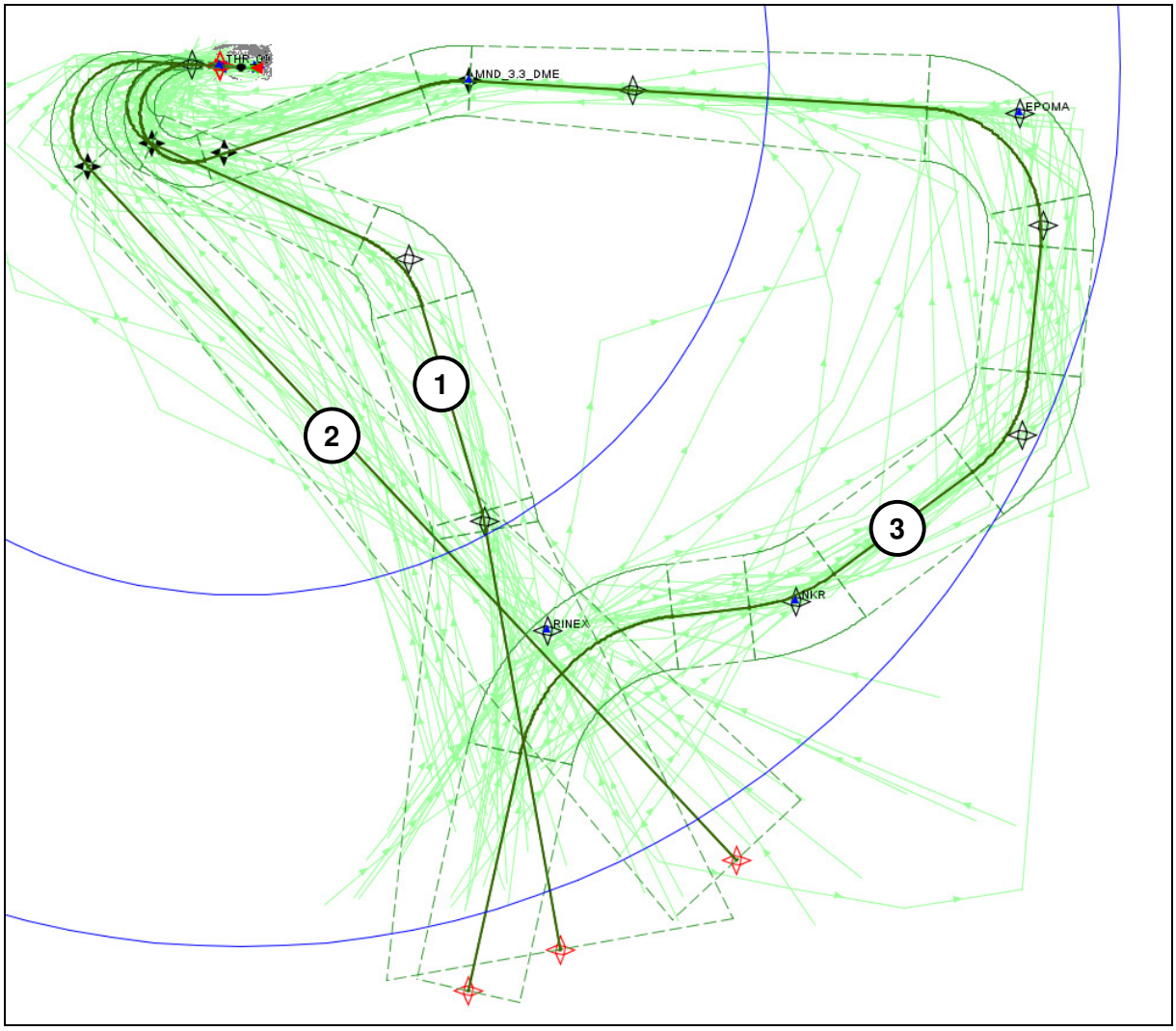

Abbildung 42: IFR-Anflüge RWY 09 RINEX (OTSD-Modell mit Streckenvarianten)

Die in den Flugbewegungsdaten dieser Anflugstrecke zugewiesenen Bewegungen wurden auf Basis der Analyse aufgezeichneter Flugspuren den 3 modellierten Streckenvarianten wie folgt zugeordnet:

Streckenvariante	P1.3	P1.4	P2.1	S 5.1
IFR_09_von_RINEX_1	19,0%	63,6%	67,7%	0,0%
IFR_09_von_RINEX_2	0,0%	0,0%	0,0%	93,8%
IFR_09_von_RINEX_3	81,0%	36,4%	32,3%	6,3%

Abbildung 43: Aufteilung der IFR-Anflüge RWY 09 RINEX nach Streckenvarianten

4.3.1.6 Anflug auf RWY 09 von SOUTH

Die Streckenführung für direkte Anflüge aus Richtung Süden (im DES mit „SOUTH“ bezeichnet) zeigt Abbildung 44.

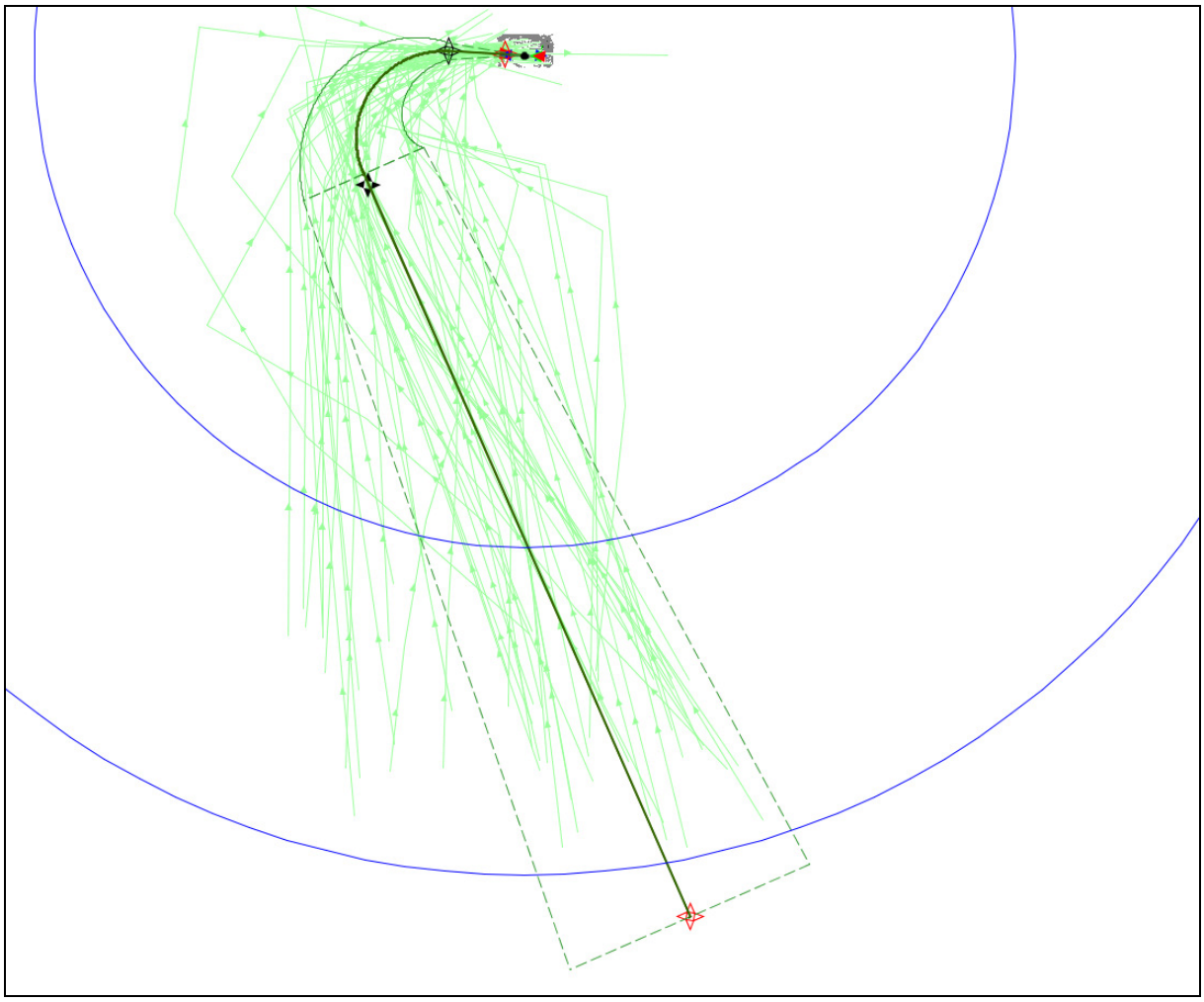

Abbildung 44: IFR-Anflüge RWY 09 SOUTH (OTSD-Modell)

4.3.1.7 Anflug auf RWY 09 von WEST

Die Streckenführung für Anflüge aus Richtung Westen (im DES mit „WEST“ bezeichnet) zeigt Abbildung 45.

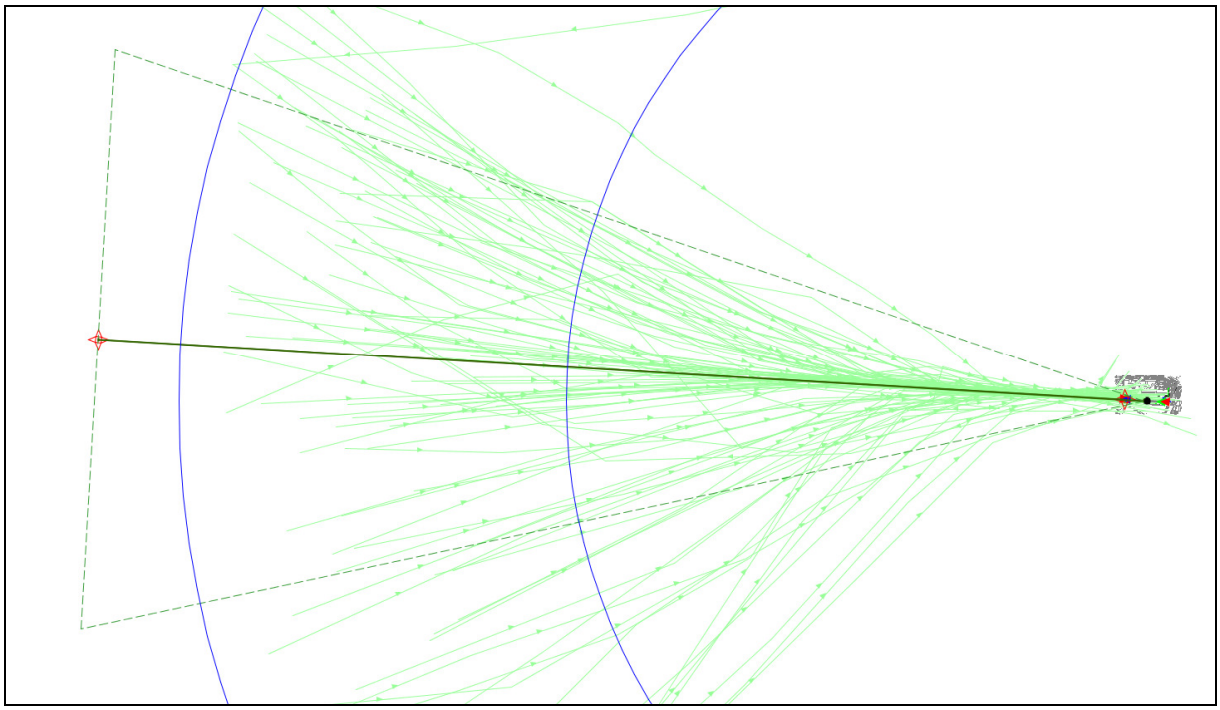

Abbildung 45: IFR-Anflüge RWY 09 WEST (OTSD-Modell)

4.3.2 Abflugstrecken

Für die Modellierung der Abflugstrecken der Betriebsrichtung Ost wurden die von der DFS übermittelten Beschreibungen der SID-Streckenverläufe (Abbildung 46) als Basis verwendet und im OTSD-Modell (Abbildung 47) umgesetzt.

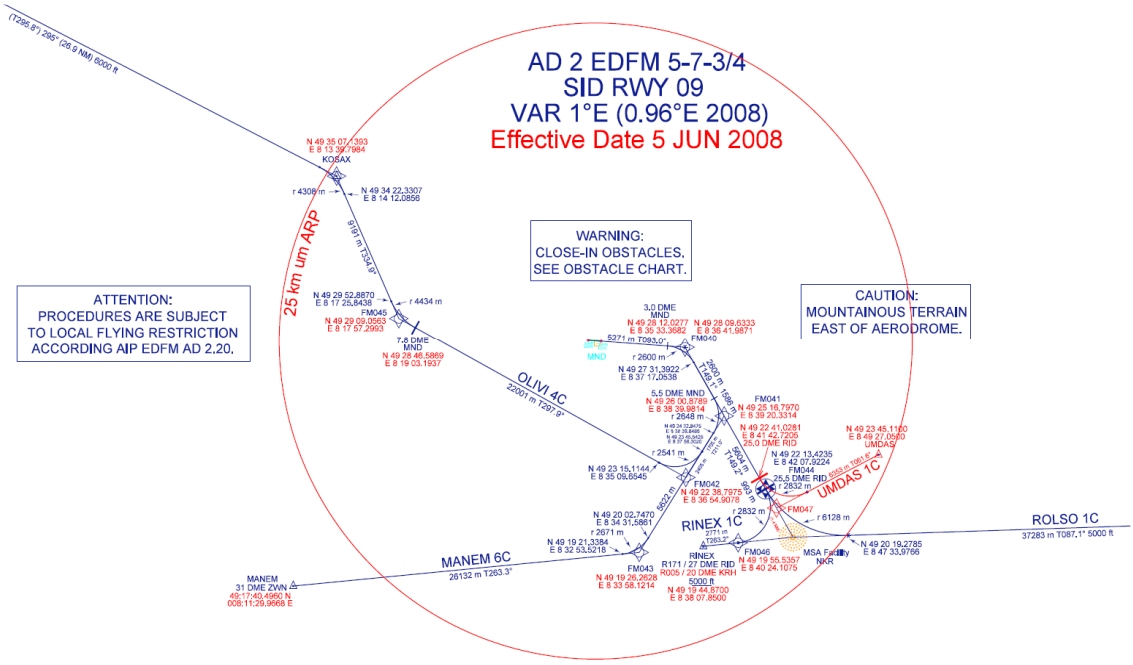

Abbildung 46: IFR-Abflugstrecken RWY 09 (Datenlieferung DFS)

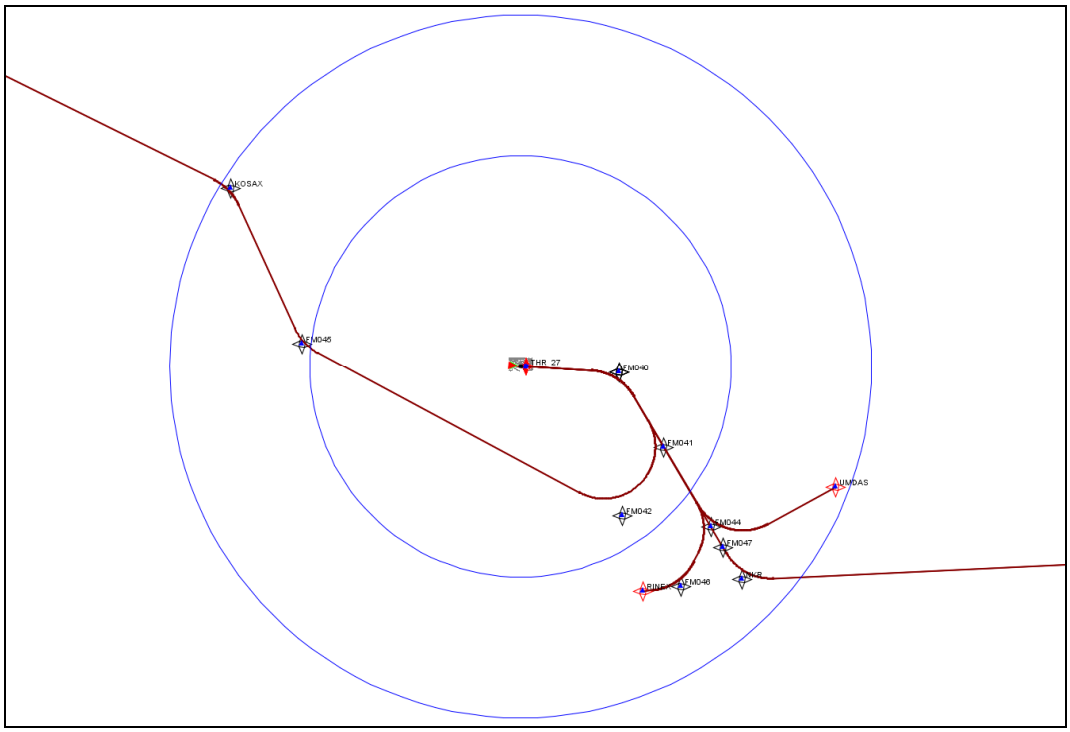

Abbildung 47: IFR-Abflugstrecken RWY 09 (OTSD-Modell nach DFS-Vorgaben)

Die Streckenführungen nach RINEX und UMDAS enden (wie die Verfahren der Betriebsrichtung 27) innerhalb eines Umkreises von 25 Kilometern um den Flugplatzbezugspunkt und müssen daher bis zum Verlassen dieses Umkreises ergänzt werden. Dies wird im Folgenden bei der Anpassung an die Flugverlaufsdaten des Systems STANLY dargestellt.

Die anhand der DFS-Vorgaben modellierten Strecken wurden als Basis für die Anpassung der Flugstreckenverläufe an die flugbetriebliche Praxis anhand von STANLY-Daten verwendet. Das vollständige und an die Flugspurdaten angepasste Modell ist in Abbildung 48 dargestellt, das Modell der einzelnen Strecken mit Korridorbreiten folgt in den nächsten Abschnitten dieses Kapitels.

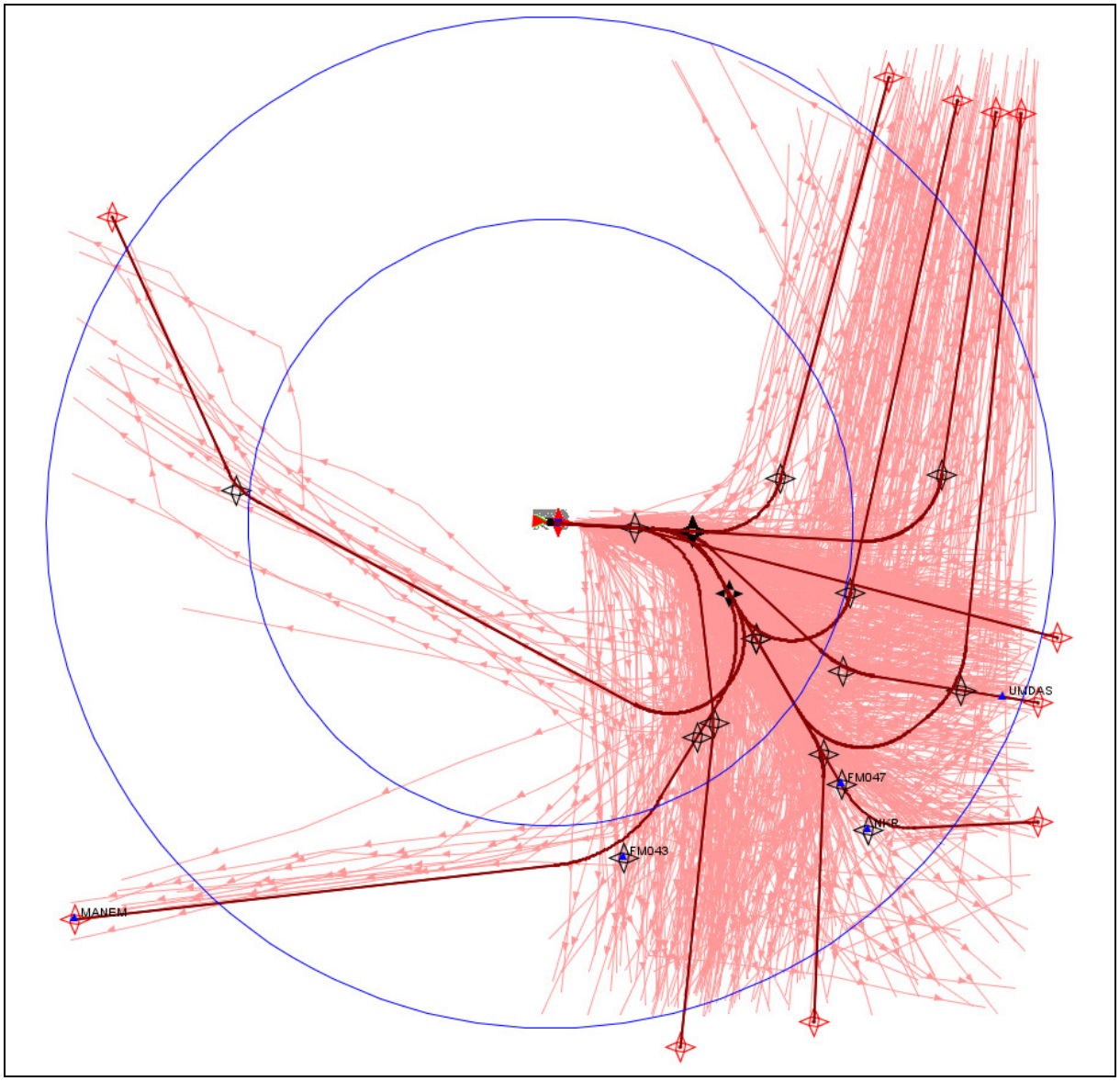

Abbildung 48: IFR-Abflugstrecken RWY 09 (OTSD-Modell)

4.3.2.1 Abflug von RWY 09 nach MANEM

Die Modellierung der Abflüge Richtung MANEM ist in Abbildung 49 dargestellt.

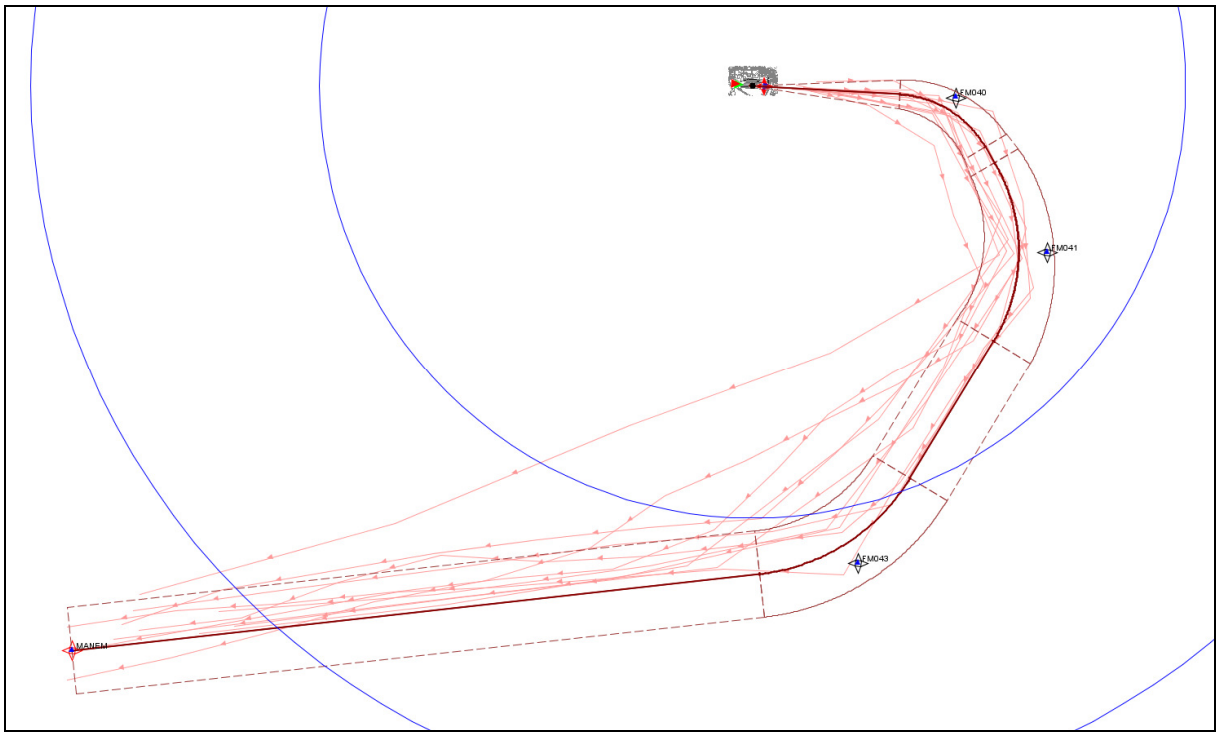

Abbildung 49: IFR-Abflüge RWY 09 MANEM (OTSD-Modell)

4.3.2.2 Abflug von RWY 09 nach OLIVI

Die Modellierung der Abflüge in Richtung OLIVI ist in Abbildung 49 dargestellt.

Für eine Anpassung an die Flugverlaufsdaten des Systems STANLY standen nur sehr wenige Daten zur Verfügung, daher entspricht der Verlauf dieser Abflugstrecke weitgehend der Beschreibung des veröffentlichten Verfahrens der DFS.

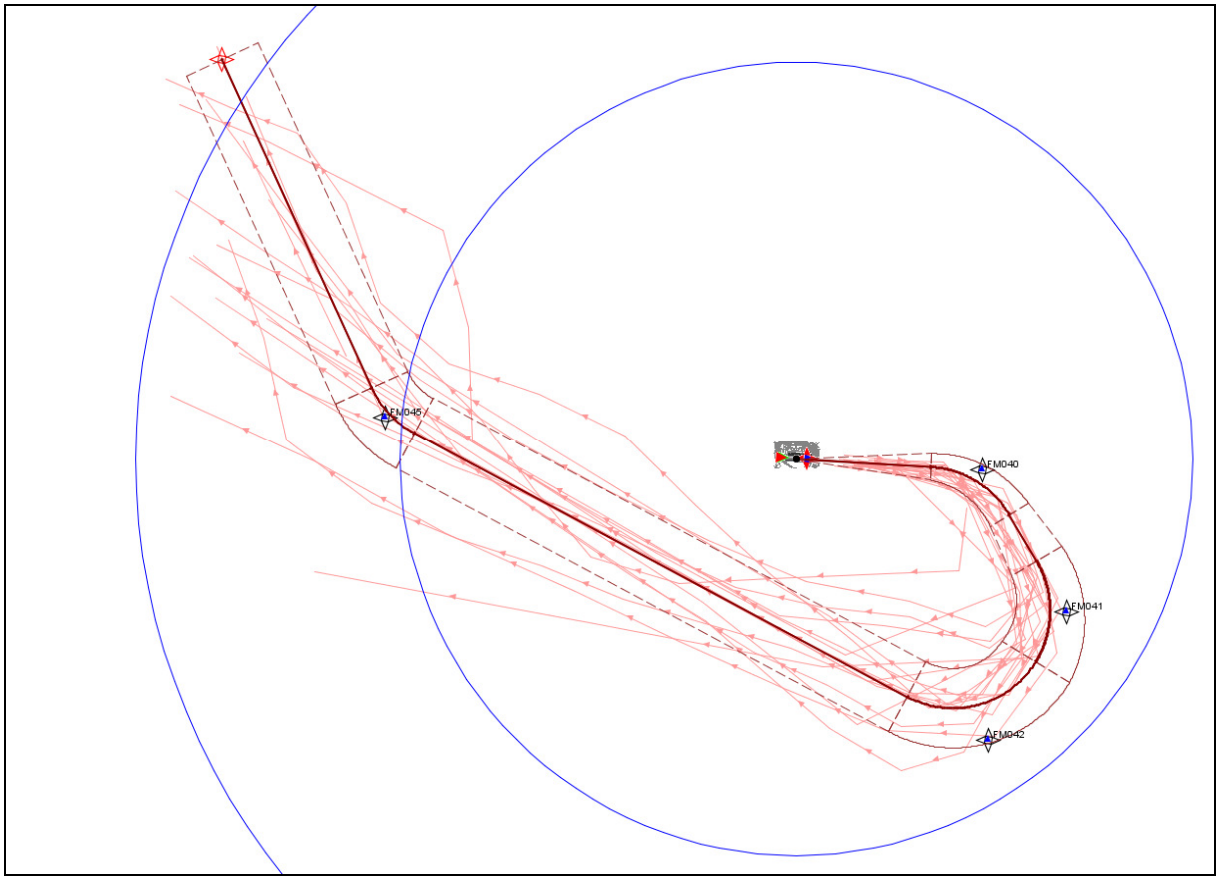

Abbildung 50: IFR-Abflüge RWY 09 OLIVI (OTSD-Modell mit Streckenvarianten)

4.3.2.3 Abflug von RWY 09 nach RINEX

Die Modellierung der Abflüge RINEX in Richtung Süden ist in Abbildung 49 dargestellt.

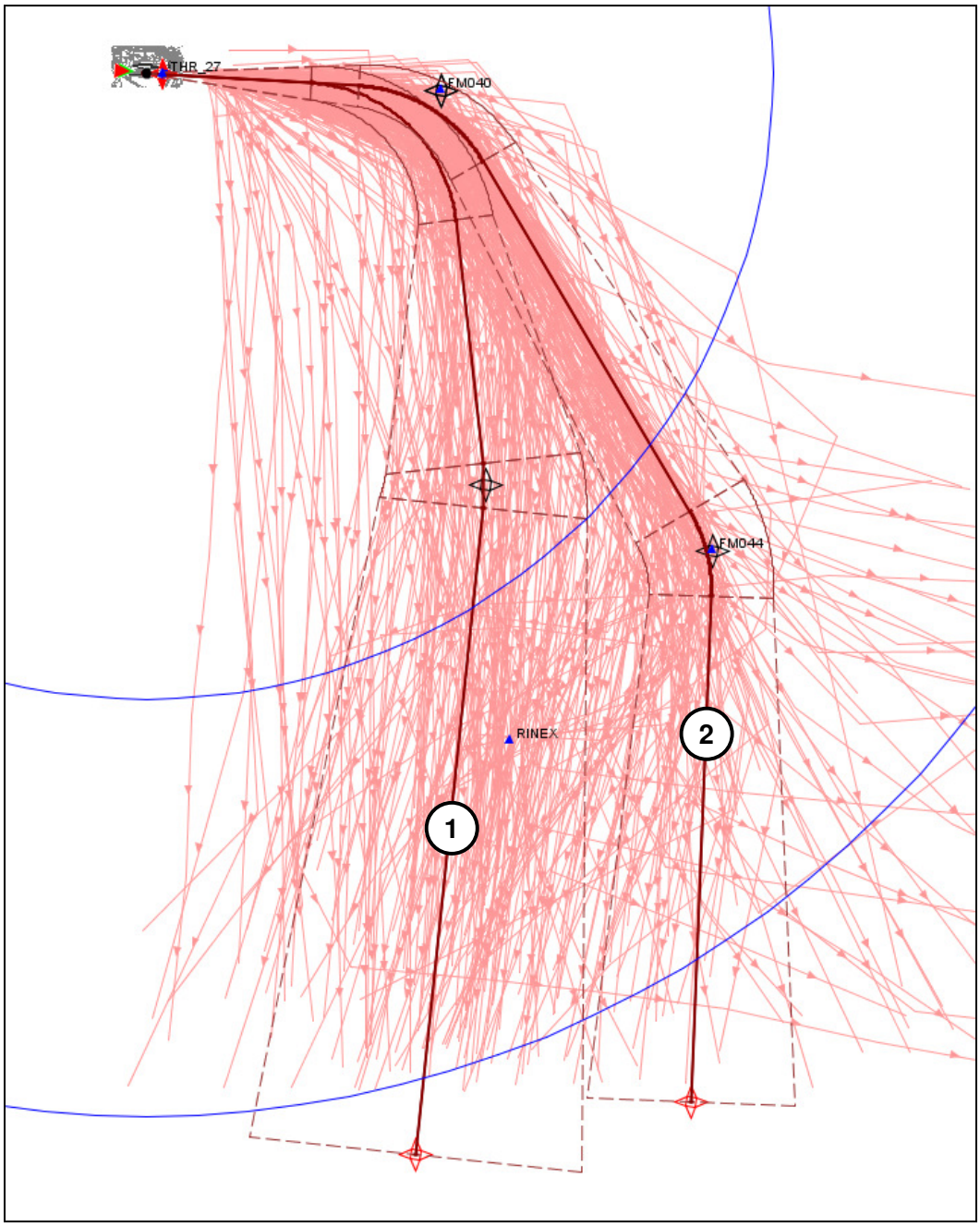

Abbildung 51: IFR-Abflüge RWY 09 RINEX (OTSD-Modell mit Streckenvarianten)

Die in den Flugbewegungsdaten dieser Abflugstrecke zugewiesenen Bewegungen wurden auf Basis einer Analyse aufgezeichneter Flugspuren den 2 modellierten Streckenvarianten wie folgt zugeordnet:

Streckenvariante	P1.3	P1.4	P2.1	S 5.1
IFR_09_nach_RINEX_1	36,4%	32,4%	64,0%	46,3%
IFR_09_nach_RINEX_2	63,6%	67,6%	36,0%	53,7%

Abbildung 52: Aufteilung der IFR-Abflüge RWY 09 RINEX nach Streckenvarianten

4.3.2.4 Abflug von RWY 09 nach ROLSO

Die Modellierung der Abflüge ROLSO in Richtung Osten ist in Abbildung 49 dargestellt.

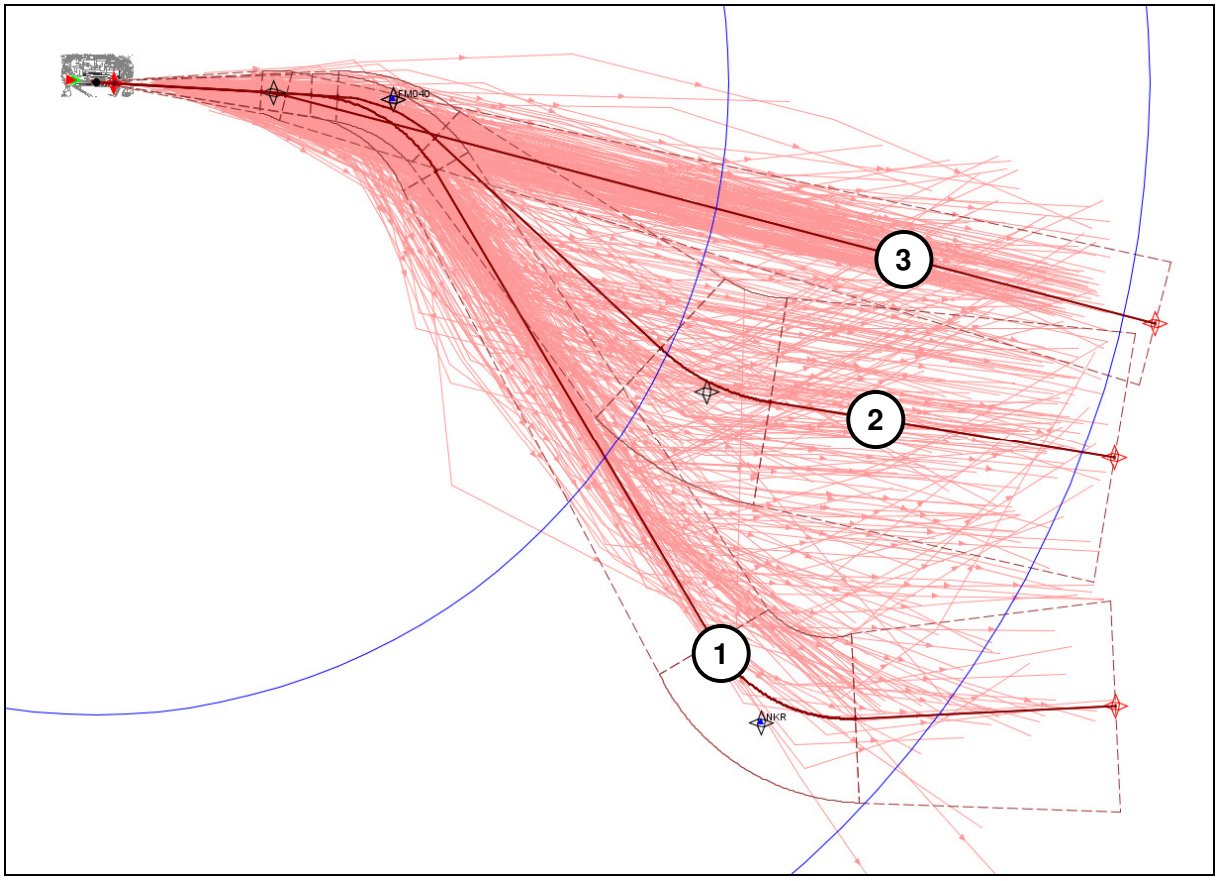

Abbildung 53: IFR-Abflüge RWY 09 ROLSO (OTSD-Modell mit Streckenvarianten)

Die in den Flugbewegungsdaten dieser Abflugstrecke zugewiesenen Bewegungen wurden auf Basis einer Analyse aufgezeichneter Flugspuren den 3 modellierten Streckenvarianten wie folgt zugeordnet:

Streckenvariante	P1.3	P1.4	P2.1	S 5.1
IFR_09_nach_ROLSO_1	66,7%	23,1%	17,9%	15,8%
IFR_09_nach_ROLSO_2	19,0%	23,1%	35,4%	32,6%
IFR_09_nach_ROLSO_3	14,3%	53,8%	46,7%	51,6%

Abbildung 54: Aufteilung der IFR-Abflüge RWY 09 ROLSO nach Streckenvarianten

4.3.2.5 Abflug von RWY 09 nach UMDAS

Die Modellierung der Abflüge UMDAS in Richtung Norden ist in Abbildung 49 dargestellt.

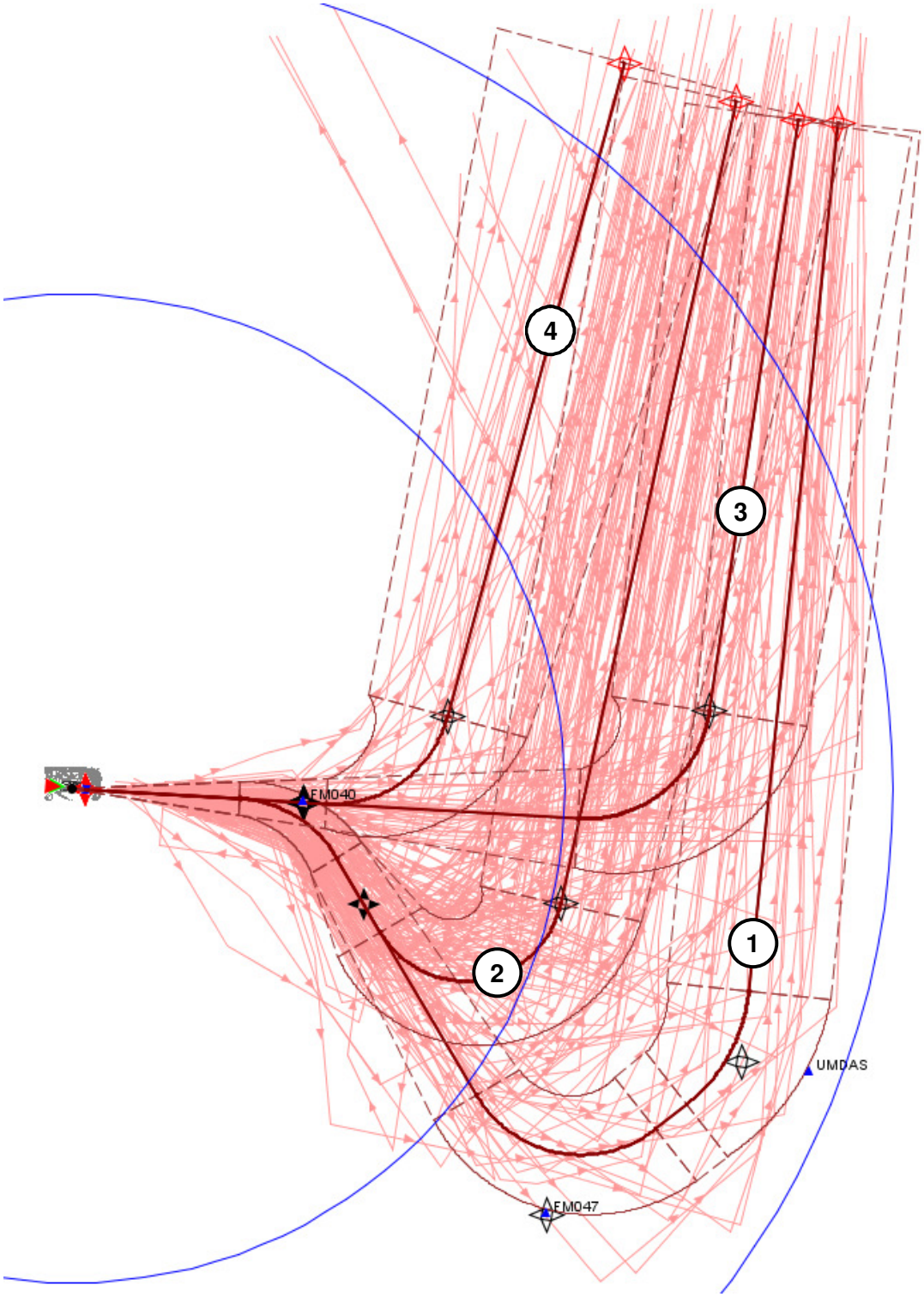

Abbildung 55: IFR-Abflüge RWY 09 UMDAS (OTSD-Modell mit Streckenvarianten)

Die in den Flugbewegungsdaten dieser Abflugstrecke zugewiesenen Bewegungen wurden auf Basis einer Analyse aufgezeichneter Flugspuren den 4 modellierten Streckenvarianten wie folgt zugeordnet:

Streckenvariante	P1.3	P1.4	P2.1	S 5.1
IFR_09_nach_UMDAS_1	22,2%	6,3%	11,9%	16,0%
IFR_09_nach_UMDAS_2	44,4%	56,3%	60,8%	36,0%
IFR_09_nach_UMDAS_3	11,1%	12,5%	16,1%	24,0%
IFR_09_nach_UMDAS_4	22,2%	25,0%	11,2%	24,0%

Abbildung 56: Aufteilung der IFR-Abflüge RWY 09 UMDAS nach Streckenvarianten

5 Modellierung der VFR-Flugstrecken

5.1 Flugbewegungen mit Flugzeugen

An- und Abflugstrecken nach Sichtflugregeln wurden entsprechend den in der AIP-VFR enthaltenen Darstellungen und von bzw. zu den dort aufgeführten Meldepunkten („CHARLIE“, „ECHO“, „SIERRA“ und „WHISKEY“) modelliert.

Zusätzlich zu der in der AIP-VFR darstellten Nutzung wurde die nach Angaben des Flughafens ebenfalls genutzte Anflugstrecke über den Meldepunkt CHARLIE auf die Landebahn 09 (RWY 09) aufgenommen.

Die Modellierung der Flugstrecken wurde gemäß den AzD-Vorgaben so ergänzt, dass alle Anflugstrecken außerhalb des 15km-Umkreises um den Flugplatzbezugspunkt beginnen und Abflugstrecken dessen Grenze ebenfalls passieren.

5.1.1 Anflugstrecken

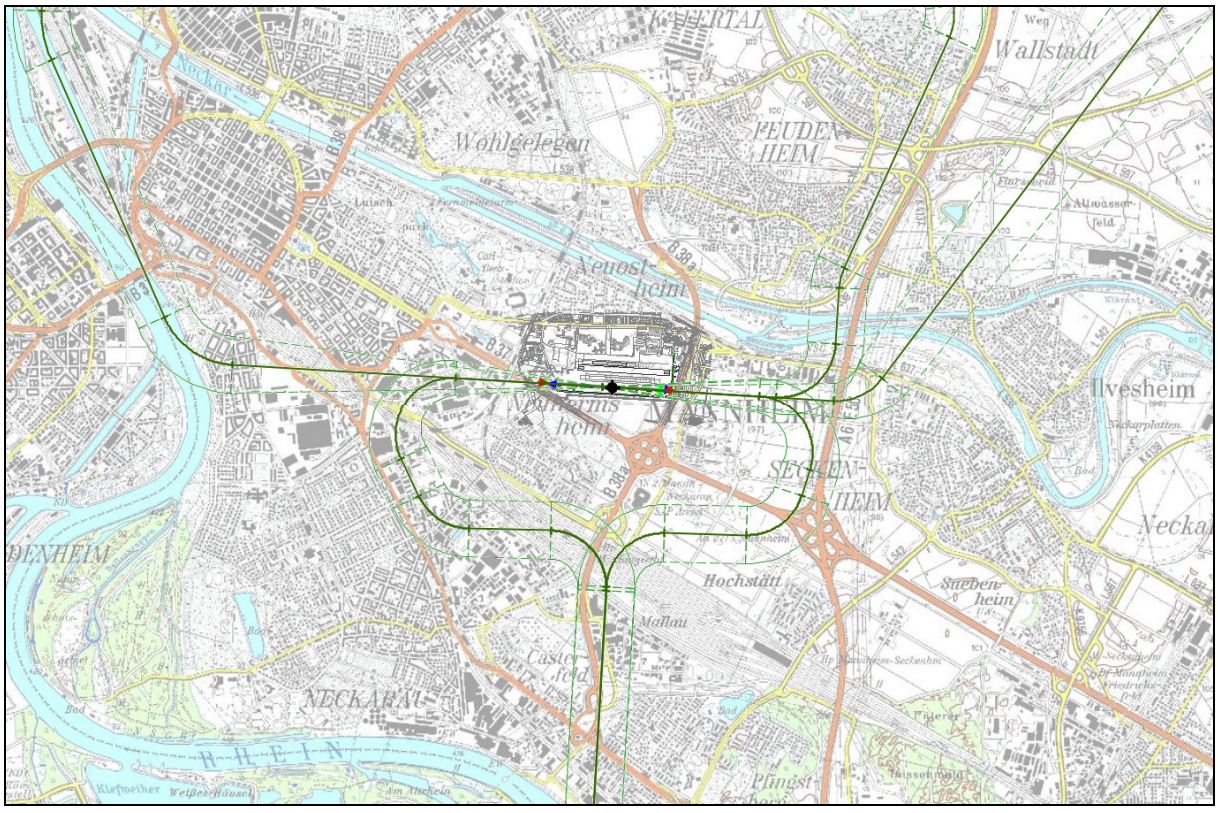

Abbildung 57: VFR-Anflugstrecken für Flugzeuge (Nahbereich – RWY 09 und 27)[1]

[1] Grundlage: TK50, © Landesvermessungsamt Baden-Württemberg (www.lv-bw.de) Az.: 2851.9-1/19

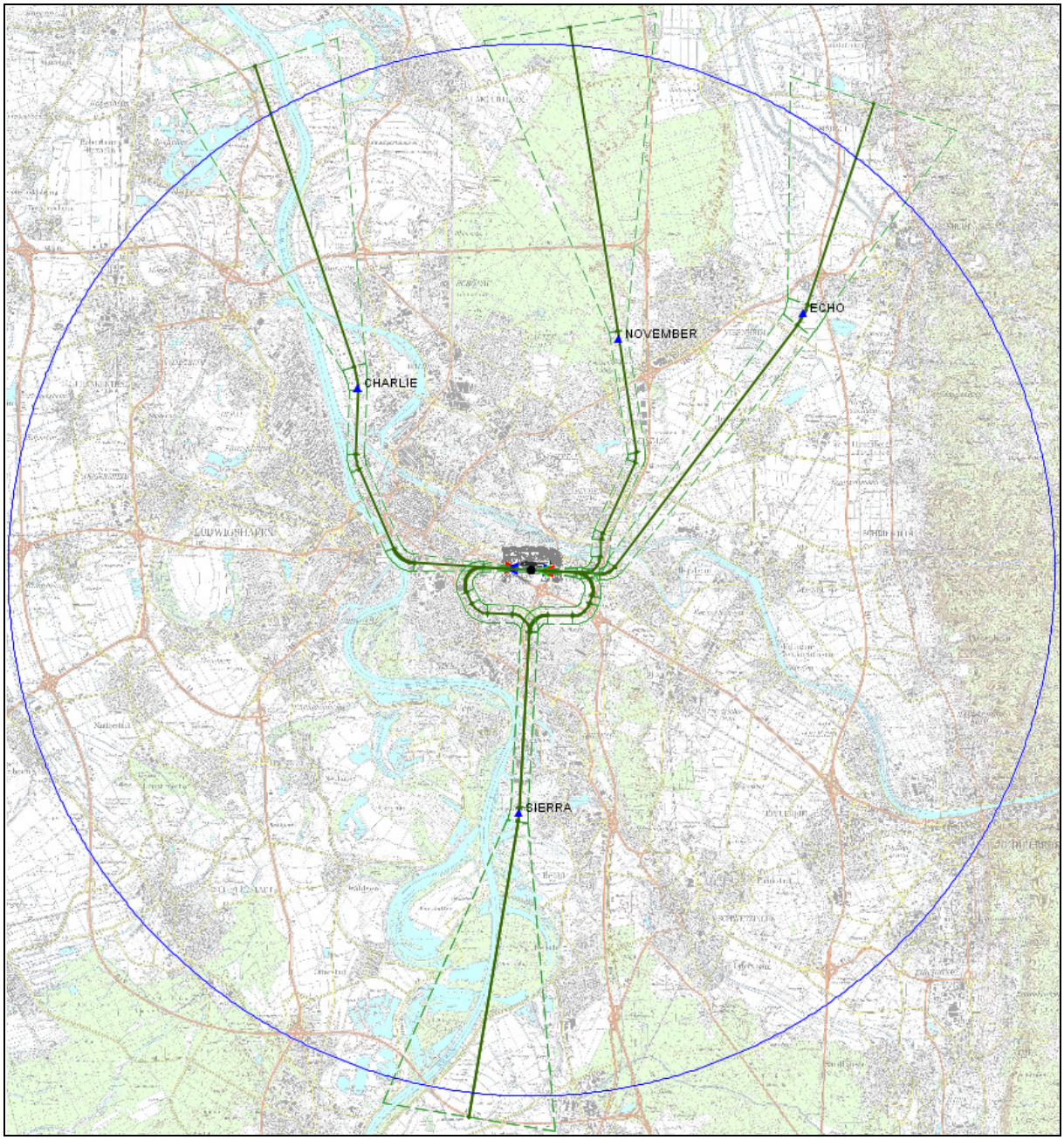

Abbildung 58: VFR-Anflugstrecken für Flugzeuge (RWY 09 und 27)[2]

Folgende Anflugstrecken sind modelliert:

- CHARLIE zu RWY 09
- ECHO und NOVEMBER zu RWY 27
- SIERRA zu RWY 09 und 27 (von Süden über die Platzrunde)

[2] Grundlage: TK50, © Landesvermessungsamt Baden-Württemberg (www.lv-bw.de) Az.: 2851.9-1/19

5.1.2 Abflugstrecken

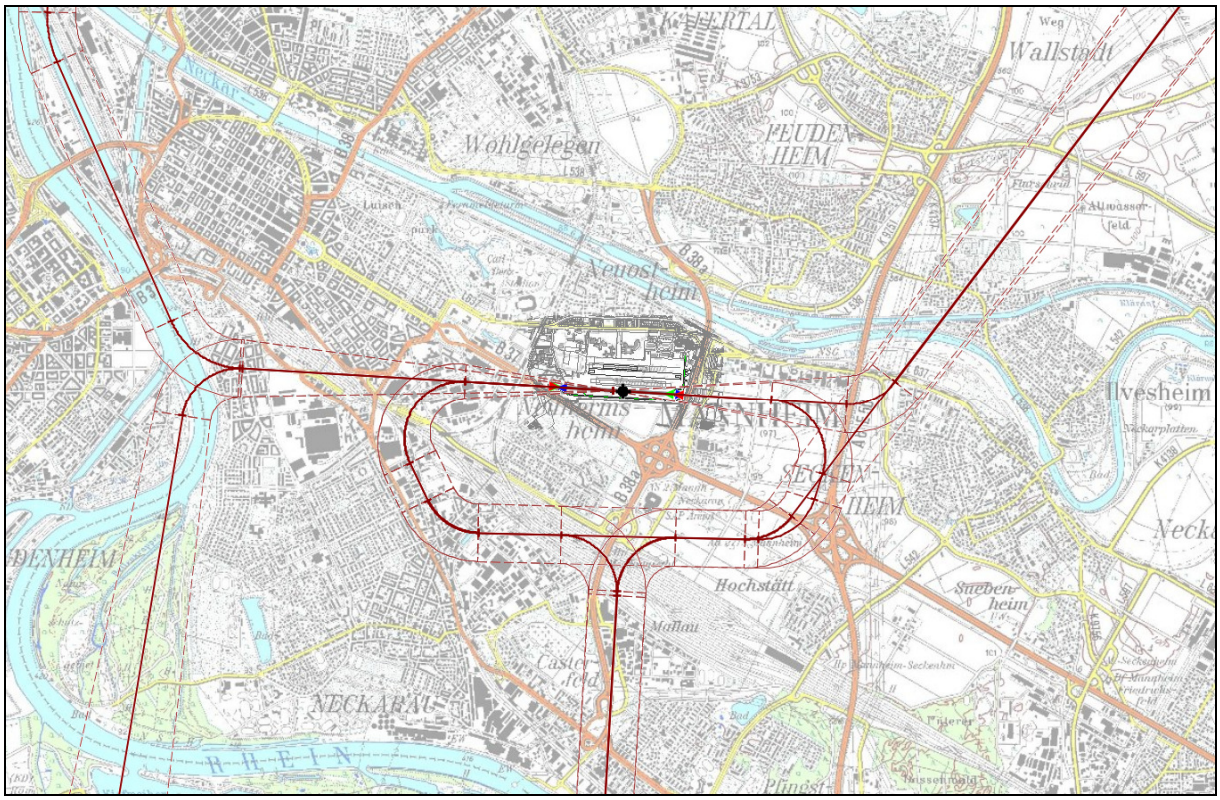

Abbildung 59: VFR-Abflugstrecken für Flugzeuge (Nahbereich – RWY 09 und RWY 27)[3]

[3] Grundlage: TK50, © Landesvermessungsamt Baden-Württemberg (www.lv-bw.de) Az.: 2851.9-1/19

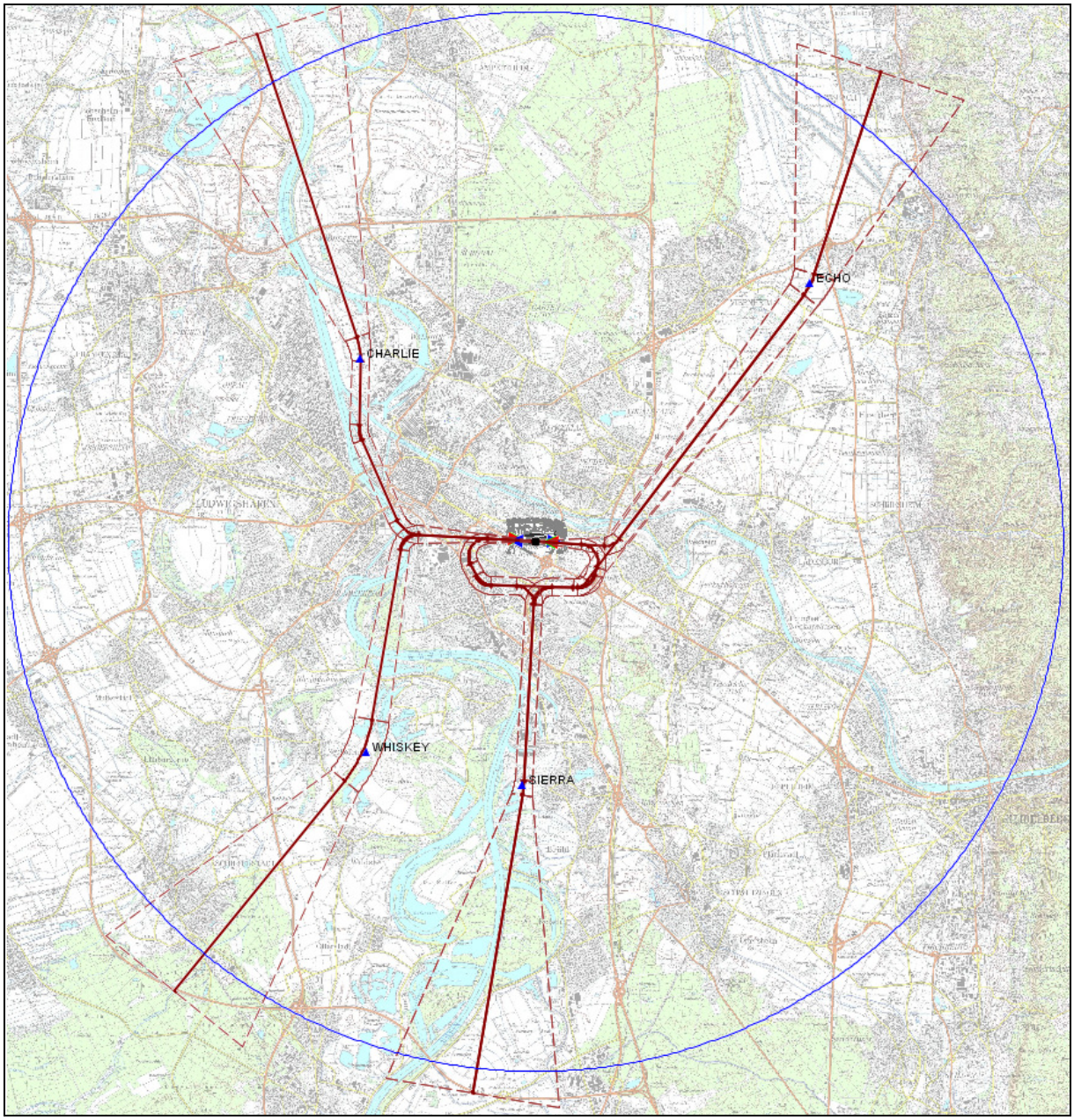

Abbildung 60: VFR-Abflugstrecken für Flugzeuge (RWY 09 und RWY 27)[4]

Folgende Abflugstrecken sind modelliert:

- CHARLIE von RWY 27
- ECHO von RWY 09 und RWY 27 (RWY 27 über Platzrunde)
- SIERRA von RWY 09 und RWY 27 (über Platzrunde nach Süden)
- WHISKEY von RWY 27

[4] Grundlage: TK50, © Landesvermessungsamt Baden-Württemberg (www.lv-bw.de) Az.: 2851.9-1/19

5.1.3 Platzrunden

Platzrunden für Flugzeuge wurden im Süden des Platzes für RWY 09 und RWY 27 modelliert:

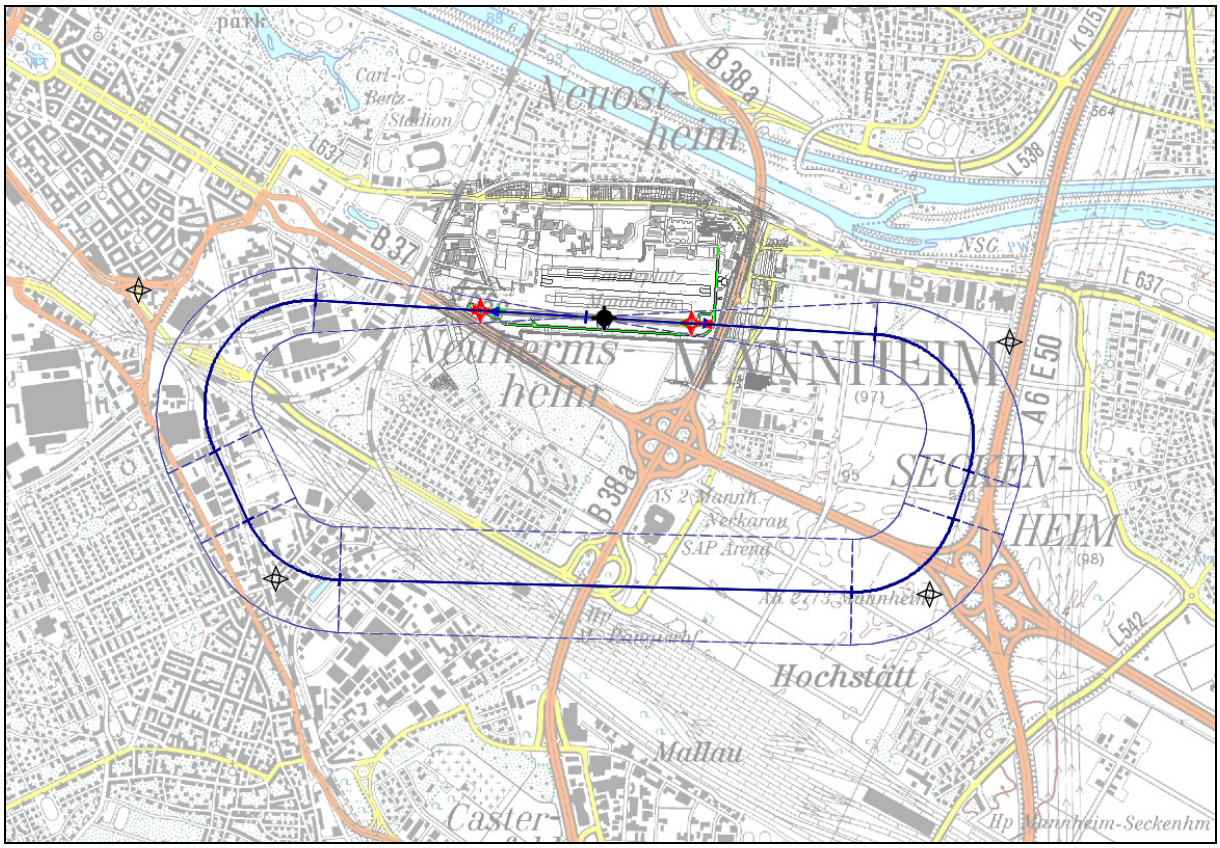

Abbildung 61: Platzrunden für Flugzeuge (RWY 09 und RWY 27)[5]

[5] Grundlage: TK50, © Landesvermessungsamt Baden-Württemberg (www.lv-bw.de) Az.: 2851.9-1/19

5.2 Flugbewegungen mit Hubschraubern

Die im DES zu berücksichtigenden Flugbewegungsdaten enthalten Angaben zu VFR-Flügen mit Hubschraubern. Diese sind den in der AIP-VFR veröffentlichten Sichtflugstrecken zugeordnet.

5.2.1 Anflugstrecken

Anflugstrecken für Hubschrauber wurden von NOVEMBER, ECHO und SIERRA entlang der oben abgebildeten Verläufe der VFR-Anflugstrecken für Flugzeuge modelliert.

Die Anbindung an die auf der Grasbahn modellierte Hubschrauberstart- und -landestelle ist in der folgenden Abbildung dargestellt.

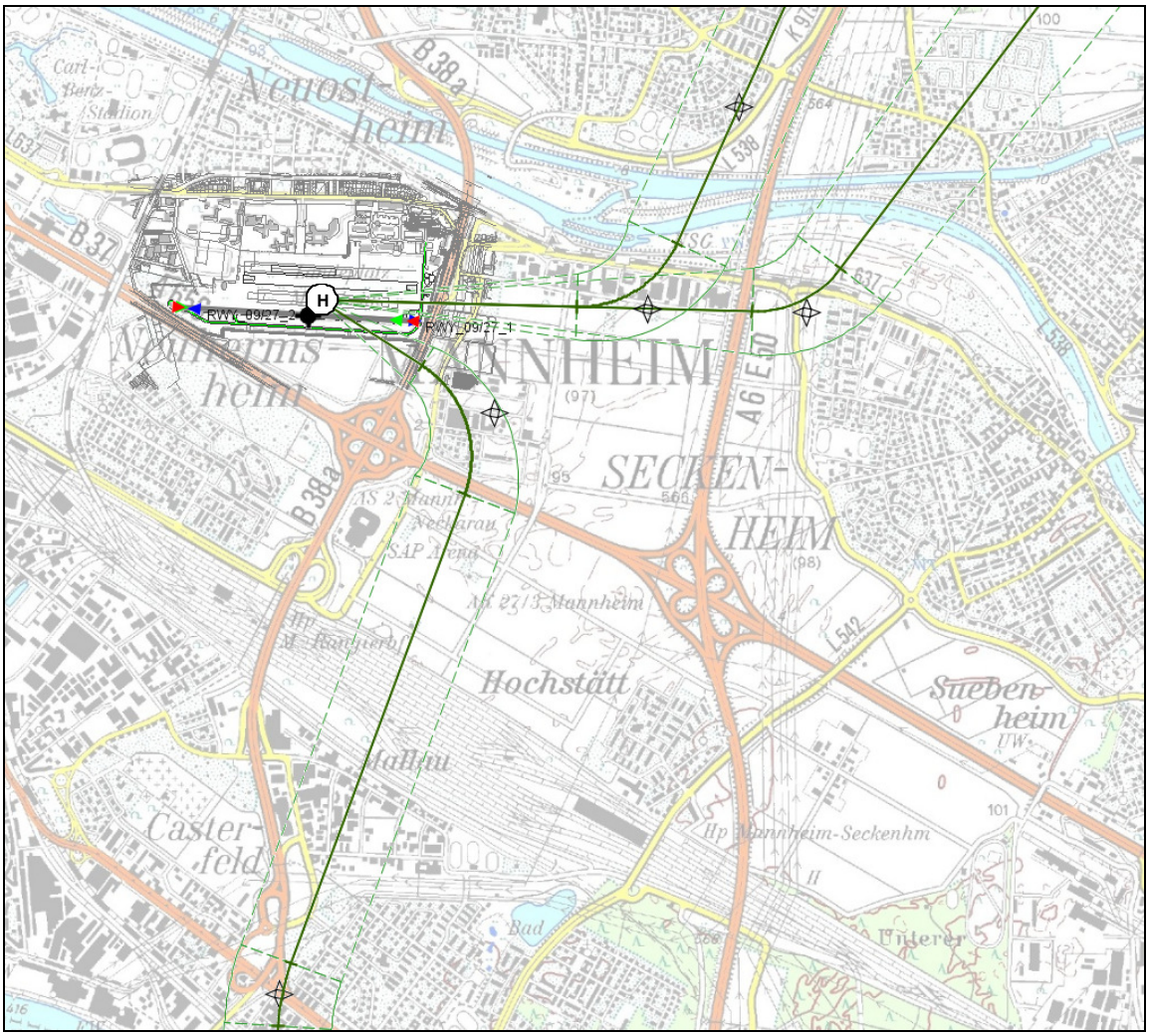

Abbildung 62: Anbindung der VFR-Anflugstrecken für Hubschrauber[6]

[6] Grundlage: TK50, © Landesvermessungsamt Baden-Württemberg (www.lv-bw.de) Az.: 2851.9-1/19

5.2.2 Abflugstrecken

Abflugstrecken für Hubschrauber wurden zu CHARLIE, ECHO, SIERRA und WHISKEY entlang der oben abgebildeten Verläufe der VFR-Anflugstrecken für Flugzeuge modelliert.

Die Anbindung an die auf der Grasbahn modellierte Hubschrauberstart- und -landestelle ist in der folgenden Abbildung dargestellt.

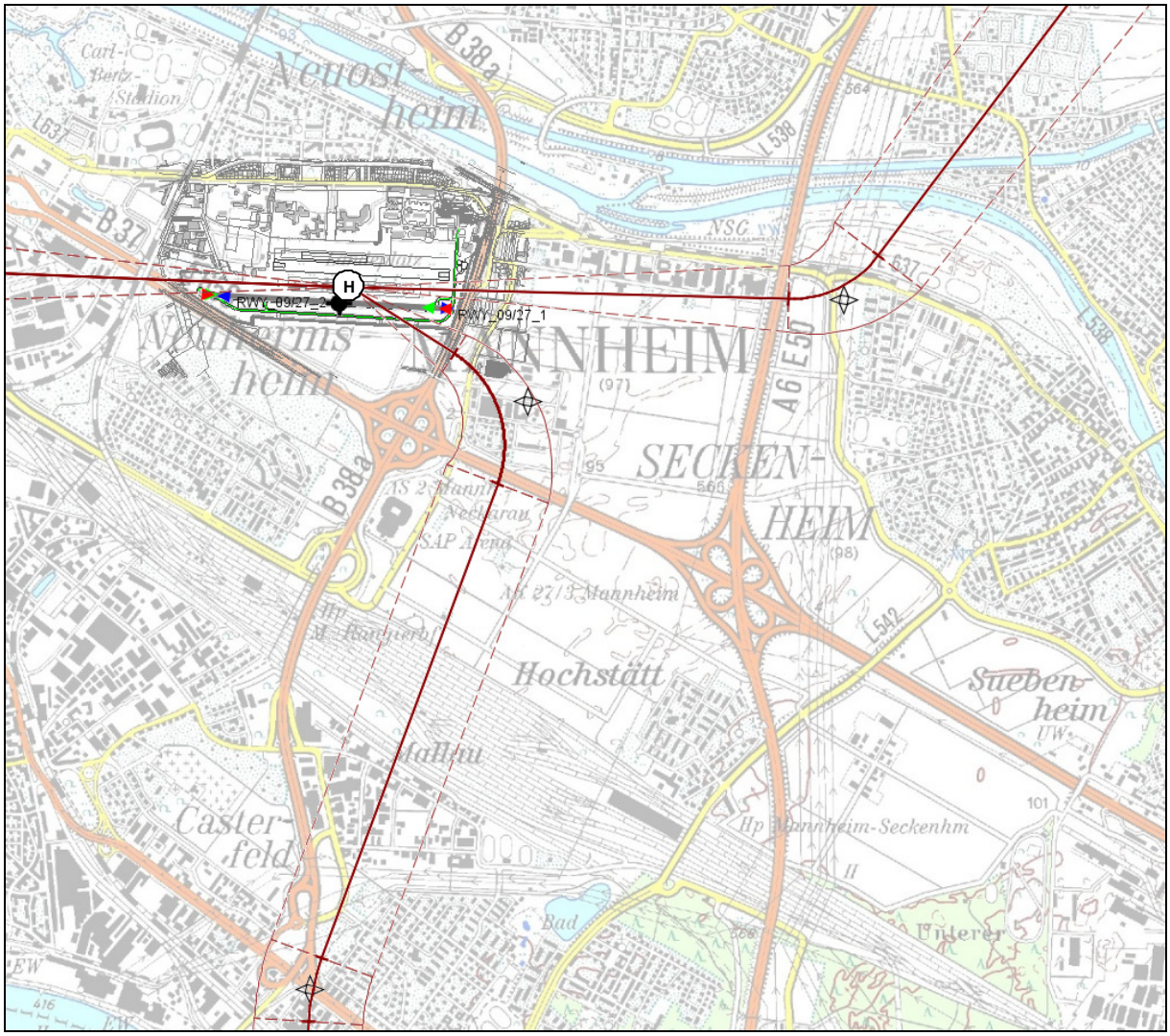

Abbildung 63: VFR-Abflugstrecken für Hubschrauber[7]

[7] Grundlage: TK50, © Landesvermessungsamt Baden-Württemberg (www.lv-bw.de) Az.: 2851.9-1/19

5.2.3 Platzrunden

Eine Platzrunde für Hubschrauber wurde ebenfalls im Süden des Platzes modelliert:

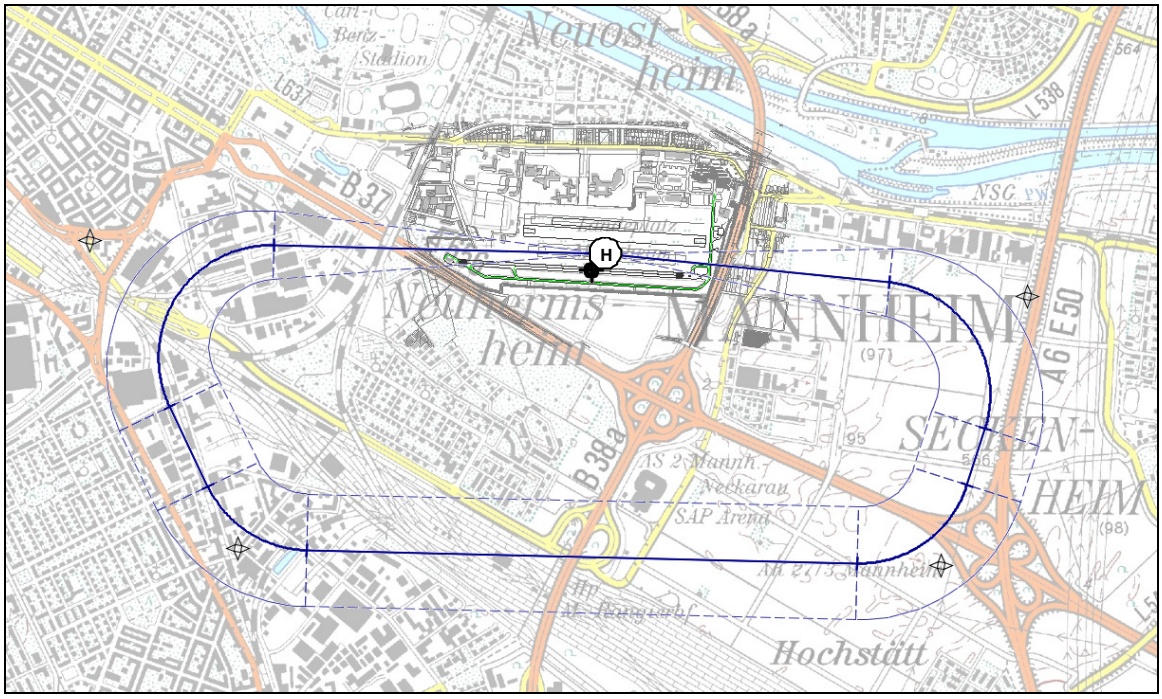

Abbildung 64: Platzrunde für Hubschrauber[8]

[8] Grundlage: TK50, © Landesvermessungsamt Baden-Württemberg (www.lv-bw.de) Az.: 2851.9-1/19

6 Quellenverzeichnis

[1] Beschreibungen von Flugstrecken sowie lokalen Flugsicherungsverfahren für den Flugplatz Mannheim City, Flugspuraufzeichnungen des Systems STANLY, DFS Deutsche Flugsicherung GmbH, erhalten am 28.05.2009.

[2] Luftfahrthandbuch Deutschland (Aeronautical Information Publication, AIP), DFS Deutsche Flugsicherung GmbH, Stand vom 03.12.2009

[3] VFR-Luftfahrthandbuch Deutschland (Aeronautical Information Publication, AIP VFR), DFS Deutsche Flugsicherung GmbH, Stand vom 03.12.2009

[4] Flugbewegungsangaben für die sechs verkehrsreichsten Monate des Jahres 2020, bereitgestellt durch den Flugplatz Mannheim City, (Dateien „`Prognose-daten EDFM IFR-NEU.xlsx`“ und „`Prognosedaten EDFM VFR mit An-flügen 09.xls`“ erhalten am 18.02.2010 bzw. 21.04.2010).

[5] Topographisches Kartenmaterial im Maßstab 1:50.000, georeferenzierte Rasterdaten (UTM-Abbildung in Zone 32, Ellipsoid WGS84, Datum WGS84), Landesanstalt für Umwelt, Messungen und Naturschutz Baden-Württemberg – LUBW, (mehrere Lieferungen auf Datenträger, vollständig erhalten am 22.07.2009).

[6] CAD-Zeichnung des Flughafen-Layouts (Datei: „`Bestand-Lärm-15-6-09.dwg`“, erhalten am 15.06.2009).

[7] Flugspuraufzeichnungen des Systems STANLY der Jahre 2004 bis 2009 für den Flugplatz Mannheim City, DFS Deutsche Flugsicherung GmbH, erhalten am 23.02.2010.