

Inhaltsverzeichnis

Bezeichnungen

x

1 Einführung

| | | |
|-----|---|---|
| 1.1 | Moderne Flugführungsinstrumente und verbleibende Probleme bei schlechter Sicht | 1 |
| 1.2 | Konzept der computergenerierten 3D-Geländedarstellung mit integrierten Flugführungsanzeigen | 3 |
| 1.3 | Vor- und Nachteile der Automatisierung im Cockpit | 4 |
| 1.4 | Literaturbetrachtung | 6 |
| 1.5 | Zielsetzung | 8 |
| 1.6 | Übersicht | 9 |

2 Systemkomponenten

| | | |
|-------|----------------------------------|----|
| 2.1 | Systemübersicht | 11 |
| 2.2 | Graphikcomputer | 12 |
| 2.3 | Navigationssystem | 13 |
| 2.4 | Displaysysteme | 14 |
| 2.5 | Sensorsysteme | |
| 2.5.1 | Einsatzbereich | 17 |
| 2.5.2 | Gegenwärtige Sensorsysteme | 18 |
| 2.5.3 | Sensorfusion | 21 |

3 Koordinatensysteme

| | | |
|-------|---|----|
| 3.1 | Das Erdellipsoid | 23 |
| 3.2 | Abbildungsfehler bei sphärischer und ebener Erde | 23 |
| 3.3 | Geodätische Koordinaten | 26 |
| 3.4 | Horizontalverzerrungen bei ebener Erde | |
| 3.4.1 | Modifizierte Rechteckige Plattkarte | 26 |
| 3.4.2 | Die Verformungsgeschwindigkeit der adaptiven Abbildung .. | 28 |
| 3.4.3 | Abbildungen mit azimutalen Koordinaten | 30 |
| 3.4.4 | Gauß-Krüger Abbildung mit unterschiedlicher Reihenlänge | 31 |

| | | |
|----------|---|----|
| 4 | Digitale Geländedaten | |
| 4.1 | Höhenmodelle und Meßmethoden | |
| 4.1.1 | Luftbildphotogrammetrie | 34 |
| 4.1.2 | Laserabstandsmessung | 35 |
| 4.1.3 | Radar mit synthetischer Apertur | 36 |
| 4.2 | Datenstruktur des Höhenmodells | |
| 4.2.1 | Numerische Eigenschaften | 36 |
| 4.2.2 | Flächenelement–Interpolation | 37 |
| 4.2.3 | Verfahren zur Datenkompression und Reduktion | 38 |
| 4.3 | Oberflächenstrukturdaten | |
| 4.3.1 | Vektordaten | 39 |
| 4.3.2 | Datenstruktur der DFAD (Digital Feature Analysis Data) | 40 |
| 4.3.3 | Rasterdaten | 41 |
| 5 | Datenbasisgenerierung | |
| 5.1 | Kombination der Höhendaten mit den Oberflächenstrukturdaten | 45 |
| 5.2 | Linienobjekte | 46 |
| 5.3 | Flächenobjekte | 47 |
| 5.4 | Punktobjekte | 49 |
| 6 | Beleuchtungsmodell | 50 |
| 7 | Abbildung in die zweidimensionale Bildebene | |
| 7.1 | Zentralperspektive | 53 |
| 7.2 | Transformation von Flugzeugkoordinaten in geodätische Koordinaten | 54 |
| 7.3 | Transformation der Blickrichtungswinkel | 55 |
| 8 | Berechnung des Sichtfeldausschnittes | |
| 8.1 | Auswahl der im Sichtfeld liegenden Flächenelemente durch Blockbildung | |
| 8.1.1 | Die optimale Blockgröße | 57 |
| 8.1.2 | Zeitbedarf des Bildaufbaus | 60 |
| 8.2 | Schneiden der Sichtpyramide mit der Geländeoberfläche | 61 |
| 8.3 | Füllen des Sichtfeldes | 65 |
| 8.4 | Aufteilung in mehrere Level of Detail (LOD) | 66 |
| 8.4.1 | Abgrenzung der LOD–Bereiche mit Clippingebenen | 67 |
| 8.4.2 | Andere Abgrenzungsmethoden | 70 |
| 8.5 | Strahlenverfolgung für entfernte LOD–Bereiche | 71 |
| 9 | Darstellung der Flugföhrungsinformation | |
| 9.1 | Darstellung in der Art eines PFD oder HUD | 74 |
| 9.2 | Anzeige des Sollflugweges | 77 |
| 9.3 | Flugföhrung mit Phantomflugzeug | 77 |

| | |
|---|------------|
| 10 Verwendung eines Head-Up-Displays | 78 |
| 10.1 Berechnung von Konturlinien | 79 |
| 10.2 Navigationskorrektur durch Bildvergleich | 81 |
| 11 Hinderniswarnung | |
| 11.1 Darstellung der Flugleistungsfläche | 84 |
| 11.2 Ergänzende akustische Warnung | 87 |
| 12 Flugversuche | |
| 12.1 Vorbereitung der Datenbasis | |
| 12.1.1 Flugplatzmodellierung | 88 |
| 12.1.2 Gestaltung der Landebahn | 90 |
| 12.2 Aufbau und Installtionsarbeiten | |
| 12.2.1 Vorbereitende Bodenrollversuche | 92 |
| 12.2.2 Das Forschungsflugzeug Do 128 | 94 |
| 12.2.3 Auswahl des Displays | 94 |
| 12.2.4 Virtuelles Cockpit | 96 |
| 12.2.5 Technische Ausführung des Headtrackers | 99 |
| 12.2.6 Simulationsversuche | 100 |
| 12.3 Flugversuchsergebnisse der Landeanflüge und Landungen | 102 |
| 12.4 Tiefflugveruche im Altmühlthal | |
| 12.4.1 Vorbereitung der Datenbasis | 110 |
| 12.4.2 Flugwegplanung | 110 |
| 12.4.3 Simulationsversuche | 114 |
| 12.4.4 Flugversuchsergebnisse | 115 |
| Zusammenfassung | 130 |
| Ausblick | 131 |
| Literaturverzeichnis | 132 |