

Hardwarebeschleunigung für Echtzeitbildauswertung hochauflösender elektrooptischer Sensoren

Dipl.-Ing. Stephan Blokzyl



DGLR Fachausschuss Q3.4 Softwareengineering



Software-Workshop Verschwindet die Grenze zwischen Hardware- und Softwareentwicklung?

München, 11. Oktober 2017

Agenda

1. Einführung

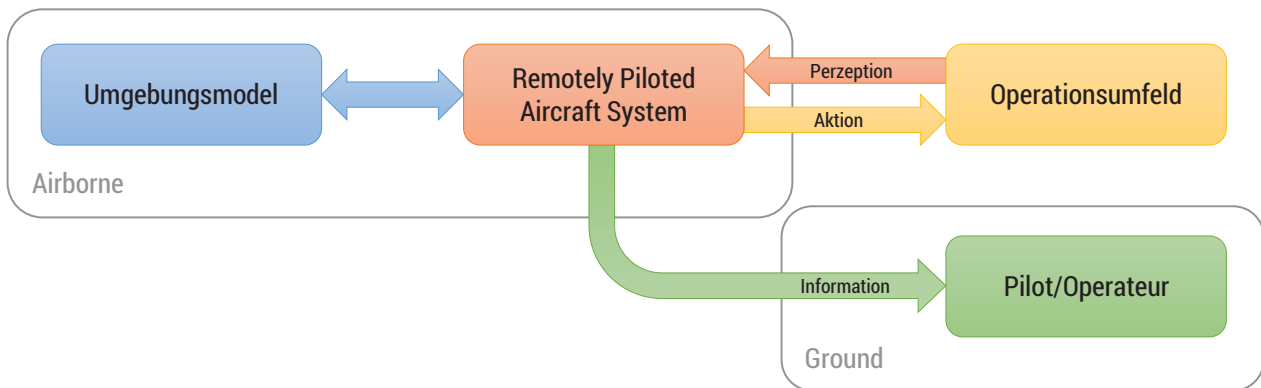
Wissenschaftlich/technische Ausgangslage

Zielstellung der wissenschaftlichen Arbeit

2. Echtzeitfähige, hardwarebeschleunigte Bildverarbeitung

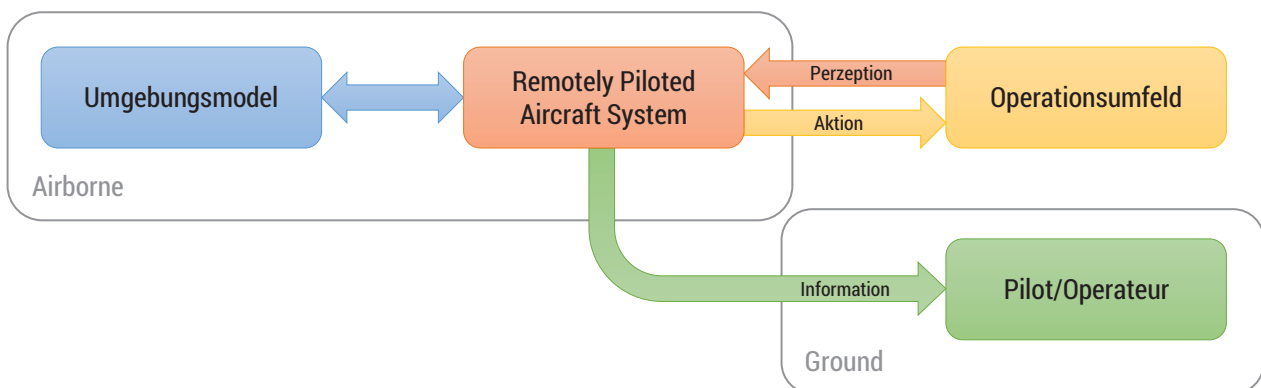
3. Ergebnisse, Nutzen und Verwertbarkeit

Leistungsfähige, flexible Sensorik für RPAS



- Multi-direktionale Interaktion von RPAS, Operationsumfeld und Operateur
- Operator- und Pilotenunterstützung durch On-board-Sensorik
- Hohe Anforderungen an das Sensorsystem bezüglich Systemrobustheit und Zuverlässigkeit

Spezielle Anforderungen an Sensorik für RPAS



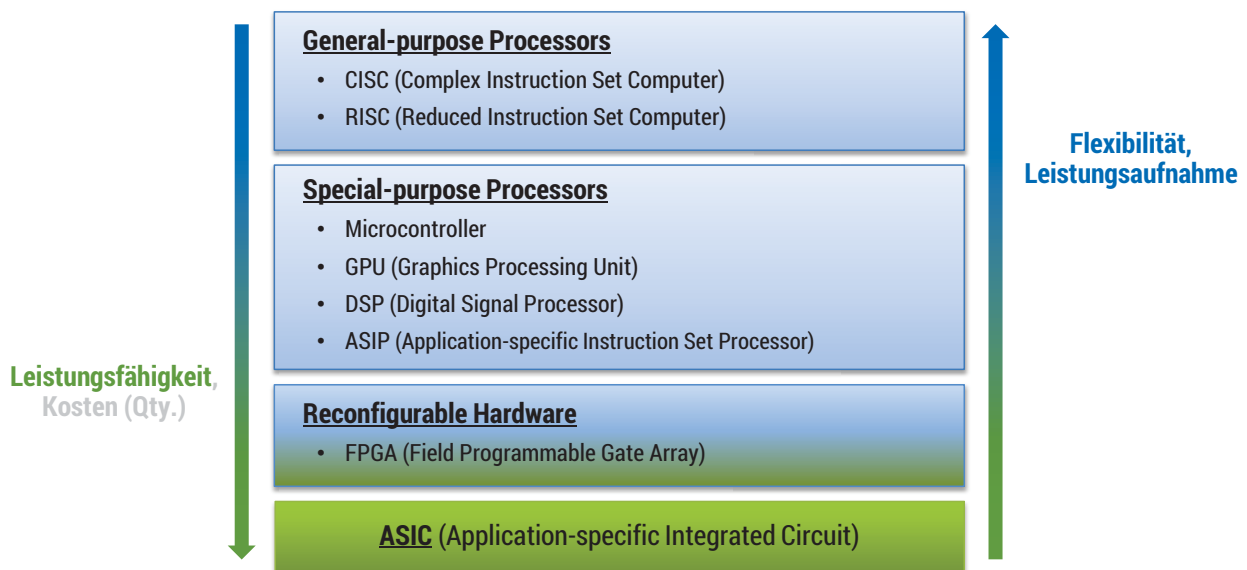
- Flexible, zuverlässige und robuste Sensortechnologien
- Sichere (Echtzeit-) Verarbeitung von Sensordaten
- Leistungsfähige, flexible Schnittstellen und Kommunikationslösungen

Elektrooptische Sensoren für RPAS

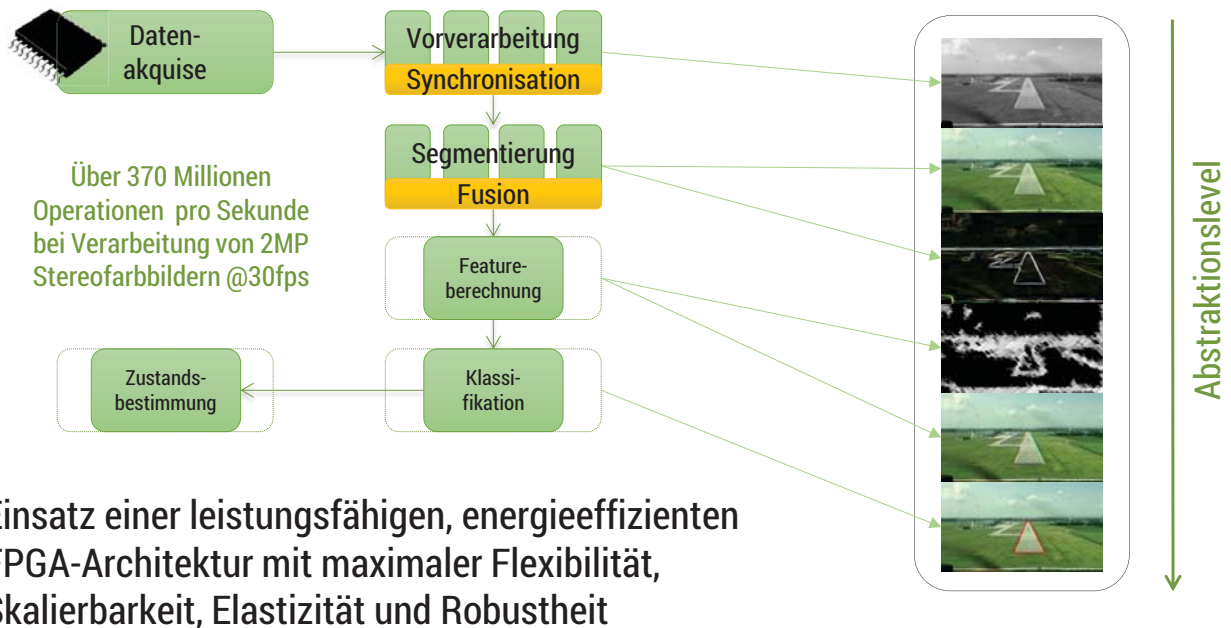


- Sehr flexibel einsetzbare Sensorik
 - Breites Anwendungsspektrum
 - + Lokalisierung, Navigation
 - + Exploration, Überwachung
 - + Objekt- und Hinderniserkennung
 - Hohe Messdatengüte und Auflösung
 - Stereoskopische Techniken für Tiefenbestimmung
 - Gutes Kosten-Nutzen-Verhältnis
- ⊖ Verwaltung und Verarbeitung sehr großer Sensordatenvolumina
- ⊖ Hoher Rechenaufwand von Bildverarbeitungsalgorithmen

Implementierungsalternativen

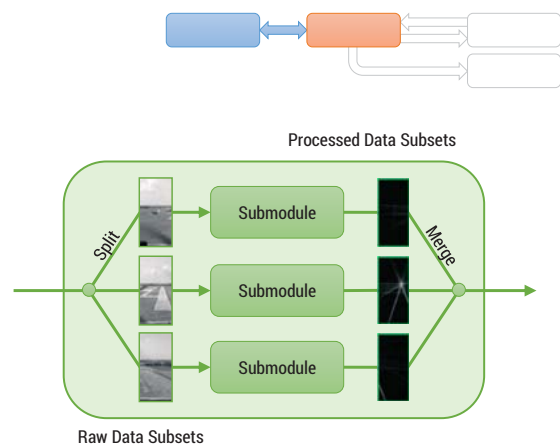


Hardwarebasierte Bildverarbeitung



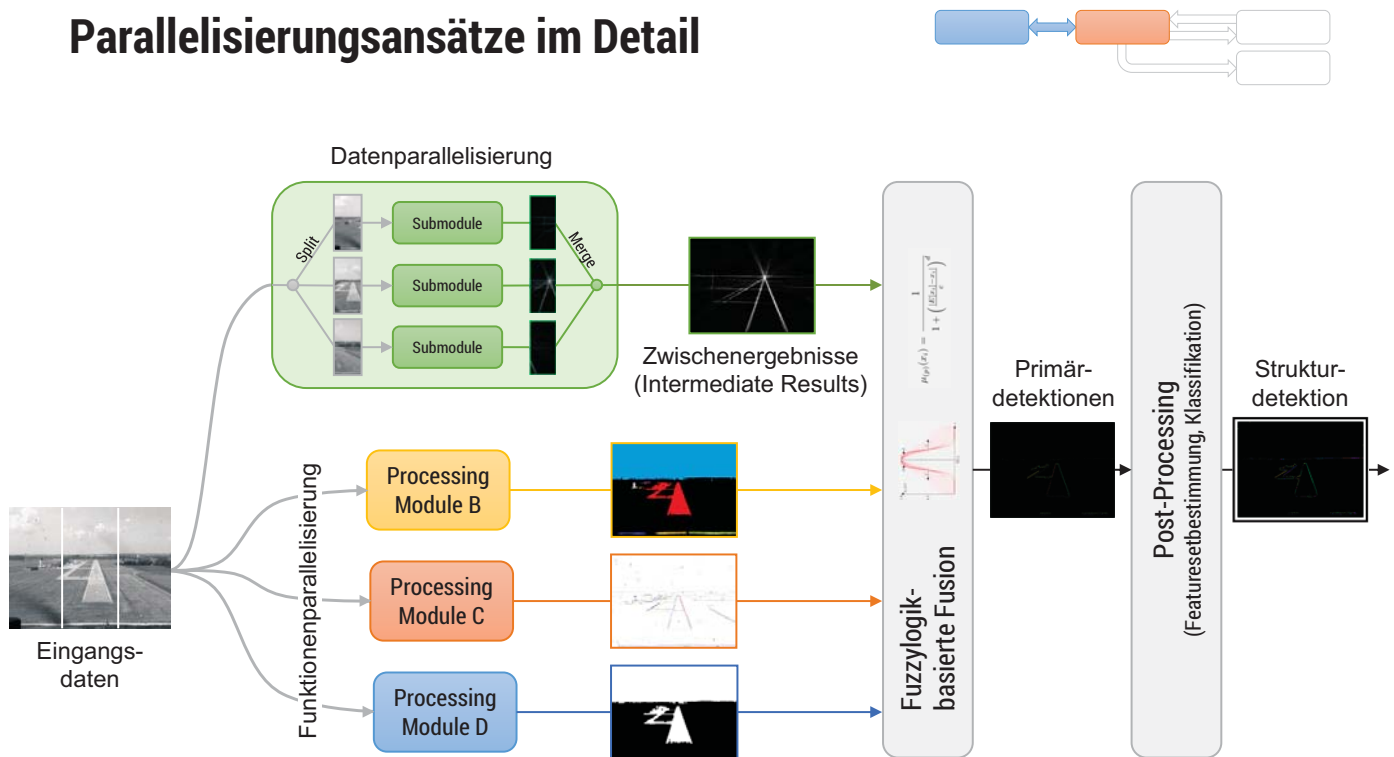
Parallelisierungsansätze

- Datenparallelisierung
 - + Aufteilung der Sensordaten
 - + Einsatz homogener Verarbeitungsmodulare
 - + Beschleunigung durch Workload Sharing
- Funktionenparallelisierung
 - + Einsatz heterogener Verarbeitungsmodulare
 - + Verwendung von Low-Level-Bildverarbeitungsmethoden (schwache Detektoren)
 - + Kombination von Zwischenergebnissen (Intermediate Results) zu starkem Detektor



→ Steigerung der Robustheit und Güte von Detektionen und Gesamtergebnis durch Informationsfusion

Parallelisierungsansätze im Detail



Fuzzylogik-basierte Fusion der Zwischenergebnisse

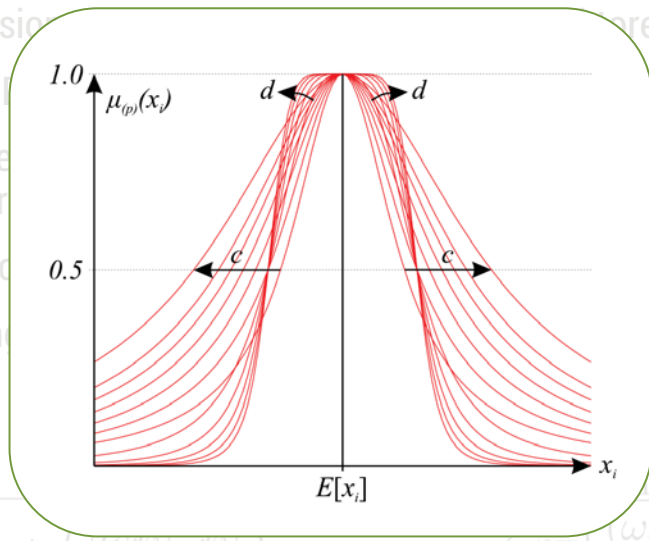
- Informationsfusion von Ergebnissen schwacher Detektoren
- Bewertung der Detektionen mit Potentialfunktion $\mu_{(p)}(x_i)$
- Verknüpfung der Potentiale aller schwachen Detektionen mit Modifizierten Hamacher Operator $\mu(\mu_j)$
- Filterung von schwachen Detektionen mit zu geringer Gesamtbewertung
- Post-Processing von hinreichend gut bewerteten Detektionen

$$\mu_{(p)}(x_i) = \frac{1}{1 + \left(\frac{|E[x_i] - x_i|}{c}\right)^d}$$

$$\mu = \frac{\sum_{i=1}^n (\omega_i)}{\sum_{i=1}^n (\omega_i / \mu(x_i))}$$

Fuzzylogik-basierte Fusion der Zwischenergebnisse

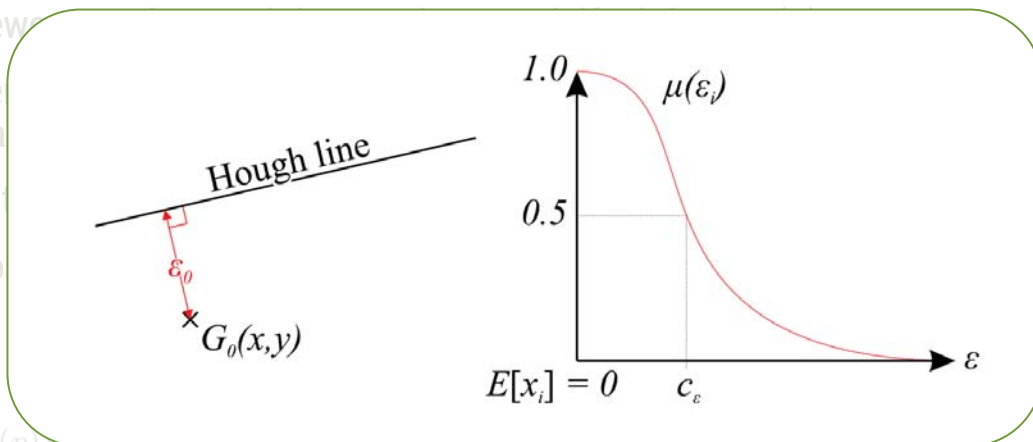
- Informationsfusion von Ergebnissen schwacher Detektoren
- Bewertung der Ergebnisse
- Verknüpfung der Ergebnisse mit Modifizierten Hamacher Operatoren
- Filterung von schlechten Ergebnissen
- Post-Processing



$$\mu_{(p)}(x_i) = \frac{\sum_{i=1}^n (\omega_i / \mu(x_i))}{1 + \left(\frac{|E[x_i] - x_i|}{c} \right)^a}$$

Fuzzylogik-basierte Fusion der Zwischenergebnisse

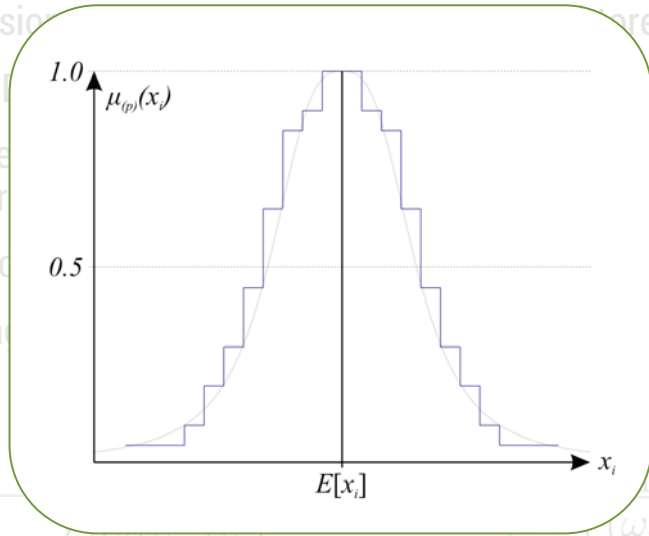
- Informationsfusion von Ergebnissen schwacher Detektoren
- Bewertung der Ergebnisse
- Verknüpfung der Ergebnisse mit Modifizierten Hamacher Operatoren
- Filterung von schlechten Ergebnissen
- Post-Processing



$$\mu_{(p)}(x_i) = \frac{\sum_{i=1}^n (\omega_i / \mu(x_i))}{1 + \left(\frac{|E[x_i] - x_i|}{c} \right)^a}$$

Fuzzylogik-basierte Fusion der Zwischenergebnisse

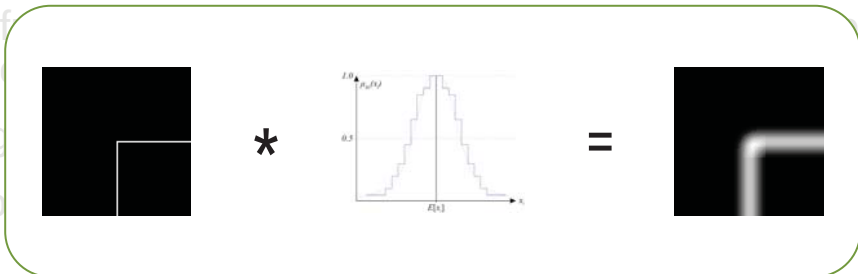
- Informationsfusion von Ergebnissen schwacher Detektoren
- Bewertung der Detektionen mit Potentialfunktion $\mu_{(p)}(x_i)$
- Verknüpfung der Ergebnisse mit Modifizierten Hamacher Operatoren
- Filterung von schlechten Ergebnissen mit Modifizierten Hamacher Operatoren
- Post-Processing



$$\mu_{(p)}(x_i) = \frac{1}{1 + \left(\frac{|E[x_i] - x_i|}{c}\right)^d} \quad \mu = \frac{\sum_{i=1}^n (\omega_i)}{\sum_{i=1}^n (\omega_i / \mu(x_i))}$$

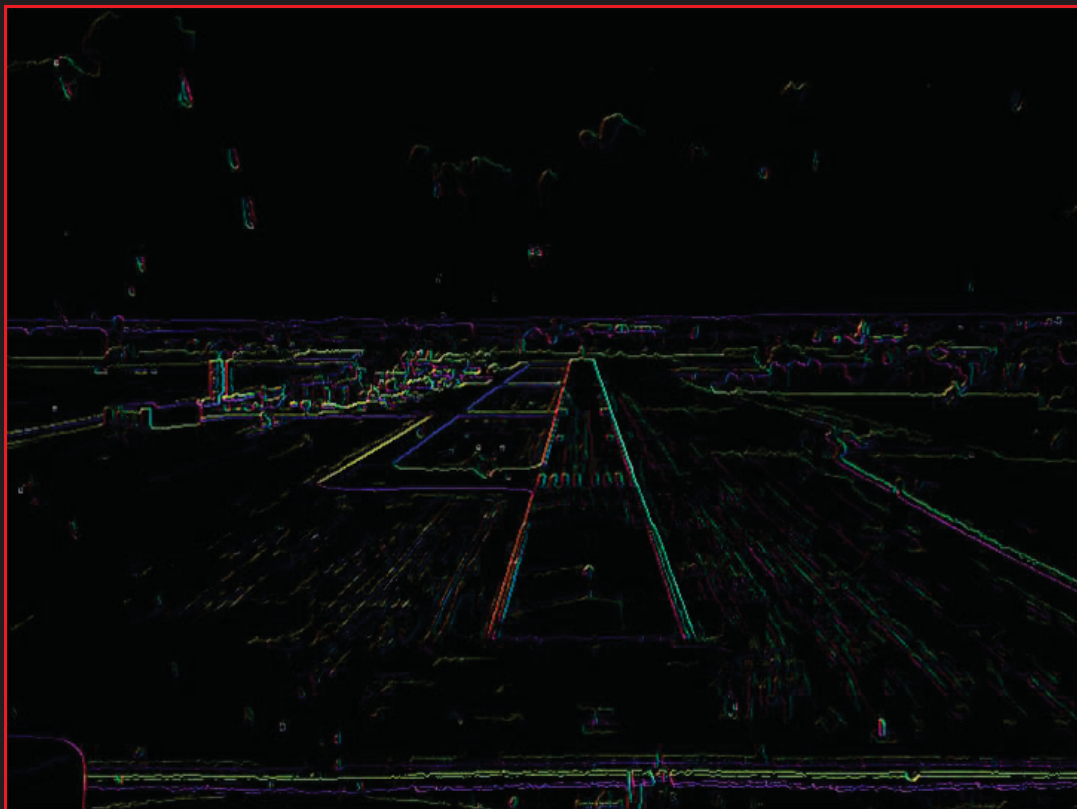
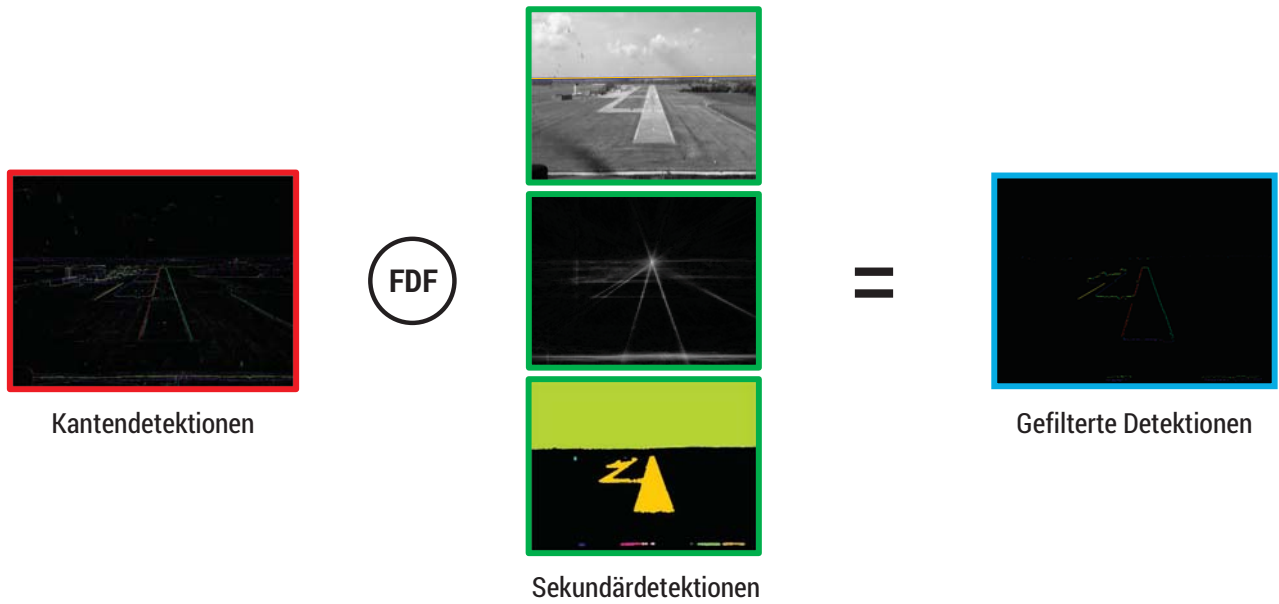
Fuzzylogik-basierte Fusion der Zwischenergebnisse

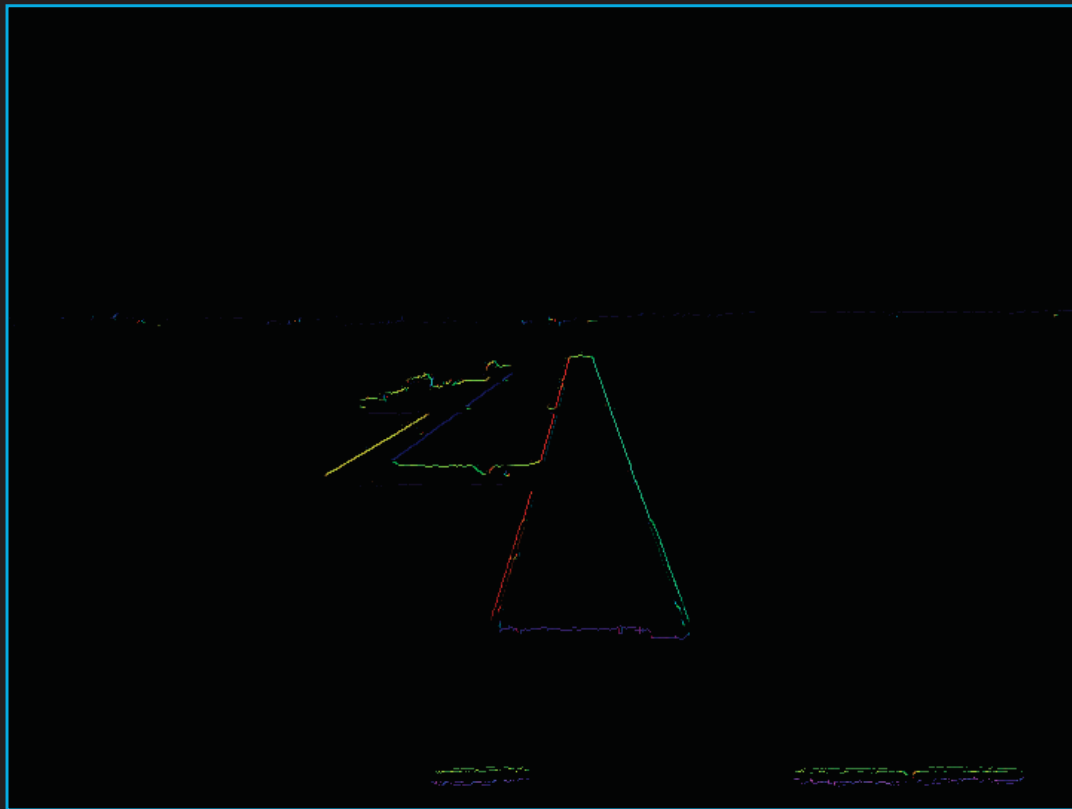
- Informationsfusion von Ergebnissen schwacher Detektoren
- Bewertung der Detektionen mit Potentialfunktion $\mu_{(p)}(x_i)$
- Verknüpfung der Ergebnisse mit Modifizierten Hamacher Operatoren
- Filterung von schlechten Ergebnissen mit Modifizierten Hamacher Operatoren
- Post-Processing



$$\mu_{(p)}(x_i) = \frac{1}{1 + \left(\frac{|E[x_i] - x_i|}{c}\right)^d} \quad \mu = \frac{\sum_{i=1}^n (\omega_i)}{\sum_{i=1}^n (\omega_i / \mu(x_i))}$$

Fuzzylogik-basierte Fusion der Zwischenergebnisse





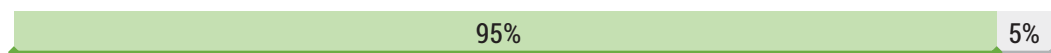
Bildbeispiele der prototypischen Umsetzung





Detektionsgüte der prototypischen Umsetzung

- Ca. 25 Sekunden finale Anflugphase auf EDCJ



- Global Detektionsrate von 93,6%
- Im ersten Teil der Szene Detektionsrate von 100%
- Im finalen Teil der Szene (5% der Gesamtszenenlänge)
 - + 12 Falschdetektionen
 - + 28 fehlende Detektion



Nutzen und Verwertbarkeit

- Beschleunigungsframework für FPGA-basierte Bildauswertung
 - + **Flexibilität** durch Modularisierung und Rekonfigurierbarkeit
 - + **Beschleunigung** durch parallele Datenverarbeitung (> **600 Bilder/s**)
 - + **Echtzeitfähigkeit** durch Bestimmbarkeit der maximalen Ausführungszeit
 - + **Generisches Framework** zur Parallelisierung von Bilddatenauswertung
 - + **Ergebnistreue** durch Einsatz deterministischer Algorithmen
 - + **Sicherheit** durch Güte-/Vertrauensbewertung der Verarbeitungsergebnis
- Bibliothek für Hardwarebeschleunigungsmodule
 - + **Leistungsstarke Low-Level-Bildverarbeitungsmethoden**
 - + **Effizienter Entwurfsprozesses** durch modellbasierte Entwicklung
 - + **Wiederverwendbarkeit** geprüfter, generischer Hardwaremodule

Nutzen und Verwertbarkeit

- Einsatz in Raum- und Luftfahrtanwendungen
 - + Leistungs- und echtzeitfähige Missionssensorik
 - + Assistenzsysteme für Pilot und Operateur (Sicherheit, Risikoreduktion, Komfort)
 - + Smart Sensor für zentrale Sensordatenfusions- und Entscheidungssysteme hochautomatisierter Systeme
- Sicherheits-, Inspektions- und Überwachungsanwendungen
 - + Erkennung und Inspektion von Objekten und Personen
 - + Kontrolle und Überwachung von sensiblen Bereichen
 - + Bildgestützte Analyse von Verhaltensmustern
- Einsatzfähigkeit in den Bereichen Industrie, Automotive und Medizintechnik



Referenzen

- [1] Airbusgroup.com: "Sagitta: Airbus Defence and Space open collaboration project", URL: <http://www.airbusgroup.com/int/en/news-media/media~item=jcr:3095d1f2-a930-4c90-92b3-087a017f654d~.html> (Download on 01.03.2016).