

An die
 Österreichische Forschungsförderungsgesellschaft mbH (FFG)
 Bereich Thematische Programme
 Empfang 4. Stock
 z. H. Frau Vera Ellegast
 Sensengasse 1
 1090 Wien



ENDBERICHT

1. Projektdaten

Kurztitel	DIBMETSAT
Langtitel	Digitale Bildverarbeitung gestützte Meteorologie-Services für Air Traffic Management
Projektnummer	820742
AntragstellerIn	JOANNEUM RESEARCH Forschungsges. m.b.H. Dr. Harald Ganster
ProjektpartnerInnen	AIT Austrian Institute of Technology GmbH MeteoServe Wetterdienst GmbH Austro Control, Österreichische Gesellschaft für Zivilluftfahrt mit beschränkter Haftung
Fortlaufende Nummer des Zwischenberichts	Endbericht
Berichtszeitraum	von 01.04.2009 bis 31.03.2011
Anzahl Forscher/Forscherinnen	Weiblich: 0,8 Total: 6,7 (VZÄ) Position (z.B. Projektleitung, -mitarbeit): Projektmitarbeit

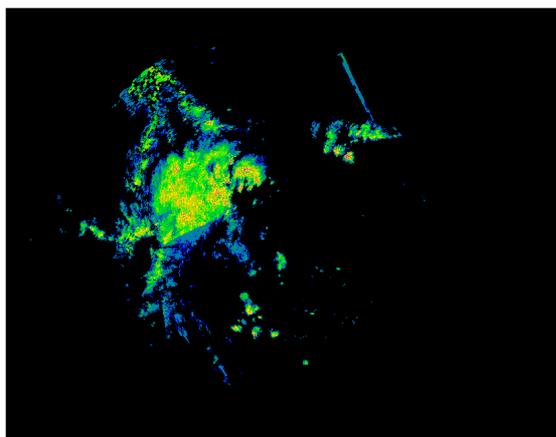
2. Projektverlauf

Der Projektablauf entsprach weitgehend dem beantragten Vorhaben. Aktuelle Projektthemen (Diplomarbeit, erhöhter Integrationsaufwand) erforderten eine teilweise Kostenumschichtung bei den Partnern JOANNEUM RESEARCH und MeteoServe. Eine kostenneutrale Verlängerung wurde nicht beantragt.

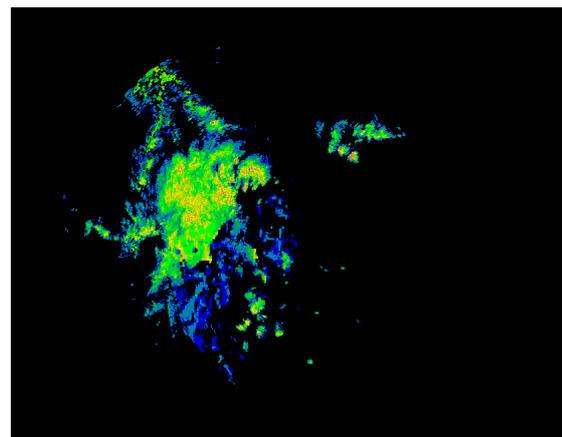
3. Zusammenfassung

Alle wesentlichen Operationen (taktische Planung der Kapazität, Sektorkonfiguration, erforderliches Staffing, Pistenkonfiguration, Routing der anliegenden Flugzeuge) im ATM basieren auf genauesten Messwerten und Prognosen der aktuellen Wetterlage. Eine wesentliche Informationsgrundlage dabei sind Bilder unterschiedlichen Ursprungs, im Speziellen Wetterradar und aus Kamerabeobachtungen. Mittels Wetterradar lässt sich eine dreidimensionale Beurteilung und Vorhersage des Niederschlags, der Vereisungsgefahr, der Gewitterausdehnung und Entwicklung, wie auch deren Stärke und folglich die damit verbunden Gefahren wie z.B. Hagel, Windscherung und Turbulenz durch Böenfronten, Fallwinde und sogar Tornados vorhersagen. Durch die gebirgige Lage Österreichs, der begrenzten Anzahl an Messstationen, Hindernissen im Nahbereich der Sendeanlagen, der eingeschränkten Abtastmöglichkeit / Strahlausbreitung und der Ausbreitungsdämpfung des Signals können nicht alle Bereiche Österreichs durch Wetterradarmessungen erfasst werden oder sind durch Störungen behaftet.

Die Verbesserung von Wetterradarbildern ist ein Schlüsselfaktor für genauere Vorhersagen von Wettererscheinungen und Wetterlagen. Mittels Bildverarbeitungsmethoden aus den Bereichen der Texturanalyse und geometrischen Operationen werden dabei einerseits durch Artefakte gestörte Gebiete bzw. andererseits durch Abschattung unvollständige Zonen im Wetterradarbild ermittelt. Die so erkannten Bereiche werden mit Hilfe von Klassifikations- und Trackingverfahren aus multispektralen Satellitendaten (Meteosat Second Generation) meteorologisch sinnvoll ergänzt und aufgefüllt. Abbildung 1 zeigt zu einem gestörten Wetterradar-Ausgangsbild das Ergebnis der Bildverarbeitungskette im korrigierten Ergebnisbild. Dabei sind deutlich die entfernten Artefakte (RLAN-Störung im Norden) und aufgefüllten Bereiche im Südwesten zu erkennen.



a) gestörtes Ausgangsbild



b) korrigiertes Ergebnis

Abbildung 1: Wetterradarbilder

Für das Ziel automatisierte Aussagen der Wetterbeobachtung zu treffen, wurden zusätzlich zu den Verfahren zur Verbesserung und Analyse der Wetterradar- und Meteosatbilder, auch lokale Wetterprognosen (Sichtweiten, Wolkenbedeckung) mittels am Markt verfügbarer Kameras und entsprechender Algorithmik durchgeführt. Dabei wird über Methoden der Beleuchtungskompensation, Merkmalsextraktion und lokaler Modellierung die Methodik der humanen Wetterbeobachtung nachgebildet. Als Ergebnis liegt eine automatische Abschätzung der Sichtweite aus Referenzpunkten und des Bedeckungsgrads (vgl. Abbildung 2) in einem meteorologieüblichen Format (METAR) vor.

4. Technisch-wissenschaftliche Beschreibung der Arbeit

4a. Ergebnisse und Meilensteine

Arbeitspaket 1 - Management, Dissemination and Exploitation

Das Projekt wurde termingerecht mit 1.4.2009 gestartet, wobei das Kick-off Meeting bereits am 24.2.2009 abgehalten wurde. Im April 2009 wurde der Kooperationsvertrag erstellt, welcher im Juni von allen Partnern unterzeichnet an die ffg übermittelt wurde. Die darauffolgende Startrate konnte im Juli 2009 an die Partner verteilt werden. Die Verteilung der 2. Rate erfolgte im Juni 2010 nach Genehmigung des Zwischenberichts. Ein Review-Meeting wurde bei der ffg am 21.9.2010 durchgeführt.

Im Bereich des Managements wurden für die interne Projektkontrolle quartalsweise Fortschrittsberichte vereinbart. Technische inhaltliche Meetings wurden ungefähr in Monatsabstand abgehalten, wobei diese teilweise mittels Videokonferenzen abgehalten wurden. Damit konnte eine rege Kommunikation zwischen den Partnern und eine zielorientierte Umsetzung der Projektinhalte gewährleistet werden. Meetings wurden an folgenden Terminen abgehalten: 2.4.2009, 19.5.2009, 1.7.2009, 25.8.2009, 23.9.2009, 10.11.2009, 11.1.2010, 23.2.2010, 30.3.2010, 7.5.2010, 8.6.2010, 1.7.2010, 15.9.2010, 19.10.2010, 14.1.2011, 1.2.2011, 2.3.2011, 29.3.2011, 12.4.2011.

Weiters wurde für die interne Kommunikation und Datenaustausch beim Partner JOANNEUM RESEARCH (JR) ein Webshare eingerichtet.

Die Aktivitäten im Bereich Dissemination und Exploitation dieses APs werden in Abschnitt 5 dargelegt.

Arbeitspaket 2 - ATM Requirements

Der Fokus von AP2 liegt auf der Erstellung der Basisanforderungen für die Projektinhalte. Dazu konnten drei Hauptschwerpunkte identifiziert werden. Den ersten Schwerpunkt bildet die Erarbeitung des State of the Art, sowohl aus Sicht der Meteorologie, als auch aus dem Gebiet der Bildverarbeitung. Einen zweiten Block bilden die operativen Requirements. Ein umfassender Bereich ist auch der fortlaufende Diskussion zur Ground-Truth Problematik gewidmet.

Zur State of the Art Erfassung wurden seitens der Meteorologen im Projekt zwei Workshops abgehalten, einerseits zur Darstellung der Wetterradar (WXR) – Phänomene, andererseits um einen Überblick über vorhandene Produkte in der Satellitenmeteorologie zu geben (MSG-Workshop). Einen Überblick über die aktuelle Literatur und Methodik ist in folgenden Ergebnisdokumenten festgehalten:

- D2.2.1 state_of_the_art_WXR.v2.0: State-of-the-Art Report zur meteorologischen Auswertung von Wetterradarbildern
- D2.2.2 state_of_the_art_MSG.v1.0: State-of-the-Art zur meteorologischen Auswertung von MSG-Bildern
- D2.2.3-SoA-WXR-BV: State-of-the-Art: Bildverarbeitung in der Meteorologie (Wetterradar)

Das Dokument D2.1 Requirements enthält eine Zusammenfassung der operationellen meteorologischen Requirements. Darunter fallen z.B. Datenformate, Qualitätsindizes, Ground-Truth Aspekte.

Zum Thema Ground-Truth ist festzuhalten, dass eine fortlaufende Diskussion im Konsortium geführt wird, wie eine Bewertung der entstehenden Algorithmen durchgeführt werden kann. Generell stellt sich diese Thematik als schwierig dar, da es kaum Vergleichsmöglichkeiten der Ergebnisse mit projektfremden Datenanalysen gibt. Daher wird ein mehrstufiges Prinzip im Projekt verfolgt. Darunter fallen u.A. künstlich gestörte Daten oder Betrachtung von Bereichen, welche durch Mehrfachabtastung einen Vergleich erlauben (Überlappungsbereich von zwei Radarstationen). Ein weiterer Ansatz wurde gesondert als Fallstudie mit Niederschlagswerten aus Analysen (ZAMG, VERA) betrachtet.

Dem Thema Ground-Truth wurde aufgrund der Relevanz für das Projekt besonderer Stellenwert beigemessen, wodurch ein gegenüber dem Projektantrag zusätzliches Deliverable (D2.4_GroundTruth) erstellt wurde.

Die Festlegung der jeweiligen Bewertungsmethoden, im Speziellen Qualitätsindizes, für die einzelnen APs bzw. das Gesamtsystem ist Thema des Ergebnisdokuments 2.3, der Feinspezifikation operationeller Requirements.

Der Aufbau einer umfassenden Bilddatenbank in Zusammenarbeit mit AP3 und AP4 war auch Aufgabe

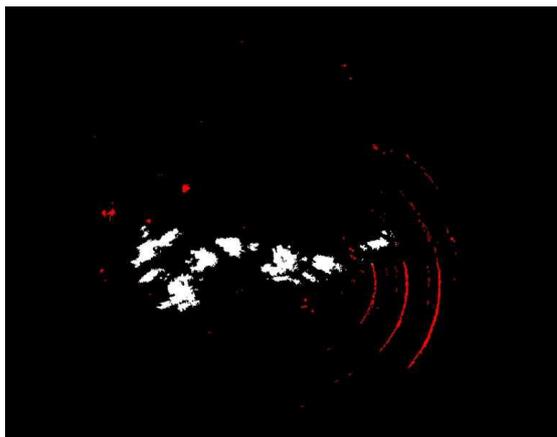
dieses APs. Es stehen für die Entwicklung der Methodik sowohl WXR- als auch zeitlich zugeordnete MSG-Bilder von 2 Jahren zur Verfügung. Dabei dient das Jahr 1 als Entwicklungsdatensatz und das 2. Jahr als Verifikationsdatensatz.

Arbeitspaket 3 - WXR Processing

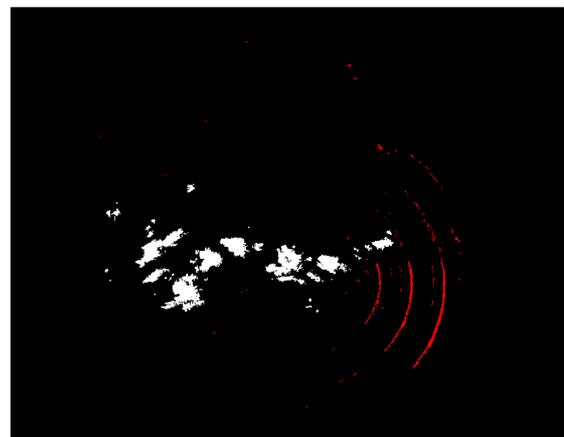
Basierend auf den State of the Art Reports aus AP2 und Ergebnissen auf meteorologischen Fallstudien (bereitgestellt von den Partnern Austro Control - ACG und MeteoServe - MSV) wurden mögliche Bildverarbeitungsalgorithmen festgelegt und implementiert. Das Fallbeispielset beinhaltet WXR-Bilder mit exemplarisch markierten Artefakten, Abschattungs- und Dämpfungerscheinungen. Einen Überblick über geeignete Methoden zur Artefakterkennung in WXR-Bildern ist im Dokument D3.1 (Artefaktstrukturen, Algorithmen) gegeben. Für die Erkennung spezifischer Artefakte zeigten sich unterschiedliche Methoden als erfolgreich. Die Umsetzung der Erkennung von Artefakten und Dämpfungsbereichen kann damit grob in drei Gruppen von Bildverarbeitungsmethoden eingeteilt werden:

- 1) Textur,
- 2) Geometrie, und
- 3) zeitbasierte Methoden.

Textur: Auf der zur Verfügung stehenden WXR-Bilddatenbank wurden verschiedene Varianten der Textursegmentierung angewandt und mit statistischen Methoden evaluiert. Am erfolgreichsten zeigten sich die Verfahren basierend auf Gabor-Filterung. Zwei exemplarische Beispiele zur Erkennung von kreisförmigen Störungen (Abbildung 3) und Solareinflüssen (Abbildung 4) sind im Folgenden dargestellt:

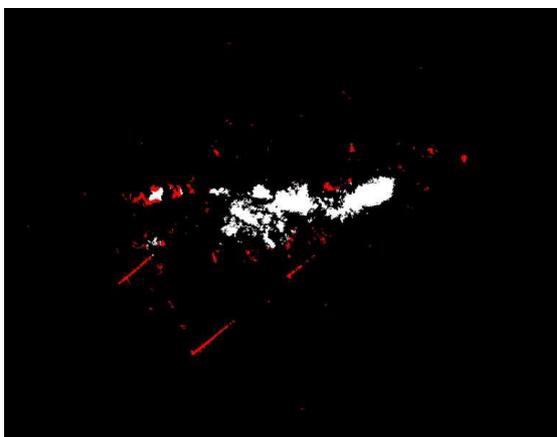


a) Segmentierungsergebnis

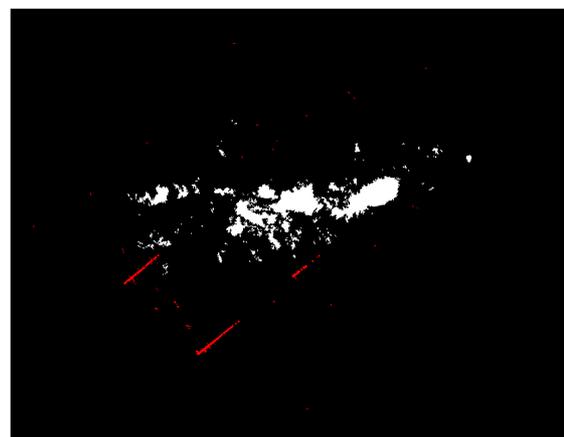


b) Ground-Truth

Abbildung 3: Textur-Segmentierung einer kreisförmigen Störung



a) Segmentierungsergebnis



b) Ground-Truth

Abbildung 4: Textur-Segmentierung von Sonnenstörungen

Geometrie: Ein Teil der zu erkennenden Artefakte bildet sich aufgrund der Radar-Aufnahmeprozesse in speziellen geometrischen Erscheinungsformen ab, z.B. RLAN-Störungen sind linienhafte Strukturen

(Abbildung 5), die zur Radarstation zeigen. Zur Erkennung dieser geometrischen Strukturen zeigte sich die Hough-Transformation in Kombination mit mathematischer Morphologie als am Besten geeignet.

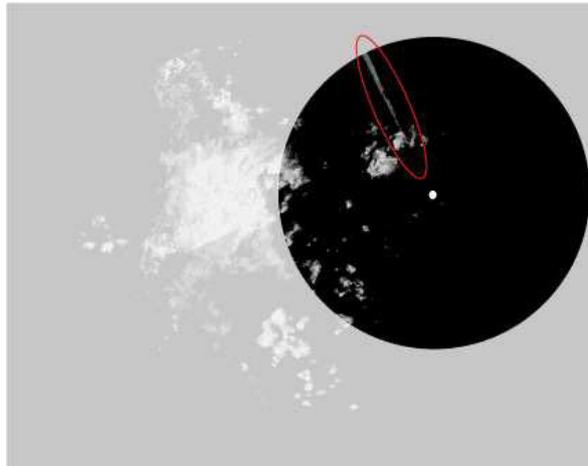
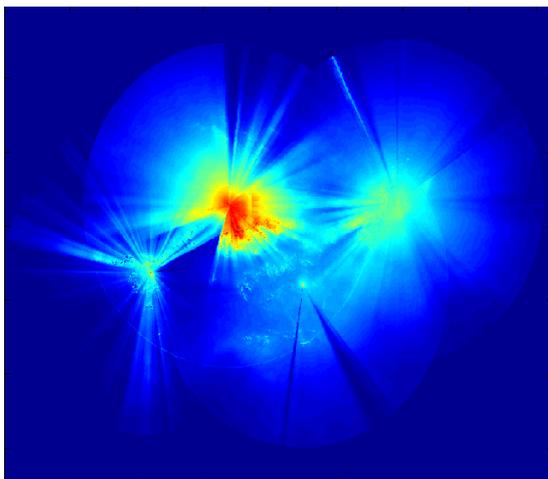


Abbildung 5: Segmentierung von RLAN-Störungen

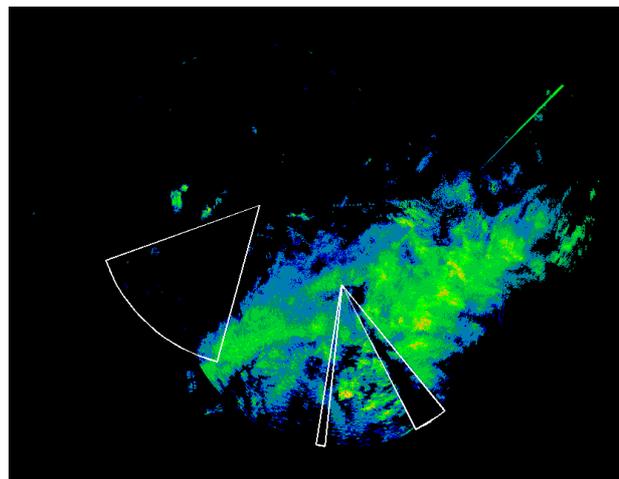
Die Evaluierung der Klassifikations-Ergebnisse (Kombination von Textur und Geometrie-Algorithmen) im Vergleich zur verfügbaren Ground Truth ergeben eine Erkennungsrate (pixelbasiert) von ca. 90%, wobei Artefakte mit rund 95% korrekter Pixel identifiziert wurden und Zellen zu ca. 80%.

Da sich aus manche Niederschlagszellen in ähnlicher Form wie Artefakte abbilden, wurde eine Korrektur der Klassifikation mittels zeitlicher Analyse durchgeführt. Diese Analyse nützt die Eigenschaft, dass Zellen eine längere Lebenszeit als Artefakte (meist nur in einem Bild) aufweisen. Die eingesetzte Methode beruht auf dem Prinzip des zeitlichen Clusterings, womit statt Einzelbilder ein 3D-Bildstapel analysiert wird. Damit ergibt sich eine Gesamterkennungsrate von ca. 88%, allerdings werden Zellen nun wesentlich besser detektiert (87%).

Für die Erkennung der Erfassungslücken (Abschattungen, Niederschlagsdämpfungen) wurden die Eigenschaften der Radarstrahlausbreitung ausgenützt. Bei Betrachtung einer einzelnen Radarstation erzeugen die Hindernisse Lücken, die sich als Kreissektoren im Radarbild darstellen. Eine Aufsummierung der Radarbilder eines Gesamtjahres illustriert diese fehlerhaften Sektoren deutlich (Abbildung 6a).



a) WXR-Summenbild eines Jahres



b) Detektierte Abschattungssektoren

Abbildung 6: Abschattungsdetektion

Zur Erkennung der aktuell relevanten Fehlsektoren werden die WXR-Bilder anhand der Koordinaten der Radarstationen in Polarkoordinatenbilder transformiert. Durch Detektion von vertikal gerichteten Geraden im transformierten Bild lassen sich die Sektoren automatisch identifizieren (Abbildung 6b). Die erkannten Bereiche werden als Maske an die WXR-Auffüllung (AP4) übergeben.

Arbeitspaket 4 - MSG Processing

Dieses AP hat die Aufgabe die aus AP3 detektierten Bereiche zu korrigieren bzw. nicht-vorhandene

Information aufzufüllen. Dazu bedienen sich die hierin verwendeten Methoden der Referenzbilddatenbank, vor allem der Satellitendaten (MSG).

Aufgrund der komplexen geographischen Lage Österreichs haben Niederschlagszellen in verschiedener örtlicher Lage unterschiedliche Erscheinungsformen, womit sich keine globale Abbildung von WXR-Strukturen in den MSG-Daten finden lässt. Deshalb wird über einen lokalen Klassifikationsansatz (kNN) aus den MSG-Daten die WXR-Intensität berechnet. Dafür ist eine genaue Referenzierung der Satellitenbilder auf die WXR-Bilder unumgänglich (geographisch und zeitlich). Die Komplexität der Synchronisierungs-Aufgabe ist in Abbildung 7 illustriert:

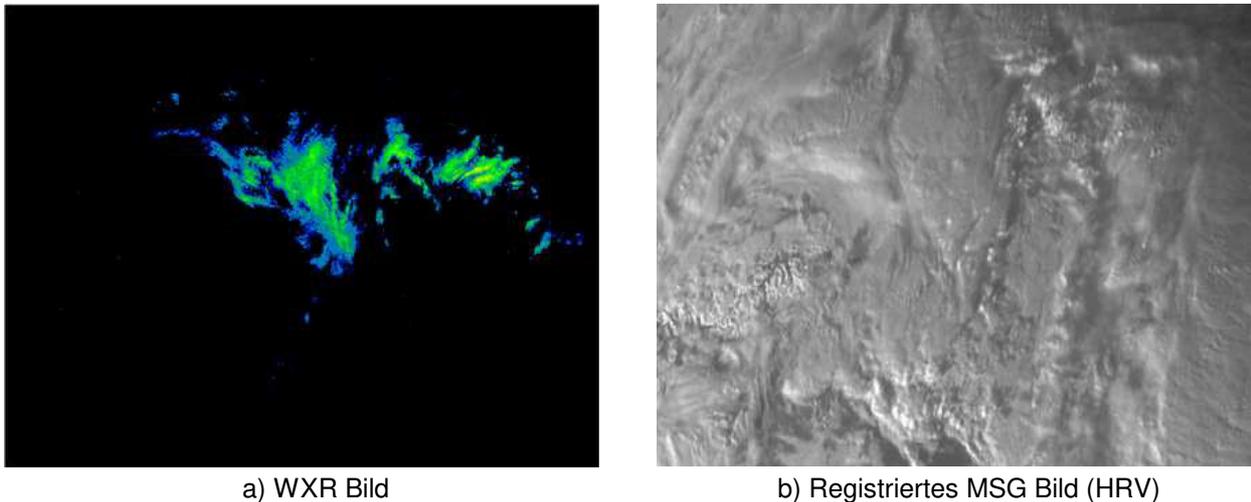


Abbildung 7: Beispielbilder vom 17.12.2008, 14:15

Für die lokale Betrachtung müssen geeignete Regionen umgebend um die aufzufüllenden gestörten Bereiche selektiert werden, welche als lokale Trainingsdaten zur Klassifikation der WXR-Intensitäten herangezogen werden. Diese Bereiche werden derart gewählt, dass sie in etwa den Strukturen der Störbereiche entsprechen (vgl. Abbildung 8).

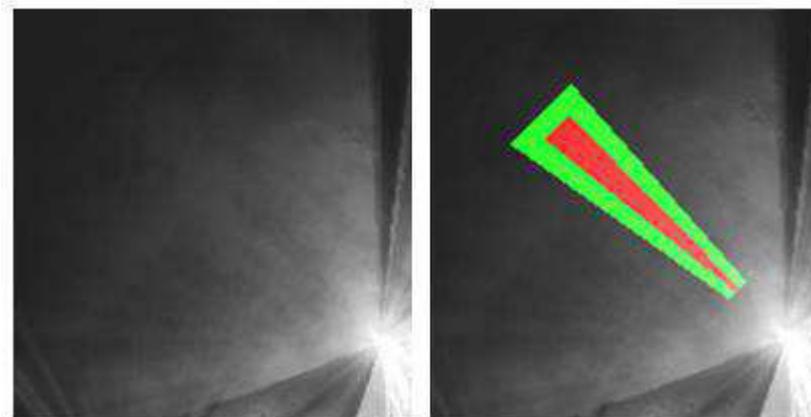


Abbildung 8: Dreieckig gewählter Trainingsbereich (Grün, korrespondierende WXR- und MSG-Daten verfügbar) um die zu klassifizierende Störung (Rot, fehlerhafte WXR-Daten)

Um die Hypothese der lokalen Ähnlichkeit weiter auszunützen wurde die Klassifikation zusätzlich mit einer geometrischen Gewichtung durchgeführt, d.h. je näher ein Trainingspixel zum beobachteten Bildpunkt liegt, umso höher dessen Gewichtung. In der Klassifikation wurden unterschiedliche Methoden der Klassenzuweisung auf dem vorhandenen Datenmaterial implementiert und evaluiert. Abbildung 9 zeigt die Auswirkungen der verschiedenen Verfahren als Gegenüberstellung zur bekannten Ground-Truth.

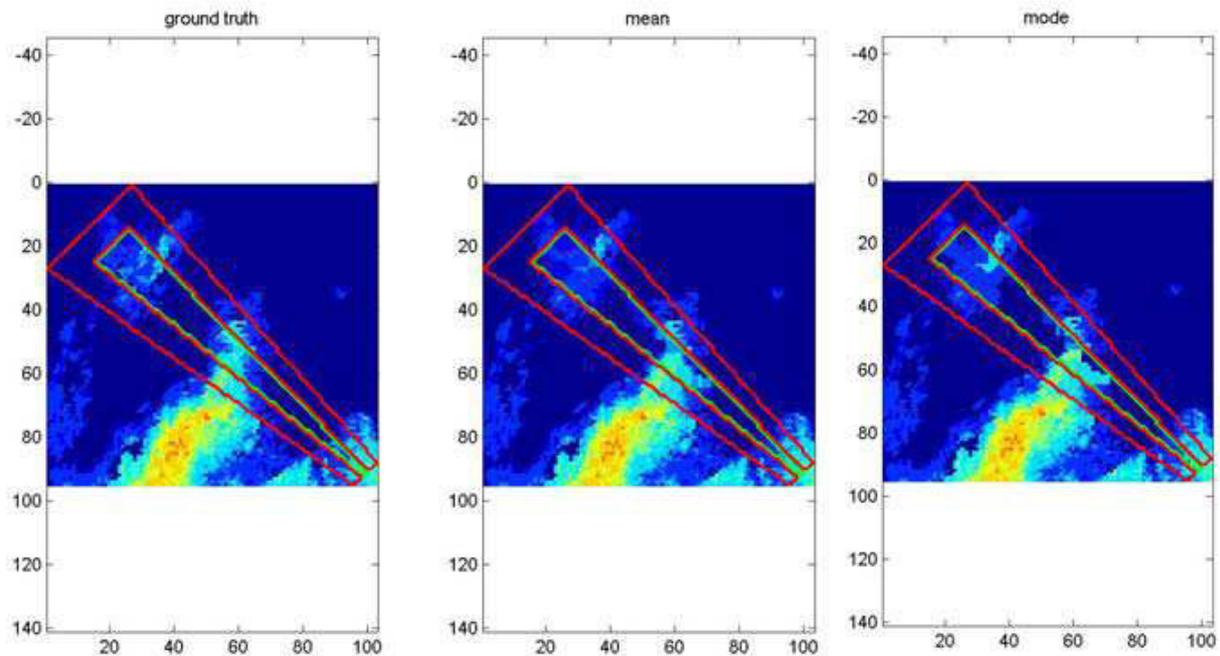


Abbildung 9: Ergebnisse unterschiedlicher Bewertungsfunktionen zur lokalen Korrektur

In einem umfassenden Test über verschiedene Regionen (darunter dreieckige und rechteckige Bereiche, vgl. oben) konnte der beste Klassifikationsansatz die korrekte WXR-Intensität in 92% der Fälle ermitteln.

Arbeitspaket 5 - Camera-based Measurement

Aufgabe des Arbeitspakets war die Verbesserung und Unterstützung von Wettermeldungen durch Bildverarbeitungskonzepte auf marktüblichen Kameras. Dabei wurden speziell die flugverkehrsrelevanten Werte Sichtweite und Bedeckung betrachtet.

Für die Sichtweitenmessungen wurden von den Meteorologen Sichtmarkenpläne (Abbildung 10) für die Flughäfen Innsbruck und Graz generiert und zur Verfügung gestellt. Mit Hilfe dieser Sichtmarkenpläne und den von ACG in Innsbruck installierten Kameras wurden Algorithmen entwickelt, welche eine Unterscheidung zwischen sichtbar und nicht sichtbar für einzelne Marken erlauben, und in weiterer Folge eine Sichtweitenabschätzung erlauben. Die Sichtweite wird mit den Algorithmen entsprechend den Verfahrensanweisungen der Flugwetterbeobachter ermittelt.

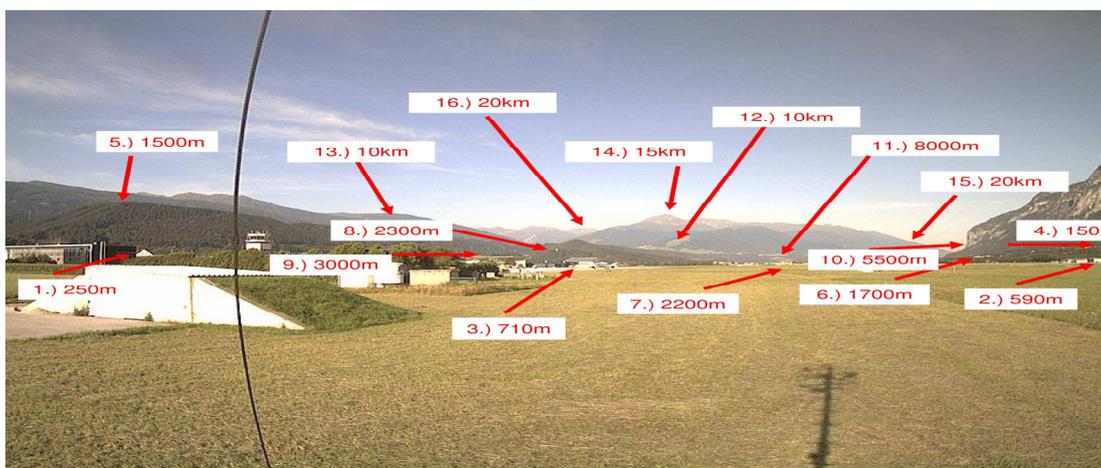


Abbildung 10: Sichtmarkenplan Innsbruck West

Der gewählte Ansatz beruht auf einem korrelationsbasierten Verfahren, wofür aus einem Bildarchiv (verteilt über ein Jahr) ein Referenzbild mit gut sichtbaren Marken erstellt wurde. Dabei bedeuten hohe Korrelationswerte gute Sichtbarkeit. Da sich die Sichtmarken durch unterschiedliche Eigenschaften

Zur Erkennung des Bedeckungsgrades wurde ein Verfahren basierend auf dem Konzept des „Statistical Region Merging“ eingesetzt. Dabei werden aufgrund der Textur und Farbe gleichförmige Bildregionen zu gemeinsamen Segmenten zusammengefügt. Mit Hilfe eines aus Trainingsdaten ermittelten Schwellwerts wird dann eine Unterscheidung der Sektoren in freier Himmel und Bedeckung getroffen. Ein Beispiel hierfür ist in Abbildung 13 dargestellt.



Abbildung 13: Bedeckungsanalyse

Arbeitspaket 6 - WXR/ MSG Fusion

Im Arbeitspaket 6 wurden die Module und Verfahren aus AP3 (Störungsdetektion) und AP4 (MSG-Auffüllung) zusammengeführt, um ein wesentlich verbessertes Wetterradarbild zu generieren. Die so ermittelten Bilder wurden anhand von Gütekriterien automatisiert bewertet, womit eine Zuordnung des korrigierten Bereichs zu einem entsprechenden Qualitätsindex als Maß für den Konsens in Klassifikator-Ergebnis gewährleistet wird. Dazu wurden unterschiedliche Qualitätsparameter und Gütekriterien untersucht. Beispielhafte Ergebnisse der Analysen der Qualitätsparameter und Gütekriterien sind in Abbildung 14 dargestellt.

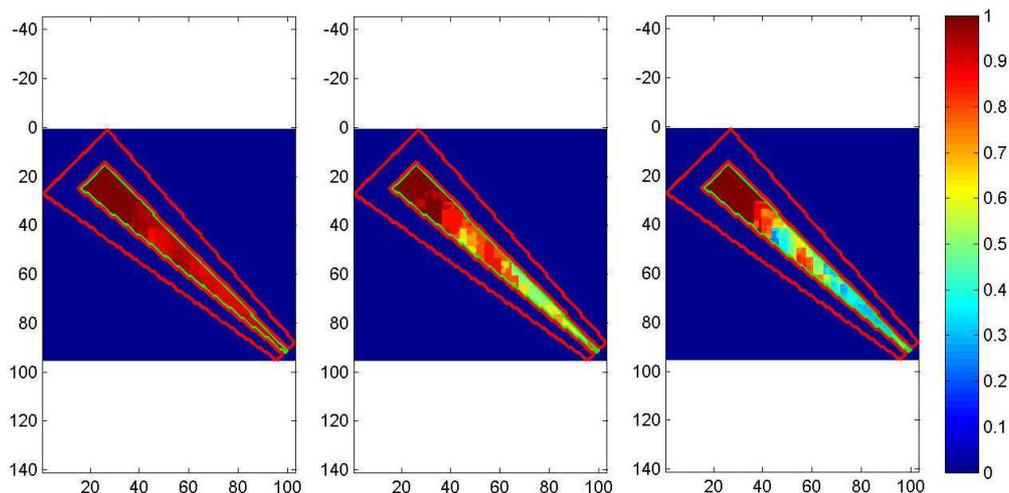


Abbildung 14: Analyse unterschiedlicher Gütekriterien

Als Ergänzung zu den MSG-Klassifikationsansätzen wurde auch untersucht inwieweit eine zeitliche Verfolgung von Regionen („Tracking“) direkt im WXR-Bild eine Möglichkeit bietet WXR-Abschattungsgebiete zu korrigieren. Basierend auf den Ergebnissen und Erkenntnissen des Methodenansatzes „Optical Flow“ (Abbildung 15) wurden Modelle entwickelt, um die Zugbahn eines Wolkenclusters im WXR Bild sowohl durch einfache lineare als auch nicht lineare Bewegungsmodelle

vorherzusagen. Diese Ergebnisse wurden anhand von umfangreichen WXR Testbildserien getestet und mit meteorologischen Extrapolationsmethoden (TREC, WIIS) verglichen. Als optimales Verfahren hat sich dabei die Methode der „Non-rigid Registration“ herausgestellt, die eine gitterbasierte Anpassung (lokal) der Bildinhalte bietet, um die Bewegung der Zellen zu messen. Aus diesem Bewegungsmodell lässt sich dann eine Vorhersage des WXR-Inhalts im nächsten Zeitschritt ableiten.

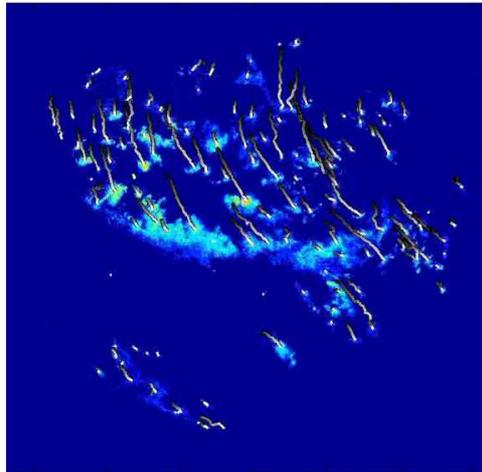
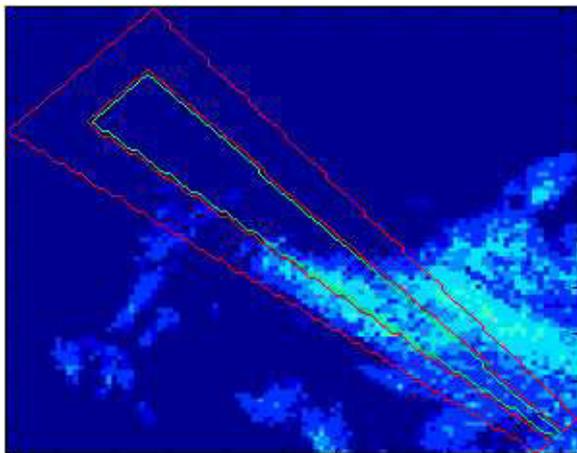
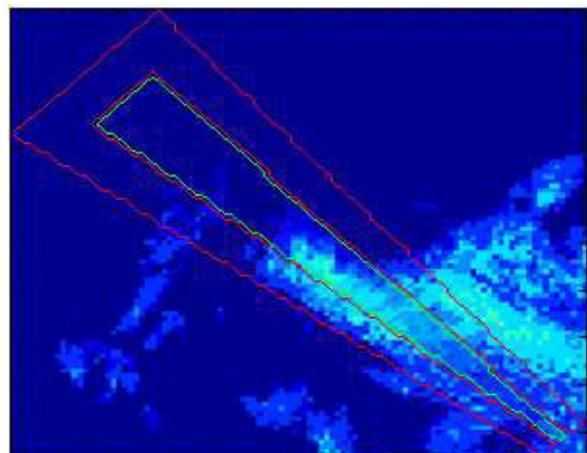


Abbildung 15: Regionsverfolgung auf Basis lokaler Maxima

Den Abschluss des Arbeitspakets bildete die Fusionierung von trackerbasierter WXR-Vorhersage und Auffüllung mittels MSG-Klassifikation. Abbildung 16 zeigt eine Gegenüberstellung des fusionierten Auffüllergebnisses und der entsprechenden Ground-Truth. Dabei zeigt sich, dass der Fusionsalgorithmus sehr realitätsnahe Korrekturen der WXR-Bilder erlaubt und eine teilweise Glättung der WXR-Information stattfindet.



a) Ground-Truth



b) Fusionsergebnis

Abbildung 16: Fusionierung von Vorhersage und Auffüllung

Arbeitspaket 7 - Prototype Integration

Der Datenaustausch zwischen Meteorologen (ACG und MSV) und Forschungsunternehmen (JR und AIT) wurde auf Basis von Bildübergabe definiert. Dies ergibt eine optimale Schnittstelle ohne wesentliche Eingriffe in die Systeme und Prozesse bei ACG und MSV. Abbildung 17 zeigt hierzu das Konzept der Integration in die bestehende Systemumgebung, wobei die grün (Wetterradar, HW-nahe) und blau (Datenaufbereitung und -verteilung) markierten Blöcke die aktuelle Architektur der WXR-Verarbeitung bei ACG darstellt. Der rote Block repräsentiert die entwickelten DIBMETSAT-Module, wobei die Ergebnisse dieser wiederum in die derzeit verwendeten meteorologischen Produkte zurückfließen.

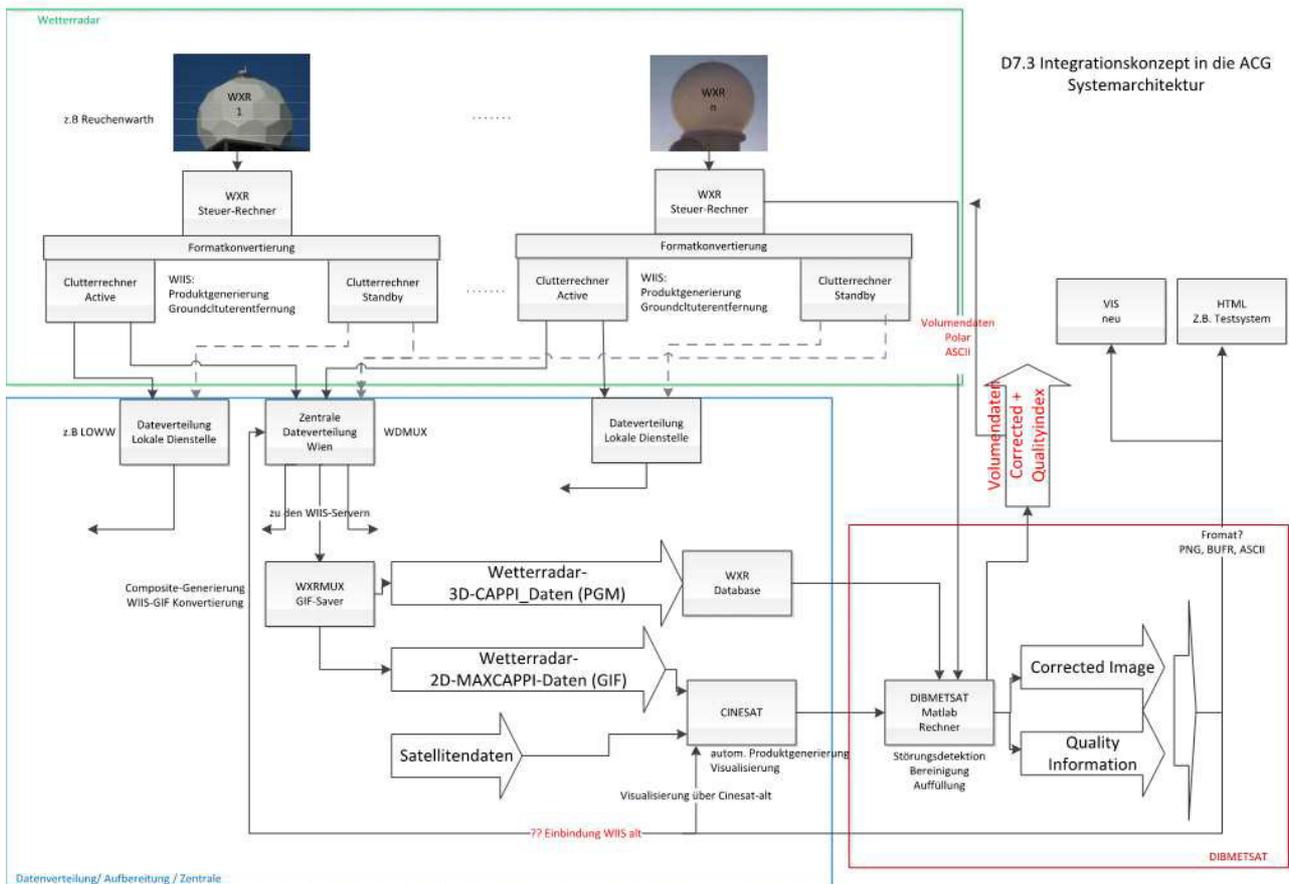


Abbildung 17: Integrationskonzept in die ACG-Systemarchitektur

Die Umsetzung erfolgte in Form eines semi-operationellen Prototyps, wobei das DIBMETSAT-System auf einem Testrechner der sich innerhalb des ACG-Systems befindet integriert wurde. Dieser Testrechner ist aber nicht Bestandteil des operationellen Dienstes der ACG, womit kein Einfluss auf derzeit verwendete Protokolle und Verfahren gegeben ist.

Da seitens AIT und JR hauptsächlich „MATLAB“ als Entwicklungswerkzeug eingesetzt wurde, verwendet das derzeit eingesetzte Testsystem MATLAB-Runtime-Versionen der entwickelten Module innerhalb eines Linux-Systems. Dies entspricht einem erreichten Technologiereifegrad von TRL 5 („Versuchsaufbau in Einsatzumgebung“). Da die Performance des MATLAB-Testsystems nicht ausreichend für den Dauerbetrieb ist, werden die entsprechenden Algorithmen als C-Module für den Einsatz im operativen System konzipiert. Dabei sind derzeit bereits Basisvarianten für die Störungsdetektion umgesetzt und verfügbar. Die Umsetzung der kompletten Kette ist außerhalb des Projektrahmens geplant.

Die nächsten Schritte bis hin zum operationellen Einsatz im Flugwetterdienst der Austro Control umfassen:

- Performance-Optimierung des Prototypen auf SW- und HW-Ebene
- Ausgedehnte Tests am Real-time Wetter im halb-operationellen Betrieb
- Integration des Services in die meteorologische Arbeitsumgebung

Nach der erfolgreichen Umsetzung der o.a. Schritte im Flugwetterdienst kommt dann die Einführung in das ATM-System, dazu sind noch die folgenden Schritte notwendig:

- Safety-Betrachtungen für die Integration in den Flugsicherungsbetrieb
- Integration in das ATM-System
- Training: Einführung in die veränderte Interpretation der Radarbilder

Arbeitspaket 8 - Proof of Concept

Für die Verifikation der Methoden stehen von den Partnern prototypische Einzelmodule als ausführbare Programme zur Verfügung. Dabei wird ein zweistufiges Verifikationskonzept bestehend aus einer On- und Offlineverifikation durchgeführt. Für die Onlineverifikation der entwickelten Module wurde bei ACG und MSV

ein semioperationelles Environment für den operationellen Dienst aufgebaut (vgl. AP7). Dieses erlaubt im Tagesgeschäft der Meteorologen die verbesserten Radardaten den originalen Daten gegenüberzustellen. Damit können die Ergebnisse anhand der Wetterlage real-time analysiert und durch den Forecaster qualitativ bewertet werden. Abbildung 18 zeigt die Umsetzung des semioperationellen Environments. Dabei können die Forecaster innerhalb ihrer gewohnten Arbeitsumgebung (PHP-Loop) die Ergebnisse analysieren und ihre Bewertungen in einem Logbuch dokumentieren. Ergebnisse stehen für die Gesamtkorrektur, wie auch den einzelnen Zwischenschritten (z.B. Artefakt detektion) zur Verfügung.

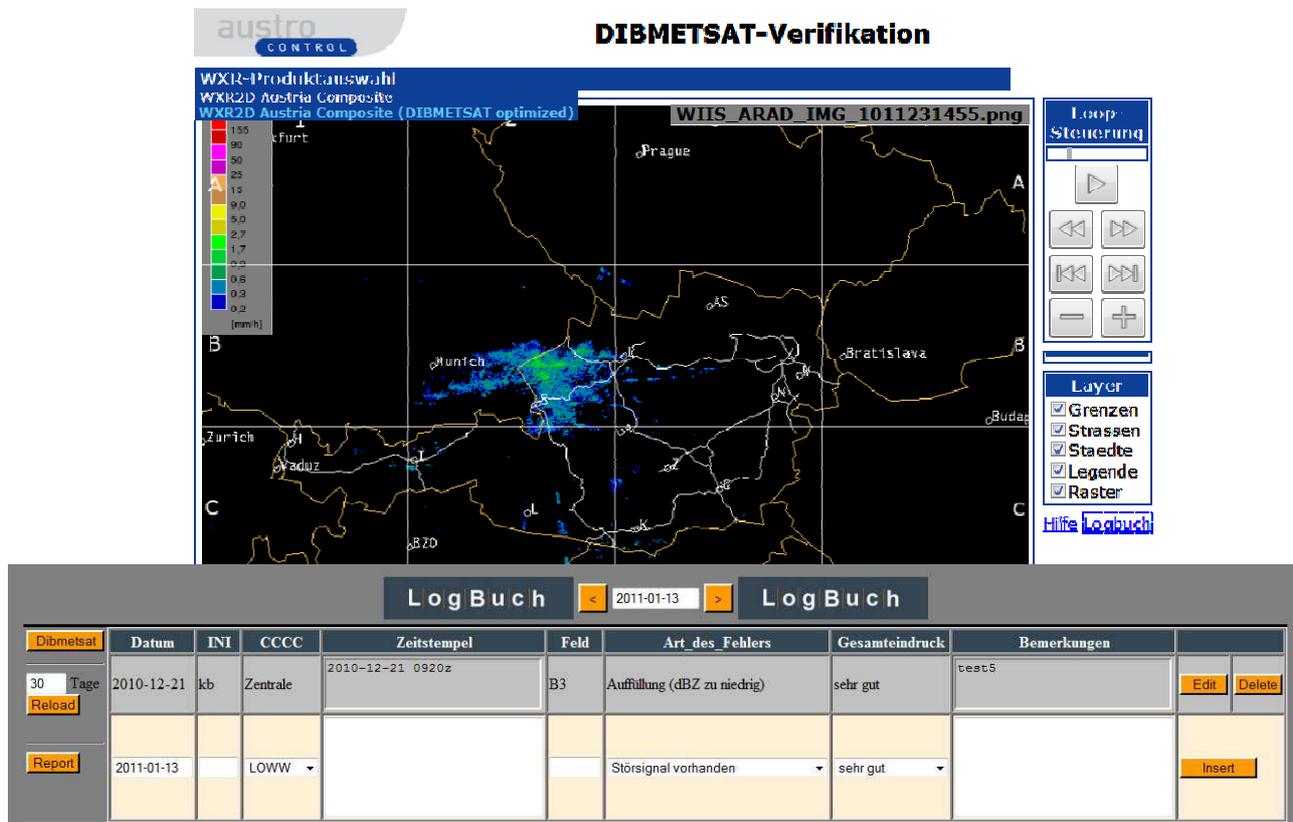


Abbildung 18: Semioperationelles Environment

Die Offline-Verifikation erfolgt auf Basis von Ground-Truth Daten und wurde teilweise in den entsprechenden APs durchgeführt. In diesem AP erfolgte anhand von Fallstudien der Vergleich der Ergebnisse mit DIBMETSAT-fremder Sensorik und Messungen (z.B. Niederschlagsraten), wobei ergänzend auch Summenbetrachtungen in Erwägung gezogen werden.

Da Radargeräte die von Wassertropfen zurückgeworfene Radarstrahlung messen, und nicht den Niederschlag direkt, ist der Vergleich zwischen WXR-Bild und Bodenniederschlagsverteilung nur eingeschränkt möglich. Die Bodenniederschlagsverteilung wiederum kann auch nicht flächendeckend gemessen werden, daher wird diese mittels Interpolationsverfahren aus Punktmessungen gewonnen. In Österreich werden im Wesentlichen zwei verschiedene Verfahren gerechnet. Die VERA (Vienna Enhanced Resolution Analysis) an der Universität Wien und das INCA-System (Integrated Nowcasting through Comprehensive Analysis) auf der ZAMG. INCA verwendet neben Stationsmessdaten unter anderem das Radarbild als Datenquelle, somit scheidet es als Vergleichsmöglichkeit aus. Im Gegensatz dazu beruhen die VERA-Felder ausschließlich auf Bodenniederschlagsmessungen. Abbildung 19 zeigt exemplarisch einen Vergleich von WXR-Bild mit entsprechenden Analysen aus Bodenmessungen.

Donnerstag, 15. April 2010, 18:00 UTC, Gesamter Alpenraum (16 km Gitter)
 Niederschlag (Farbfächen), Einheit: mm / 6h [7.5], Beobachtungen: 356, Symbol: x, Min: 0, Max: 12.14, μ : 0.44, σ^2 : 1.72
 Potentielle Schneefallgrenze (Isolinien), Einheit: hm [1], Beobachtungen: 357, Symbol: Hexagramm, Min: 6.7, Max: 21.21, μ : 13.06, σ^2 : 5.11

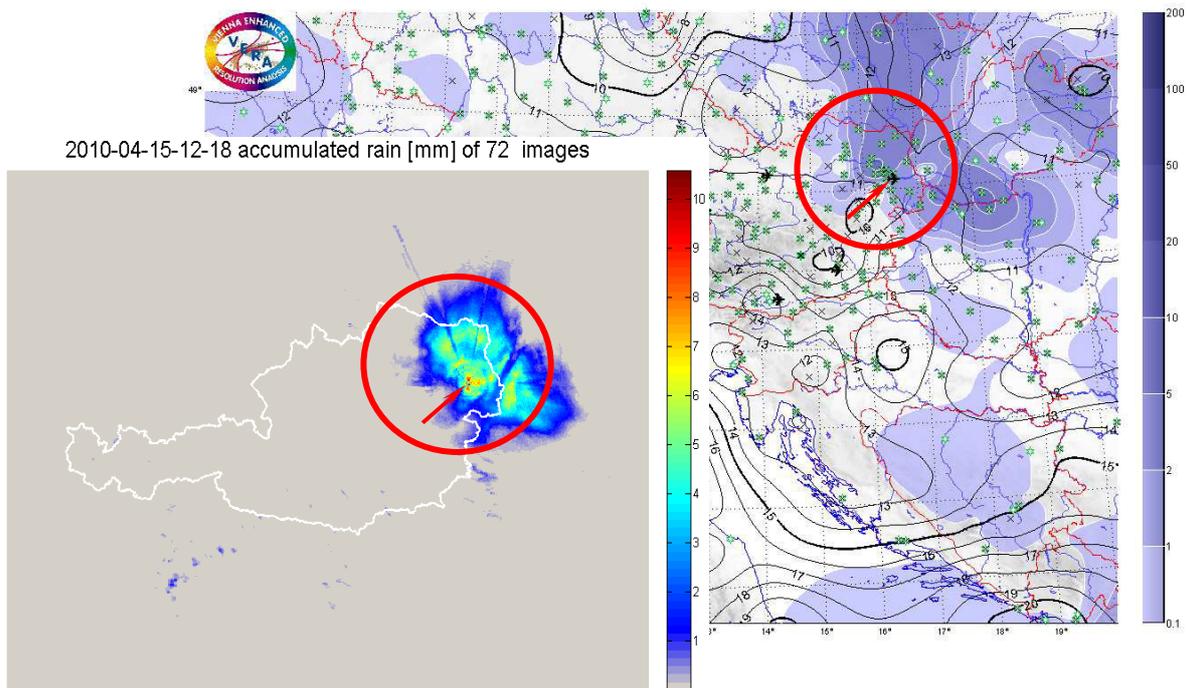


Abbildung 19: Vergleich aufsummierter WXR-Bildern (6 Std.) und VERA-Reanalyse

Dabei zeigt sich deutlich, dass im WXR-Bild nicht die Niederschlagsverteilung am Boden dargestellt wird. Ursache hierfür sind u.a. Niederschlagsverdunstung und Windverfrachtung, sowie eine nicht vollständige Volumenerfassung des gesamten Luftraums.

Der Vergleich der reinen Bodenniederschlagsmessstationen und den aufsummierten WXR-Bildern (Abbildung 20) zeigt die augenscheinlich niedrige Stationsdichte, womit lokale Effekte nur schwer erfassbar sind (vor allem im Gebirge), und die Stationsrohdaten als Vergleichsdatensatz nur sehr eingeschränkt verwendbar sind.

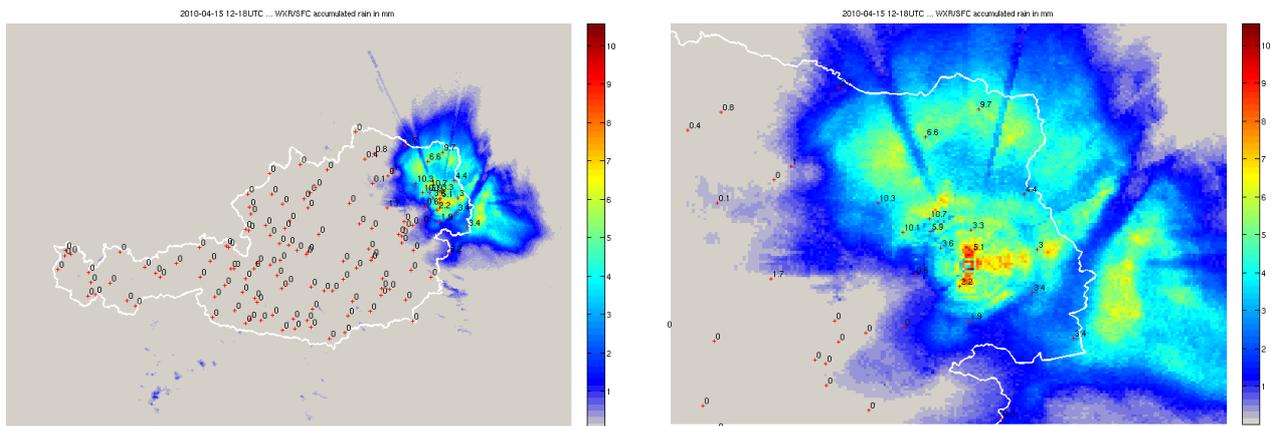


Abbildung 20: Vergleich aufsummierter WXR-Bildern (6 Std.) und Bodenmessung

Die Verifikation und Validierung der kamerabasierten Messungen aus AP5 erfolgt im Onlinebetrieb bei ACG. Dazu wurde parallel zur Kamera am Tower des Flughafen Graz die Auswertesoftware auf einem Testrechner der ACG installiert. Dies erlaubt neben dem Vergleich mit den offiziell gemeldeten METAR-Meldungen auch eine direkte Bewertung der automatisch ermittelten Werte zu Sichtweiten und Bedeckungsgrad. Die Verifikation ist derzeit im Laufen und wird über den Projektzeitraum hinaus fortgeführt.

EUMETNET hat ein eigenes Projekt dazu gestartet (<http://eumetfreq.meteo.fr/>). Da bei keinem der beteiligten Konsortialpartner eine Direktvermarktung der entwickelten Methoden als Hauptaufgabe gesehen wird (Wartungsproblematik), werden verschiedene Vermarktungskonzepte mit unterschiedlichen externen Kunden bzw. Partnern angestrebt. Für die Verwertung der Patente sind derzeit 4 unterschiedliche Schienen erkennbar:

1. Dienstleistung ACG, MSV:
 - a. ACG-seitig MET und ATM
 - b. Externe Kunden von ACG und MSV: Luftfahrtunternehmen im Rahmen des Radarverbunds, Straßenerhalter, Versicherungen, Freizeitindustrie
2. Andere Wetterdienste über Lizenzierungen:
 - a. Europaweite Vernetzung: SESAR, OPERA - ein EUMETNET-Projekt, MET-Alliance
 - b. Österreichische Wetterdienste: ZAMG, geophysikalische Dienst des BMLV, private österreichischen Wetterdienstleister
3. Radarhersteller über Verkauf der Prototypen-Module oder Lizenzmodell
 - a. Enterprise Electronics Corporation (EEC),
 - b. Vaisala
 - c. SELEX-Gematronik.
4. Externer Vertriebspartner: Lizenzierung oder Verkauf der Module

6. Kosten

6a. Kostentabelle für den Berichtszeitraum

Die folgende Tabelle gibt einen aggregierten Überblick der angefallenen Kosten pro Antragsteller und Partner, gegliedert nach Personalkosten, Investitionen, Reisekosten, Sach- und Materialkosten und Drittkosten. Alle Angaben sind in EURO.

Fügen sie weitere Spalten ein für zusätzliche Partner oder beginnen sie eine neue Tabelle.

Kostenkategorie	Akzeptierte Gesamtkosten in It. Vertrag	Kumulierte Kosten in der Berichtszeit Summe angefallener Kosten im Konsortium*	Antragsteller Angefallene Kosten in der Berichtszeit	Partner 1 Angefallene Kosten in der Berichtszeit	Partner 2 Angefallene Kosten in der Berichtszeit	Partner 3 Angefallene Kosten in der Berichtszeit
Personalkosten	634938	684972	295364	266895	54449	68264
Investitionen	13750	7579	0	0	0	7579
Reisekosten	16600	11145	2041	863	3765	4476
Sach- Materialkosten	10050	5383	4481	575	0	327
Drittkosten	0	6140	6140	0	0	0
Total	675338	715219	308027	268333	58213	80645

* Summe der angefallene Kosten / Kostenkategorie des Antragstellers und aller Partner

6b. Kostenbeschreibung im Berichtszeitraum

Die angefallenen Kosten entsprechen weitgehend dem Kostenplan im Projektantrag bzw. Vertrag und umfassen hauptsächlich Personal- und Reisekosten (Projektmeetings).

Kleinere Umschichtungen von einem AP zu anderen ergeben sich durch Mehraufwände in den entsprechenden APs. Vor allem AP2 verursacht durch die gewissenhafte Planung der Bewertungsfunktion (Ground Truth) einen erhöhten Ressourcenaufwand bei den Partnern. Die bewilligten Gesamtkosten werden aber nicht überschritten.

Bei den Partnern Joanneum Research und MeteoServe wurde in der 2. Projekthälfte eine