

Dynamische Land-Wasser-Klassifikation mithilfe eines selbstlernenden Klassifikationsalgorithmus

Bernd FICHTELMANN und Erik BORG

Dieser Beitrag wurde nach Begutachtung durch das Programmkomitee als „reviewed paper“ angenommen.

Zusammenfassung

Es gibt inzwischen Fernerkundungsdatenzeitreihen, die weltweit flächendeckend über einen längeren Zeitraum zur Verfügung stehen. Damit eignen sie sich für Monitoringaufgaben zur Verbesserung des globalen Prozessverständnisses. Im Laufe der Missionsdauer der entsprechenden Fernerkundungssysteme wurden und werden verschiedene Auswertelgorithmen und mögliche Zusatzdaten wie Land-Wasser-Masken in immer besserer Qualität entwickelt (CARROLL et al. 2009). Wassermasken sind nicht nur hilfreich, um Wasserflächen in Fernerkundungsdaten möglichst sicher zu erkennen (LEHNER & DOLL 2004), sondern um sie auch von anderen dunkel erscheinenden Flächen (JUSTICE et al. 2002), sowohl Wolken- und Geländeschatten, Waldflächen und verbrannten Flächen möglichst sicher zu unterscheiden. Mit dieser Arbeit wird das Grundprinzip eines selbstlernenden Verfahrens vorgestellt, das auf der Basis verbesserter statischer Wassermasken (USGS 2003) und der Nutzung zweier dynamischer Klassifikationsverfahren beruht, das weiterhin stabile Wasserpixel identifiziert und mit deren spektralen Eigenschaften mittlere Werte ableitet. Mit deren Hilfe können weitere sichere Wasserpixel identifiziert werden.

1 Einleitung

Ende September 2011 hatte der Satellit ENVISAT, mit den Sensoren AATSR (Advanced Along-Track Scanning Radiometer) und MERIS (MEdium Resolution Imaging Spectrometer) an Bord, seinen 50 000. Erdumlauf seit seinem Start 2002 vollendet. Allein bezogen auf AATSR mit 1 km Auflösung stehen pro Umlauf fast ebenso viele Datensätze mit etwa 512×40000 Pixel/Umlauf in jeweils 7 Bändern und die sowohl in einem Nadir- als auch Vorwärtsblickenden Modus zur Verfügung. Zusätzlich zu den jeweils 7 Bändern wird während der Verarbeitung ein Band mit der Land-Wasser-Verteilung hinzugefügt. In Bezug auf eine zu erzeugende dynamische Land-Wasser-Maske wird auf statische Masken zugegriffen und eine zusätzliche dynamische Klassifikation von Wasser integriert. Basierend auf Erfahrungen mit einer Wasserklassifikation im Rahmen der Qualitätsanalyse von LANDSAT 7 Quicklook-Daten (Borg et al. 2007, 2011), wurde mithilfe der Bereitstellung statischer Informationen, der Ableitung eines mittleren Wasserspektrums und der sich daran anschließenden Klassifikation ein selbstlernendes Verfahren entwickelt und in einem automatisierten Verarbeitungsprozess integriert. Die entsprechenden Verfahrensschritte wurden auf der Basis von AATSR Daten entwickelt.

Mit diesem Beitrag werden die Grundprinzipien eines selbstlernenden Prozesses dargelegt. Zudem werden Ergebnisse für ausgewählte Testgebiete vorgestellt und diskutiert und das Potenzial für weitere Verbesserungen aufgezeigt.

2 Mittel und Methoden

Als Eingangsdaten stehen die 7 Bänder des AATSR-Sensors zur Verfügung (Tabelle 1). Die Auflösung liegt bei 1 km pro Pixel. Das nachfolgende Verfahren benötigt daraus die Reflektanzen ρ der 4 optischen Bänder (0,55 μm , 0,66 μm , 0,87 μm und 1,6 μm). Weiterhin wird die Strahlungstemperatur benötigt, die aus dem Band bei 11 μm berechnet wird. Geografische Länge und Breite werden durch zwei weitere Bänder bereitgestellt.

Der Prozessor greift auf globale statische Land-Wasser-Masken zu. Zwischen 60° Süd und 60° Nord liegt die Land-Wasser-Maske der Shuttle Radar Topography Mission (SRTM) mit einer Genauigkeit besser als 30 m (Zellen der Größe 1 × 1 Grad im Shape-Format) vor. Für die anderen Breiten wird die in der Programmiersprache IDL (Interactive Data Language) operationell nutzbare CIA-Worldmap mit einer Genauigkeit besser als 100 m (WESSEL & SMITH 1996) verwendet.

Tabelle 1: AATSR Sensorspezifikationen

| Band [μm] | Zentrale Wellenlänge [μm] | Bandbreite [μm] | Schwadbreite [km] |
|------------------------|--|------------------------------|-------------------|
| 0,55 | 0,555 | 0,2 | 512 |
| 0,66 | 0,659 | 0,2 | 512 |
| 0,87 | 0,865 | 0,2 | 512 |
| 1,6 | 0,161 | 0,3 | 512 |
| 3,7 | 3,7 | 0,3 | 512 |
| 11 | 10,85 | 1,0 | 512 |
| 12 | 12,0 | 1,0 | 512 |

3 Dynamisches selbstlernendes Verfahren zur Ableitung einer Land-Wasser-Maske

3.1 Schematische Darstellung des Verfahrens

Abbildung 1 zeigt den prinzipiellen Aufbau des selbstlernenden Verfahrens. Da das Verfahren auf der Nutzung mittlerer regionaler Größen beruht, wird der Datensatz während der Vorverarbeitung in Ausschnitte einer geeigneten Größe zerlegt. Im Fall der AATSR Daten umfassen die Segmente 512 × 512 Pixel.

Verarbeitungsschritt VS1: Mithilfe der Eckkoordinaten wird eine Karte generiert, in die statische Land-Wasser-Informationen aus der Datenbank eingetragen und anschließend für

jedes Pixel ausgelesen werden. Das Ergebnis ist eine Land-Wasser-Maske, die den prozentualen Wasseranteil pro Pixelfläche enthält.

Verarbeitungsschritt VS2: Mit 2 Klassifikationsalgorithmen wird der entsprechende Ausschnitt des Datensatzes auf die Existenz von Wasserflächen untersucht. Im Ergebnis können auch andere Objekte, die wie Wasser als dunkle Flächen in Erscheinung treten, enthalten sein.

Verarbeitungsschritt VS3: Die zuvor erzielten 3 Teilergebnisse werden durch 3 Teilprozessoren untersucht. Diese Teilverarbeitungsprozessoren sind über einen Fusions-Prozessor miteinander verknüpft. In TVS3-1 werden die Pixel als „stabiles“ Wasser klassifiziert, die sowohl in der statischen als auch in einer Klassifikation aus VS2 als Wasser klassifiziert wurden. Das Ergebnis wird vom Fusionsprozessor in das Gesamtergebnis eingefügt. Für genau diese Pixel wird ein mittleres Spektrum abgeleitet. Weiterhin werden alle statischen Wasserpixel, die durch den Teilprozessor TVS3-1 nicht als stabil erkannt wurden, identifiziert. Im Teilprozessor TVS3-2 wird getestet, ob die als „statisches Wasser“ markierten Pixel noch vorhanden bzw. unter dünnen Wolken und Dunst noch erkennbar sind. Das Ergebnis „akzeptiertes statisches Wasser“ wird vom Fusionsprozessor im Gesamtergebnis markiert. Anschließend wird festgestellt, welche Wasserpixel nur von den dynamischen Klassifikationen als Wasser erkannt wurden. Mit dem Ergebnis wird der Teilprozessor TVS3-3 initialisiert. Das Ergebnis „akzeptierte dynamische Wasserpixel“ wird vom Fusionsprozessor in das Gesamtergebnis integriert.

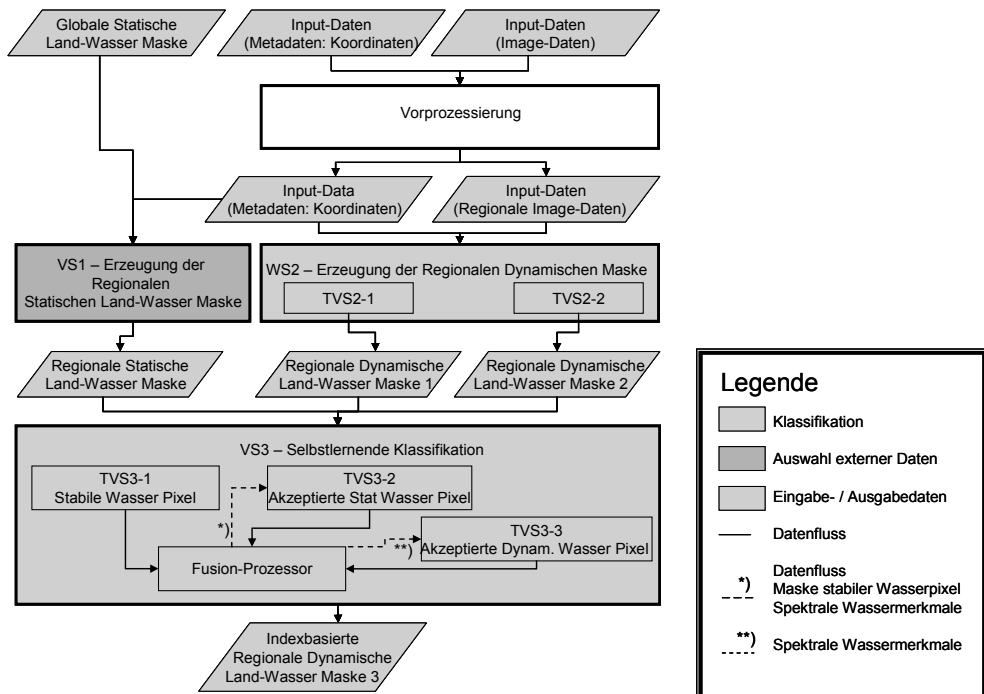


Abb. 1: Schematische Darstellung des selbstlernenden Klassifikationsalgorithmus

3.2 Bereitstellung der statischen Land-Wasser-Verteilung

Die Grundregeln zur Ableitung eines prozentualen Wasseranteils pro Pixelfläche werden in (FICHELTMANN et al. 2011) beschrieben. Abbildung 2 zeigt die automatische Auswahl und Eingabe der benötigten $1^\circ \times 1^\circ$ -SRTM Kacheln in die Kartenvorlage im Verarbeitungsschritt VS1, wobei nur zur Veranschaulichung RGB-Daten und Kachelgrenzen eingezeichnet sind. Die Kacheln, die nur Wasser (am unteren Rand zu erkennen) oder nur Land enthalten, sind als SRTM Shape-Files nicht vorhanden. Es ist von Vorteil, vorab den Kartenhintergrund als Wasser zu kennzeichnen (Abb. 2b). Für fehlende „Land“-Kacheln wurden entsprechende Shape-Files für die Datenbank erzeugt. Ein weiteres Problem ist in Abbildung 2a beim pixelweisen Eintrag der RGB-Information an Hand der dazugehörigen geografischen Koordinaten zu erkennen. An einigen Stellen werden Pixel in der Karte doppelt mit RGB-Informationen belegt und an anderer Stelle gar nicht. Beim Auslesen der entsprechenden Land-Wasser-Information tritt dann an den gleichen Positionen der umgekehrte Effekt auf.

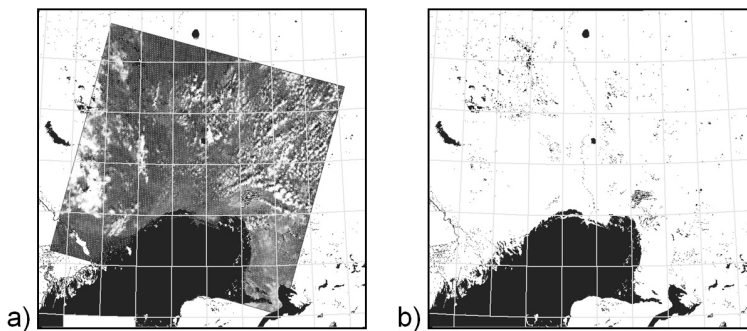


Abb. 2: Eintrag der RGB-Daten eines Ausschnitts mit 512×512 Pixel eines Datensatzes vom 19.07.2010 in eine Karte mit gleicher Pixelauflösung, weißem „Land“-Hintergrund, anschließend Einzeichnen der Wasserinformation (blau) und der Kachelgrenzen (gelb) der $1^\circ \times 1^\circ$ SRTM-Kacheln. b) Karte wird mit blauem Hintergrund (Wasser) und dem Einzeichnen der Landinformation erstellt

Darum wird die Kartenvorlage in höherer Pixelauflösung erzeugt, z. B. 9×9 Subpixel für 1 Pixel aus Abbildung 2. Damit kann einerseits die Position eines Datenpixels in der Karte genauer bestimmt und andererseits durch die Auswertung der entsprechenden Subpixel der prozentuale Wasseranteil der Pixelfläche ermittelt werden. Das Ergebnis wird in der statischen Land-Wasser-Maske *lwms* (Land-Wasser-Maske, statisch, Segment) abgelegt.

3.3 Bereitstellung der dynamischen Land-Wasser-Verteilung

Im Verarbeitungsschritt VS2 werden 2 dynamische Land-Wasser-Masken (*lwmd1s* u. *lwmd2s*) erzeugt. Im Teilverarbeitungsschritt TVS2-1 wird der in der Regel negative Anstieg der Reflektanz von Wasser mit zunehmender Wellenlänge ausgenutzt (Gl. 1).

$$\begin{aligned}
 &(\rho_{550} > \rho_{660}) \wedge (\rho_{660} > \rho_{870}) \wedge \\
 &(\rho_{870} > \rho_{1600}) \wedge (\rho_{550} < 0.22) \wedge (BT11 > 273) ? \cdot 1 : 0
 \end{aligned} \tag{1}$$

Dabei sind die Einbeziehung eines Schwellwerts von 0.22 für das 0,55 μm Band und von 273 K für BT11 hilfreich (GÜNTHER 2011a). ρ_{1600} , ρ_{870} , ρ_{660} und ρ_{550} sind die kalibrierten Reflektanzen für die Bänder bei 1,6, 0,87, 0,66 und 0,55 μm . BT11 ist die aus dem Band bei 11 μm abgeleitete Strahlungstemperatur (WAN et al. 2002). Der Teilprozessor TVS2-2 basiert auf einem am Rutherford Appleton Laboratory durch A.D. Stevens (in BIRKS 2002) beschriebenen und speziell auf AATSR Daten zugeschnittenen Algorithmus. Das pixelbasierte Klassifikationsschema verwendet den NDVI (Gl. 2) und einen NDVI-ähnlichen Index NDI2 (Gl. 3).

$$NDVI = (\rho_{870} - \rho_{660}) / (\rho_{870} + \rho_{660}) \quad (2)$$

$$NDI2 = (\rho_{660} - \rho_{550}) / (\rho_{660} + \rho_{550}) \quad (3)$$

Die beiden Ergebnisse werden von Stevens in einem zweidimensionalen Klassifikationsraum abgebildet und empirisch in Cluster unterteilt. Mit Gl. 4 werden die in dieser Arbeit enthaltenen 4 unterschiedlichen Cluster, die jeweils Wasser enthalten, adaptiert.

$$\begin{aligned} & ((NDI2 < 0.1) \wedge (NDVI < -0.15)) \vee ((NDI2 < 0.0) \wedge (NDVI < 0.0) \wedge \\ & (NDI2 < ((NDVI + 0.025) / 1.25))) \cdot 1 : 0 \end{aligned} \quad (4)$$

Pixel, die Gl. 1 bzw. Gl. 4 erfüllen, werden in *lwmd1s* bzw. *lwmd2s* als Wasser gekennzeichnet, wie zum Beispiel in Abbildung 3d und 3e gezeigt.

3.4 Verschmelzung der verschiedenen Land-Wasser-Masken in einem dreistufigen Lernprozess VS3

Die Verschmelzung der zuvor ermittelten 3 Land-Wasser-Masken erfolgt auf Segmentbasis (z. B. *lwms*, *lwmd1s*). Die darin enthaltenen Wasserobjekte werden als Kandidaten für Wasser angesehen. Stellen allerdings in einem ersten Teilschritt (TVS3-1) statische und eine dynamische Maske ein Pixel als Wasser dar, dann wird dieses als „stabil“ in Bezug auf die statische Information bezeichnet. Die Grundannahme für diese Aussage besteht darin, dass die Wahrscheinlichkeit, mit der sich ein Wasserobjekt seit seiner Erfassung in einer statischen Maske in eine andere dunkel erscheinende Landbedeckungsklasse verändert, sehr gering ist. Die entsprechenden Pixel werden durch den Fusionsprozessor in das Gesamtergebnis *lwmd3s* des Segments mit 1 gekennzeichnet (z. B. Abb. 3f). Mithilfe dieser „stabilen“ Wasserpixel wird im Fusionsprozessor ein mittleres Spektrum abgeleitet, wobei die nachfolgenden Ergebnisse für AATSR vorerst nur auf Verwendung eines mittleren Temperaturwerts nach Gl. (5) beruhen:

$$MEAN(BT11) = \left(\sum_i^n BT11(lwmd3s = 1) \right) / n. \quad (5)$$

Zusätzlich werden alle statischen Wasserpixel ermittelt, die in TVS3-1 nicht als „stabiles“ Wasser identifiziert wurden ($lwmd3s = 0 \wedge lwms \geq 10$). Mithilfe des Mittelwertes und eines geeigneten Schwellwerts werden diese in TVS3-2 auf Wasser getestet. Einige Wasserobjekte oder Teile davon sind seit ihrer Erfassung in der statischen Maske aus verschiedensten Gründen nicht mehr vorhanden. Diese müssen erkannt und dürfen im Gesamtergebnis nicht markiert werden. In dieser Hinsicht stellt der Verarbeitungsschritt eine Qualitätsprüfung der statischen Maske dar. Auf der anderen Seite gibt es in der statischen Mas-

ke Wasserobjekte, die in den Fernerkundungsdaten von Dunst oder dünnen Wolken bedeckt sind, nicht klassifiziert wurden, im RGB-Bild teilweise noch gut erkennbar sind und daher im Gesamtergebnis zu markieren sind. Die Einbeziehung der mittleren Strahlungstemperatur ermöglicht bei AATSR den Test des „statischen Wassers“ auf „nicht Eis“ ($BT11 > 273$). Zusätzlich wird noch auf einen NDVI-Wert von $< +0.15$ (gegenüber < -0.15 in Gl. 4) getestet und ein zweiter strengerer Test wird mit einem Schwellwert < -0.04 , durchgeführt (Gl. 6 und 7). Parallel dazu werden auch 2 zusätzliche Abfragen (Gl. 8 und 9) mit einem strengeren NDI2 Limit von < 0.00 bzw. < -0.15 (gegenüber < 0.1 in Gl. 4) genutzt. Die Teilergebnisse dieses Verarbeitungsschrittes werden nur während der Entwicklung des Algorithmus zur besseren Erkennung durch den Verschmelzungsprozess mit unterschiedlichen Zahlen gekennzeichnet. Die Belegung der Zahlenwerte mit Farben ist in Abbildung 3 gegeben.

$$\begin{aligned} lwmd3s = 0 \wedge lwms \geq 10 \wedge BT11s > 273 \wedge \\ BT11s \leq MEAN(BT11s(lwmd3s = 1) + 5) \wedge NDVI < -0.04? \cdot 2 : 0 \end{aligned} \quad (6)$$

$$\begin{aligned} lwmd3s = 0 \wedge lwms \geq 10 \wedge BT11s > 273 \wedge \\ BT11s \leq MEAN(BT11s(lwmd3s = 1) + 5) \wedge NDVI < +0.15? \cdot 3 : 0 \end{aligned} \quad (7)$$

$$\begin{aligned} lwmd3s = 0 \wedge lwms \geq 10 \wedge BT11s > 273 \wedge (\rho1600 - \rho550) < 0.03 \wedge \\ BT11s \leq MEAN(BT11s(lwmd3s = 1) + 7) \wedge NDI2 < -0.15 \wedge \rho870 < 0.17? \cdot 4 : 0 \end{aligned} \quad (8)$$

$$\begin{aligned} lwmd3s = 0 \wedge lwms \geq 10 \wedge BT11s > 273 \wedge (\rho1600 - \rho550) < 0.03 \wedge \\ BT11s \leq MEAN(BT11s(lwmd3s = 1) + 7) \wedge NDI2 < 0.00 \wedge \rho870 < 0.17? \cdot 5 : 0 \end{aligned} \quad (9)$$

Nach Abschluss dieses Teilschritts sind alle Kandidaten der statischen Maske auf Plausibilität untersucht.

Für den dritten Teilschritt TVS3-3 ermittelt der Fusionsprozessor alle Wasserpixel, die gleichzeitig in beiden dynamischen Masken, aber nicht in der statischen Maske erfasst wurden, also folgende Bedingung in Gl. 10 erfüllen:

$$lwms < 10 \wedge lwmd1s = 1 \wedge lwmd2s = 1? \cdot 1 : 0 \quad (10)$$

Die entsprechenden Pixel werden in einer **Zwischenmaske** zm abgespeichert und zur Weiterverarbeitung an TVS3-3 übergeben. Da einige Schattenpixel diese Kriterien erfüllen, wird auf diese Pixel eine weitere Regel (Gl. 11) angewandt (GÜNTHER 2011b):

$$\begin{aligned} \rho550(zm = 1) - \rho660(zm = 1) > 1.0 \wedge \rho660(zm = 1) - \rho870(zm = 1) > 0.8 \wedge \\ \rho870(zm = 1) - \rho1600(zm = 1) > 1.0? \cdot 6 : 0 \end{aligned} \quad (11)$$

Die entsprechenden Pixel lassen sich als „akzeptiertes dynamisches Wasser“ bezeichnen. Sie werden durch den Fusionsprozessor in die Ergebnismaske $lwmd3s$ integriert. Nach Abschluss von VS3 werden die Teilergebnisse zur Gesamtmaske zusammengefügt, wie in Gl. 12 für $lwmd3s$ gezeigt.

$$lwmd3 = \sum_1^n lwmd3s \quad (12)$$

4 Ergebnisse

Der Vergleich von weltweit verteilten Ausgangsdaten mit den dazugehörigen statischen und dynamischen Masken zeigt, wie das ausgewählte Beispiel in Abbildung 3a-e, dass Wasserflächen im Gesamtergebnis (Abb. 3f) sehr gut erkannt werden. Entsprechend des Verarbeitungsschritts, mit dem die Klassifikation als Wasser erfolgt, wird ein Pixel codiert. Als „stabil“ werden Pixel insbesondere in Bezug auf die statische Maske bezeichnet. Diese Wasserpixel gelten per Definition als sehr sicher erkannt. Die statische Maske stellt allerdings nur einen mehr oder weniger eng begrenzten Zeitschnitt dar. Sie bildet daher auch Wasserflächen ab, die verschiedenen dynamischen Prozessen unterworfen sind. (z. B. Verdunstung, Verdeckung durch Dunst und Wolken, Wasserinhaltsstoffe). Ein wesentliches Ergebnis des Verfahrens besteht darin, dass in der statischen Maske vorhandene und im RGB-Bild nicht mehr vorhandene Wasserflächen, wie im Bereich östlich des Kaspischen Meeres, in das Gesamtergebnis auch nicht einbezogen werden. Die statische Information wird in diesem Fall in Bezug auf das Gesamtergebnis unterdrückt. Im Bereich der Wolke über dem Kaspischen Meer wird „statisches“ Wasser nicht durch die Vorklassifikation in VS2 erkannt. Durch das Verfahren werden Wasserpixel allerdings teilweise unter Dunst identifiziert. Auch die Flachwasserbereiche im daneben liegenden, fast ausgetrockneten Salzsee werden erkannt und wie zuvor als „akzeptiertes statisches Wasser“ bezeichnet.

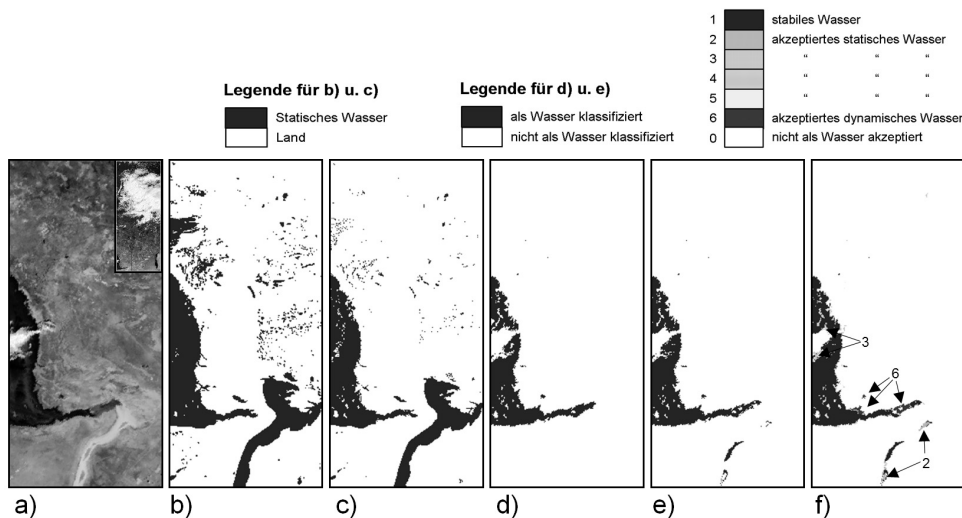


Abb. 3: a) Ausschnitt aus einer AATSR Szene mit dem nordöstlichen Teil des Kaspischen Meeres vom 19.07.2010, b) und c) statische Wassermasken, wenn der prozentuale Anteil der Wasserfläche an der Pixelfläche $\geq 10\%$ bzw. $\geq 60\%$ beträgt, d) und e) die Ergebnisse *lwm d1* und *lwm d2* und f) das Gesamtergebnis

Für die Identifikation von dynamischen Wasserflächen, die nicht in der statischen Maske vorhanden sind, können nur die in den Ergebnissen der Klassifikationen innerhalb von VS2 gefundenen Pixel herangezogen werden. So werden beispielweise durch den Verarbei-

tungsschritt TVS3-3 drei Wasserflächen im Ausläufer des Kaspischen Meeres in Richtung Salzsee als dynamische Wasser akzeptiert und ebenfalls in Abbildung 3f dargestellt.

Abbildung 4 zeigt in gleicher Weise wie zuvor Ausgangsdaten und die verschiedenen Masken für die Region Südkandinavien bis Norddeutschland. Im Bereich Skandinaviens werden teilweise Wasserflächen (hellblau gekennzeichnet) in das Ergebnis in Abbildung 4f einbezogen, obwohl sie unter relativ dicken Wolken im RGB-Bild eigentlich nicht zu erkennen sind.

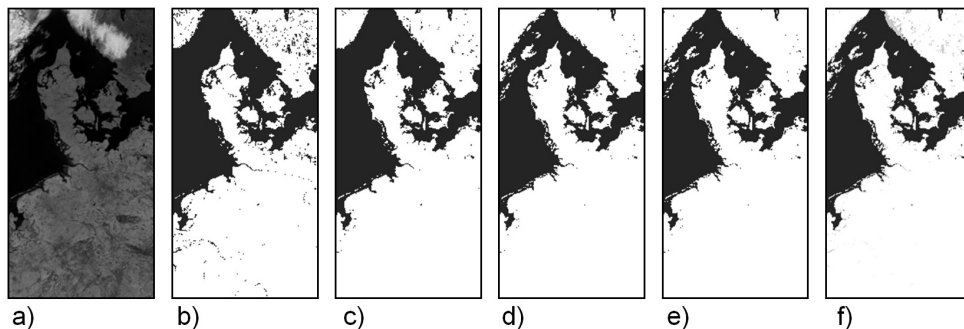


Abb. 4: a) Ausschnitt aus einer AATSR Szene vom 12.03.2007 in RGB-Darstellung der Kanäle ρ_{1600} , ρ_{870} , ρ_{550} , b) und c) statische Wassermasken, wenn der prozentuale Anteil der Wasserfläche an der Pixelfläche $\geq 10\%$ bzw. $\geq 60\%$ beträgt, d) und e) die Ergebnisse *lwm1* und *lwm2* der Klassifikationen und f) das Gesamtergebnis (Legenden wie in Abb. 3)

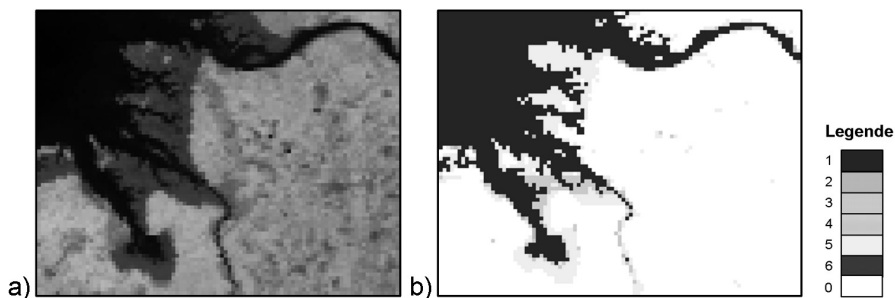


Abb. 5: Ausschnitt aus Abb. 4a mit der Nordseeküste im Bereich von Elbmündung und Jadebusen und dazugehörigem Gesamtergebnis (rechts)

Abbildung 5 und 6 zeigen im Vergleich RGB-Bild und Gesamtergebnis für regionale Ausschnitte aus Abbildung 4. Wattbereiche der Nordsee und Flüsse wie Elbe und Weser (Abb. 5) oder Rhein und Maas (Abb. 6) werden als „akzeptiertes statisches Wasser“ auf Basis der statischen Maske erfasst. Abbildung 6 kennzeichnet zusätzlich die Pixel, die mit 10-20 % bzw. 10-30 % Wasseranteil pro Pixelfläche identifiziert wurden. Eine Verschärfung des bisherigen Kriteriums von bisher $\geq 10\%$ Wasseranteil pro Pixel zur Unterdrückung

ckung entsprechender Pixel sollte vom jeweiligen Nutzer der Gesamtmaske zielorientiert ausgeführt werden.

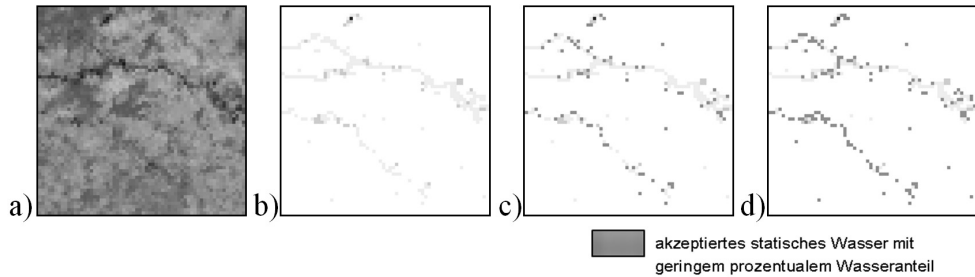


Abb. 6: Ausschnitt aus Abb. 4 mit Rhein (oben) und Maas südöstlich von Amsterdam. 6a) zeigt die RGB-Darstellung, 6b) das Ergebnis entsprechend 4f). In 6c) und 6d) sind die Pixel braun gekennzeichnet, die in der statischen Maske einen prozentualen Wasseranteil von 10-20 % bzw. 10-30 % an der Pixelfläche haben.

5 Zusammenfassung und Ausblick

Die Ergebnisse des Verfahrens zeigen, dass viele Wasserpixel auf der Basis einer statischen Wassermaske im Zusammenspiel mit verschiedenen dynamischen Klassifikationsalgorithmen zuverlässig erkannt werden können. Weitere Verbesserungen der statischen Maske lassen erwarten, dass weitere Wasserflächen als sicher erkannt werden können. Es konnte gezeigt werden, dass einmal in der statischen Maske erfasste Wasserpixel sich stabil als sichere Wasserpixel identifizieren, bzw. als solche zurückweisen lassen. Klassifizierte „statische“ Wasserpixel unter Wolken können durch gleichzeitig erstellte spezielle Wolkenmasken unterdrückt werden. Diese teilweise unter Wolken identifizierten Wasserpixel sichern bei der Verschmelzung von Wasser- und Wolkenmasken zusätzlich den kontinuierlichen Übergang von Wasser zu Wolken ab. Die bisherigen Erfahrungen bei der Entwicklung des Verfahrens, auch mit MERIS und VGT-Daten, haben gezeigt, dass eine etwas weniger strengere Klassifikation unter VS2 sinnvoll sein kann. So kann unter Umständen mehr statisches Wasser als „stabil“ oder „akzeptiert“ erkannt werden. Allerdings sollte damit eine strengere Klassifikation unter TVS3-3 in Bezug auf AATSR Daten notwendig sein, um unerwünschte dunkle Pixel auszuschließen. Das Verfahren hat die Grenzen seiner Leistungsfähigkeit noch nicht erreicht. Die Einbeziehung der Wasserpixel in das Gesamtergebnis, die sich durch einen geringen prozentualen Wasseranteil an der Pixelfläche auszeichnen, sollte bei entsprechender Weiterverwendung der Wassermasken zielorientiert erfolgen. Weiterhin ist auf die Konsistenz der Ergebnisse für verschiedene Sensoren hinzuwirken. Das Verfahren ist automatisiert und arbeitet stabil.

Das hier gezeigte Verfahren nutzt vor allem eine statische Land-Wasser-Maske. Bei Vorhandensein anderer statischer Binärmasken (zum Beispiel Waldmasken) wäre das Prinzip des Verfahrens eines Zwei-Klassen-Klassifikators auch auf diese übertragbar.

Danksagung

Die Autoren möchten sich bei K. Günther und C. Wloczyk für die konstruktiven Diskussionen und Hinweise bei der Erstellung dieser Arbeit bedanken.

Literatur

- BIRKS, A. R. (2007), Improvements to the AATSR IPF relating to Land Surface Temperature Retrieval and Cloud Clearing over Land, AATSR Technical Note, RUTHERFORD APPLETON LABORATORY, Chilton, Didcot, Oxfordshire OX11 0QX, U. K.
- BORG, E. & FICHELTMANN, B. (2007), Determination of the usability of remote sensing. EP 1591961 B1.
- BORG, E., FICHELTMANN, B. & ASCHE, H. (2011), Statistische Analyse zum subjektiven Einfluss von Interpretern bei der Qualitätsbewertung von Fernerkundungsdaten. In: *Angewandte Geoinformatik 2011*, Strobl, J. et al. (Hrsg.). Wichmann, Berlin/Offenbach, 2-11.
- CARROLL, M. L., TOWNSHEND, J. R., DiMICELI, C. M., NOOJIPADY, P & SOHLBERG, R. A. (2009), A new global raster water mask at 250 m resolution. In: *Int. J. of Digital Earth*, 2 (4), 291-308.
- FICHELTMANN, B., BORG, E. & KRIEGEL, M. (2011), Verfahren zur operationellen Bereitstellung von Zusatzdaten für die automatische Fernerkundungsdatenverarbeitung. In: *Angewandte Geoinformatik*, Strobl, J. et al. (Hrsg.). Wichmann, Berlin/Offenbach, 12-20.
- GÜNTHER, K. P. (2010), Präsentation zum Kick-off Meeting. ESA-CCI „Burnt Area“ Pre-Processing.
- GÜNTHER, K. P. (2010), Private communication.
- HAAS, E. M., BARTHOLOMÉ, E. & COMBAL, B. (2009), Time series analysis of optical remote sensing data for the mapping of temporary surface water bodies in sub-Saharan western Africa. In: *J. Hydrology*, 370, 52-63.
- JUSTICE, C., GIGLIO, L., KORONTZI, S., OWENS, J., MORISETTE, J., ROY, D., DESCLOITRES, J., ALLEAUME, S., PETITCOLIN, F. & KAUFMAN, Y. (2002), The MODIS fire products. In: *Remote Sensing of Environment*, 83 (1&2), 244-262.
- LEHNER, B. & DOLL, P. (2004), Development and validation of a global database of lakes, reservoirs, and wetlands. In: *Journal of Hydrology*, 296, 1-22.
- USGS, Documentation for the Shuttle Radar Topography Mission (SRTM) Water Body Data Files. http://dds.cr.usgs.gov/srtm/version2_1/SWBD/SWBD_Documentation/Read-me_SRTM_Water_Body_Data.pdf (31.01.2012).
- WAN, Z., ZHANG, Y., ZHANG, Q. & LI, Z. (2002), Validation of the land-surface temperature products retrieved from Terra Moderate Resolution Imaging Spectroradiometer data. In: *Remote Sensing of Environment*, 83 (1&2), 163-180.
- WESSEL, P. & SMITH, W. H. F. (1996), A global, self-consistent, hierarchical, high-resolution shoreline database. In: *J. Geophys. Res.*, 101(B4), 8741-8743. <http://www.ngdc.noaa.gov/mgg/shorelines/data/gshhs/version2.1/> (31.01.2012).