

Publikationen der Deutschen  
Gesellschaft für Photogrammetrie,  
Fernerkundung und Geoinformation e.V.



**Band 21**

**2012**



**Vorträge**

**32. Wissenschaftlich-Technische  
Jahrestagung der DGPF**

14. – 17. März 2012  
in Potsdam

*Erdblicke – Perspektiven für die Geowissenschaften*

ISSN 0942-2870

Publikationen der  
Deutschen Gesellschaft für Photogrammetrie, Fernerkundung  
und Geoinformation (DGPF) e.V.  
Band 21 487 S., Potsdam 2012  
Hrsg.: Eckhardt Seyfert

© Deutsche Gesellschaft für Photogrammetrie, Fernerkundung  
und Geoinformation (DGPF) e.V.  
Oldenburg 2008

Zu beziehen durch:

Geschäftsstelle der DGPF  
c/o EFTAS GmbH  
Oststraße 2-18  
D-48145 Münster  
Tel.: (0251) 133 070, Fax: (0251) 133 0733, E-Mail: [klaus.komp@eftas.com](mailto:klaus.komp@eftas.com)

Bearbeitung:

Landesvermessung und Geobasisinformation Brandenburg  
Heinrich-Mann-Allee 103, 14473 Potsdam  
Tel.: (0331) 8844 -229, Fax: (0331) 8844-126

## Methoden der Fernerkundung zur Unterstützung des FFH-Monitorings – DeCOVER2 Thematische Dienste

JONAS FRANKE<sup>1</sup>, VANESSA KEUCK<sup>1</sup> & FLORIAN SIEGERT<sup>1,2</sup>

*Zusammenfassung: Intensivierung der Landnutzung aufgrund landwirtschaftlicher Anpassung an die steigende Nachfrage nach regenerativen Rohstoffen stellt eine Gefahr für die Artenvielfalt in Europa dar. Insbesondere die Biodiversität von Dauergrünland steht dabei durch landwirtschaftliche Nutzungsintensivierung unter erhöhtem Druck. Umweltschutz-Richtlinien wie "Natura 2000" zielen auf den Schutz der Arten- und Lebensraumvielfalt ab. Die damit verbundenen Fauna-Flora-Habitat (FFH) Berichts- und Monitoringpflichten erfordern regelmäßige, flächenhafte Datenerhebungen zu Habitatverbreitung und Erhaltungszustand. Die in DeCOVER2 entwickelten Thematischen Dienste zum Monitoring der Nutzungsintensität von Grünland sowie zur Identifizierung von Potentialflächen für Lebensraumtypen zielen auf eine Unterstützung der Fachbehörden bei ihren FFH-Berichtspflichten mittels neuer Verfahren der Fernerkundung ab.*

### 1 Einleitung

Landnutzungsveränderungen aufgrund der Anpassung der Landwirtschaft an die steigende Nachfrage nach regenerativen Rohstoffen zur energetischen Nutzung, bedrohen die Biodiversität in Europa (STOATE et al. 2009). Steigender Bedarf an Biokraftstoffen, die EU-Erweiterung und die damit verbundenen Änderungen der Agrarpolitik führen in manchen Teilen der EU zu einer starken Intensivierung der Landnutzung (KOH & GHAZOUL 2008, STOATE et al. 2009, EEA 2006). Die Implementierung internationaler Umweltschutz-Richtlinien wie das "Übereinkommen über die biologische Vielfalt" oder "Natura 2000" zielen darauf ab, weitere Verluste der Arten- und Lebensraumvielfalt zu minimieren. Insbesondere naturnahe und extensiv bewirtschaftetem Dauergrünland kommt dabei eine wichtige Rolle als Habitat mit hohem Erhaltungswert zu (SULLIVAN et al. 2010, CRITCHLEY et al. 2003, ÖSTER et al. 2008). 14 % des EU-27 Territoriums sind Dauergrünland (EUROPEAN UNION 2010), dessen Artenvielfalt durch landwirtschaftliche Nutzungsintensivierung unter besonderem Druck steht (HENLE et al. 2008).

Die in Verbindung mit Natura 2000 bestehenden Fauna-Flora-Habitat (FFH) Berichts- und Monitoringpflichten erfordern regelmäßige, flächenhafte Datenerhebungen zu Habitatverbreitung, Habitatveränderungen sowie Habitatqualität, wobei insbesondere die Fernerkundung zur Unterstützung dieser Datenerhebungen beitragen kann (VANDEN BORRE et al. 2011). Die großräumige Erfassung von Grünlandumbruch und der Nutzungsintensität von Grünland ist für verschiedene Berichtspflichten von großer Relevanz und hat kürzlich durch den Biosprit-Boom noch an Aktualität gewonnen. Der Mangel an aktuellen, flächenhaften Daten über den Zustand von Dauergrünland sowie die Änderungen der Lebensraumqualität innerhalb

1) RSS – Remote Sensing Solutions GmbH, Isarstraße 3, 82065 Baierbrunn, Tel: 089-48954766, email: franke@rssgmbh.de

2) GeoBio-Center, Biologie Department II, Ludwig-Maximilians-Universität München, Großhadernerstraße 2, 82152 Planegg-Martinsried

der Grünlandhabitats (Bsp. Nutzungsintensivierung) kann durch die Entwicklung von fernerkundungsbasierten Verfahren reduziert werden (VANDEN BORRE et al. 2011). Daher wurden in DeCOVER2 Thematische Dienste zum Monitoring der Nutzungsintensität von Dauergrünland sowie zur Identifizierung von Potentialflächen für Lebensraumtypen (LRT) entwickelt, welche auf eine Unterstützung der Fachbehörden bei ihren Natura 2000 Berichts- und Monitoringpflichten abzielen. Neue Informationsprodukte und Monitoringmöglichkeiten ergeben sich aus der erstmalig verfügbaren, hohen zeitlichen und räumlichen Auflösung von Satellitendaten, wobei vor allem die Systeme RapidEye und TerraSAR-X in DeCOVER2 für diese Anwendungen getestet werden. Die hier dargestellten Entwicklungen sollen Fachbehörden eine erhebliche Zeit- und Kostenersparnis beim FFH-Monitoring ermöglichen sowie durch großflächige Kartierungen eine statistisch verbesserte Datenbasis zum Erhaltungszustand von Natura 2000-Gebieten schaffen.

Im Rahmen der hier dargestellten Studie soll (i) das Potential multitemporaler RapidEye-Daten zum Monitoring von Dauergrünland getestet werden, (ii) ein neues Verfahren zur Erfassung der Nutzungsintensität von Grünland entwickelt und demonstriert werden, (iii) ein neues Verfahren zur Identifikation von Potentialflächen für FFH-Lebensraumtypen (außerhalb bereits kartierter Gebiete) entwickelt und getestet werden, sowie (iv) eine Potentialabschätzung solcher Dienste für das FFH-Monitoring durchgeführt werden.

## 2 Untersuchungsgebiete und Daten

Die hier dargestellten DeCOVER2 Thematischen Dienste wurden in 4 Testgebieten (TG), welche unterschiedliche Naturräume Deutschlands repräsentieren, entwickelt und getestet (Abb. 1). Das Verfahren zur fernerkundungsbasierten Erfassung der Grünlandnutzungsintensität wurde dabei im TG Murnau entwickelt und validiert, und zusätzlich in den TG Herne und Zinna angewendet. Das Verfahren zur Identifikation von Potentialflächen für FFH-Lebensraumtypen hingegen wurde im TG Donau-Ries entwickelt und demonstriert.

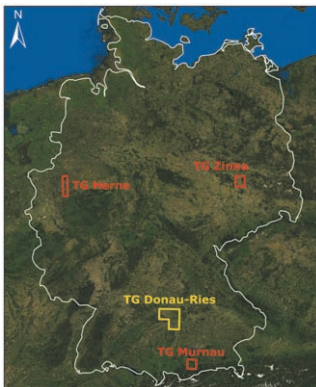


Abb. 1: DeCover2-Testgebiete (TG) in denen die Monitoringverfahren entwickelt und getestet wurden. In den rot dargestellten TG Murnau, Herne und Zinna wurde das Verfahren zur Erfassung der Nutzungsintensität von Grünland demonstriert. Im gelb dargestellten TG Donau-Ries wurde das Verfahren zur Identifikation von Potentialflächen für FFH-Lebensraumtyp 6510 entwickelt. Hintergrund: ESRI World Imagery.

Beide Verfahren basieren auf multitemporalen RapidEye Daten aus 2010 sowie 2011. RapidEye ist eine Konstellation aus 5 baugleichen Satellitensensoren, welche Daten mit 5 Spektralkanälen liefern. Zusätzlich zum blauen (440-510nm), grünen (520-590nm), roten (630-685nm) und NIR (760-850nm) Kanal, nimmt RapidEye im red-edge Bereich (690-730nm) Daten auf, die für Vegetationsanalysen geeignet sind. Die Pixelauflösung beträgt 6,5m, welche während der Vorprozessierung durch den Datenanbieter auf 5m resampled wird. Da RapidEye eine Konstellation mehrerer Satelliten mit der Möglichkeit der Schrägaufnahme darstellt, können tägliche Wiederholraten erreicht werden (5,5 Tage im Nadir) (Tyc et al. 2005). Diese hohe zeitliche Auflösung der RapidEye Daten ist für ein Monitoring von hoher Relevanz, da sie die Wahrscheinlichkeit der Gebietsabdeckung mit geringer Wolkenbedeckung erhöht. Hierdurch ist die Aufnahme geeigneter Zeitreihen, welche die Vegetationsphänologie optimal wiedergeben, gewährleistet. Es wurden ausschließlich atmosphärenkorrigierte Szenen mit weniger als 5% Wolkenbedeckung in den Testgebieten verwendet (Tabelle 1).

Tab. 1: Übersicht verwendeter RapidEye Daten in den Testgebieten.

<i>Testgebiet</i>	<i>Aufnahmedatum</i>	<i>Bezeichnung</i>
Murnau	29.04.2010	M-t1
	05.05.2010	M-t2
	08.07.2010	M-t3
	21.07.2010	M-t4
	26.08.2010	M-t5
Herne	18.04.2010	H-t1
	03.06.2010	H-t2
	12.08.2010	H-t3
	10.10.2010	H-t4
Zinna	22.03.2010	Z-t1
	03.07.2010	Z-t2
	21.08.2010	Z-t3
Donau-Ries	11.10.2010	D-t1
	15.03.2011	D-t2
	05.05.2011	D-t3
	25.05.2011	D-t4

### 3 Anwendungsfelder und Methoden

#### 3.1 Erfassung der Nutzungsintensität von Dauergrünland

Zur Erfassung der Grünlandnutzungsintensität mittels RapidEye Daten wurde im TG Murnau ein Verfahren entwickelt, welches die Nutzungsintensitäten in den vier Kategorien "Naturnahes Grünland", "Extensivgrünland", "Intensivgrünland" sowie "Grünlandumbruch" wiedergibt. Grünlandumbruch stellt einen Umbruch von Grünland zum Anbau von hoch produktiven Gräsern oder Ackerfrüchten (hauptsächlich Mais in 2010) dar. Intensiv genutztes Grünland sind relativ artenarme Flächen, die normalerweise zwischen 3 und 6 Mal pro Jahr gemäht werden, wobei die erste Mahd bereits sehr früh in der Vegetationsperiode zwischen Mitte April und Anfang Mai durchgeführt wird. Extensivgrünland hingegen stellt in den meisten Fällen relativ

artenreiches Grünland dar, welches in der Regel nicht vor Ende Mai/Anfang Juni gemäht wird. Um intensiv und extensiv bewirtschaftetes Grünland fernerkundungsbasiert zu unterscheiden, wird daher mindestens eine Satellitenszene aus dem Frühjahr benötigt, da nach der ersten Mahd des Extensivgrünlands beide Bewirtschaftungsarten ähnliche spektrale Charakteristika aufweisen können. Naturnahe Flächen sind durch sehr artenreiches Grünland charakterisiert, welches nur selten zur Futter- oder Streugewinnung verwendet wird. Naturnahes Grünland findet man meist auf sehr nassen oder sehr trockenen und nährstoffarmen Standorten. In 2010 fand eine Referenzkartierung der Grünlandnutzungsintensität im TG Murnau auf einer Gesamtfläche von 950 ha statt. Innerhalb dieser Fläche wurden anschließend 1500 zufällige Punkte (GIS) verteilt, welche zum Klassifikationstraining (400) sowie zur Validierung (1100) herangezogen wurden.

Um die Vegetationsdynamik der unterschiedlichen Grünlandklassen spektral zu analysieren, wurden verschiedene Parameter aus der RapidEye Zeitreihe abgeleitet. Neben dem Vegetationsindex NDVI, wurde für jeden Aufnahmezeitpunkt der hier so genannte Normalized Red-Edge Vegetation Index (NREVI) berechnet. Dieser wird ähnlich dem NDVI berechnet, wobei der NIR-Kanal mit dem Red-Edge-Kanal ersetzt wird. Zusätzlich wurde ein Parameter entwickelt der die gesamte Zeitreihe verwendet, um die spektrale Dynamik der Vegetation wiederzugeben. Der "Mean Absolute Spectral Dynamic (MASD)" Parameter gibt dabei die mittleren Beträge der Reflektanz-Differenzen bestimmter oder aller Aufnahmezeitpunkte der vegetationsrelevanten Kanäle 2 bis 5 wieder. Werden nur 2 Zeitpunkte ausgewählt, gibt der MASD lediglich die spektrale Änderungsintensität wieder. Werden jedoch mehrere Zeitpunkte zur Berechnung des MASD herangezogen, ist dieser ein Indikator für die spektrale Dynamik von Pixelspektren über den gesamten Beobachtungszeitraum hinweg. Verschiedene MASD Intervalle wurden mit Hilfe der RapidEye Daten berechnet, wobei entweder 2, 3, 4 oder alle 5 Zeitpunkte verwendet wurden.

Anhand der 400 Trainingspunkte der Referenzkartierung wurde die NDVI- und NREVI-Zeitreihe, sowie die unterschiedlichen MASD nach ihrer Grünlandnutzung analysiert und Regeln zur Klassifikation abgeleitet. Zum einen wurde dafür ein statistisches Verfahren (Entscheidungsbaum-Software See5 (RuleQuest Research Pty. Ltd., NSW, Australien)) verwendet, zum anderen wurden Kontext-basierte Regeln unter Berücksichtigung saisonaler Aspekte der Grünlandnutzung im TG definiert. Das Regelwerk von See5 als auch das Kontext-basierte Regelwerk wurde in eCognition (Trimble GeoSpatial, München) umgesetzt und die RapidEye Zeitreihe des TG Murnau innerhalb der Grünlandflächen des Amtlichen Topographisch-Kartographischen Informationssystems (ATKIS®) klassifiziert.

Um saisonale Aspekte näher zu beleuchten und um die geeignetste Kombination von Aufnahmezeitpunkten zu ermitteln, wurden insgesamt 8 Kombinationen unterschiedlicher RapidEye-Aufnahmezeitpunkte klassifiziert. Die Ergebnisse wurden anschließend mit den verbleibenden 1100 Referenzpunkten validiert. Unter Verwendung angepasster Klassifikationsregeln wurde das Verfahren ebenfalls in den TG Herne und Zinna übertragen.

### **3.2 Identifikation von Potentialflächen für FFH-Lebensraumtypen**

In Zusammenarbeit mit dem Bayerischen Landesamt für Umwelt (LfU) wurden zusätzlich die Möglichkeiten der Fernerkundung zur Identifikation von Potentialflächen spezieller berichtspflichtiger LRTs im Rahmen von Natura 2000 untersucht. Das europäische Natura 2000-Netzwerk beinhaltet besondere Erhaltungsgebiete (BEG) der FFH-Richtlinie sowie besondere

Schutzgebiete (SPA) der Vogelschutzrichtlinie. Ziel von Natura 2000 ist der Erhalt und die Wiederherstellung der biologischen Vielfalt in der EU. Im Rahmen der FFH-Richtlinie erstellen die Mitgliedstaaten alle sechs Jahre einen nationalen Bericht über die Durchführung aller Erhaltungsmaßnahmen und bewerten deren Auswirkungen auf den Erhaltungszustand der LRTs. Im Rahmen der FFH-Berichtspflichten wäre neben der Erfassung der LRT-Flächen innerhalb der FFH-Gebiete auch die Ausbreitung (Range), bzw. das Verbreitungsbild, der LRTs außerhalb bereits kartierter Gebiete von Interesse. Somit können weitere LRT-Flächen ausgewiesen werden und zukünftig der europäischen Kommission gegebenenfalls als potentielle Gebiete gemeinschaftlicher Bedeutung vorgelegt werden. Das bisherige Verfahren zur Erfassung von LRT-Flächen basiert meist auf einer Vorauswahl von Gebieten im Luftbild und einer flächenhaften Vor-Ort-Kartierung in den ausgewählten Gebieten. Dieses Verfahren ist somit extrem kosten- und zeitintensiv und zudem könnten schwer zugängliche Flächen unberücksichtigt bleiben. Zudem müssen im Rahmen der FFH-Richtlinie dauerhafte Monitoringflächen über Stichprobenverfahren ausgewiesen werden. Um das bisherige Stichprobenverfahren fokussierter zu gestalten, wäre eine großflächige Indikation von Potentialflächen für LRTs sowie ein Monitoring von Veränderungen ebenfalls hilfreich. Mit Hilfe einer solchen Fernerkundungsmethode, könnte die Anzahl der Vor-Ort-Stichproben reduziert und die statistische Basis der Berichte verbessert werden.

Zentrale Fragestellung dieser Untersuchung war, ob mittels multitemporaler RapidEye Daten Flächen mit LRT 6510-typischer Phänologien identifiziert werden können (LRT 6510: Extensive Mähwiesen der planaren bis submontanen Stufe). Der LRT 6510 wird typischerweise extensiv bewirtschaftet, wobei die erste Mahd nicht vor der Hauptblütezeit der Gräser vorgenommen wird. Der anthropogen geprägte LRT beinhaltet sowohl trockene als auch feuchte bis wechselfeuchte Standorte. Die Entwicklung eines Phänologie-basierten Verfahrens basierte neben multitemporalen RapidEye Daten auf Referenzdaten der Biotopkartierung sowie spezieller LRT 6510 Kartierungen des LfU. Anhand einer spektralen Zeitreihenanalyse aktuell kartierter LRT 6510-Flächen wurde die typische Phänologie abgeleitet. Dazu wurden der NDVI, der NREVI sowie der MASD verwendet. Die RapidEye Zeitreihe wurde danach mit eCognition klassifiziert, wobei Bildobjekte die zu jedem Beobachtungszeitpunkt der vorgegebenen Phänologie der LRT Referenzflächen entsprachen, anhand eines fuzzy logic Regelwerks als Potentialfläche für LRT 6510 ausgewiesen wurde. Abschließend wurde eine Genauigkeitsanalyse mittels gesamter LRT-Kulisse der Biotopkartierung durchgeführt.

## **4 Ergebnisse**

### **4.1 Nutzungsintensität von Dauergrünland**

Zur fernerkundlichen Erfassung der Nutzungsintensität von Grünland wurde ein Verfahren entwickelt, welches RapidEye Zeitreihen verwendet, wobei ein spezieller multitemporaler Spektralparameter (MASD) die Erfassung der Vegetationsdynamik und Bewirtschaftungsintensität ermöglicht. Im TG Murnau konnten vier Nutzungsintensitäten „Naturnahes Grünland“, „Extensivgrünland“, „Intensivgrünland“ sowie „Grünlandumbbruch“, worin auch Ackerbau und sonstige Landbedeckungen ehemaliger Grünlandflächen enthalten sind, mit einer Klassifikationsgenauigkeit von 85,7% unter Verwendung von 5 RapidEye-Szenen sowie von 82,2% mit 3 Szenen erzielt werden (Tab. 2). Abb. 2 zeigt beispielhafte Ausschnitte der Klassifikationen aus den TG Murnau (A1, A2), Zinna (B1, B2) und Herne (C1, C2).



Abb. 2: RapidEye-Ausschnitte dreier DeCover2-Testgebiete (A1: Murnau (BY), 05/06/2010; B1: Zinna (ST), 03/07/2010; C1: Herne (NRW), 18/04/2010) mit multitemporal klassifizierter Grünland-Nutzungsintensität des Jahres 2010 innerhalb der ATKIS® Grünlandflächen (A2: Murnau; B2: Zinna; C2: Herne).



Tab. 2: Klassifikationsgenauigkeiten unterschiedlicher Kombinationen von verwendeten Szenen. Die fünf- sowie die beste vier- und drei-Szenen Kombination ist jeweils fett formatiert.

	Verwendete Szenen (M-*)	Genauigkeit anhand Trainingsdaten	Genauigkeit anhand Testdaten	Kappa Koeffizient
<b>5 Szenen</b>	t1,t2,t3,t4,t5	<b>93,5 %</b>	85,7 %	0,59
<b>4 Szenen</b>	t2,t3,t4,t5	85,7 %		
<b>4 Szenen</b>	t1,t2,t4,t5	91,0 %		
<b>4 Szenen</b>	t1,t2,t3,t5	88,5 %		
<b>4 Szenen</b>	t1,t2,t3,t4	<b>91,7 %</b>	74,4 %	0,11
<b>3 Szenen</b>	t1,t2,t4	<b>88,7 %</b>	82,2 %	0,55
<b>3 Szenen</b>	t2,t3,t4	85,5 %		
<b>3 Szenen</b>	t1,t2,t3	88,2 %		

#### 4.2 Identifikation von Potentialflächen für LRT 6510

Mittels einer RapidEye Zeitreihe wurden im TG Donau-Ries Potentialflächen für LRT 6510 (Flächen mit ähnlicher Phänologie wie LRT 6510-Flächen) ausgewiesen (Abb. 3), diese wurden anschließend anhand der gesamten LRT-Kulisse der Biotopkartierung validiert.



Abb. 3: RapidEye-Ausschnitt des FFH-Gebietes "Mertinger Hölle" vom 25.05.2011 (D-t4) (links), mit multitemporal klassifizierten Potentialflächen für LRT 6510 (rechts).

Von der Gesamtfläche des Untersuchungsgebiets (62.500 ha), welches nach ATKIS 9.575 ha Grünland beherbergt (15%), wurden 444 ha (0,7%) als Potentialfläche für LRT 6510 klassifiziert (4,6% der Grünlandfläche). Im Kontext einer fokussierten Vor-Ort-Kartierung durch eine solche Flächenvorauswahl stellt dies eine erhebliche Flächenreduzierung dar. Jedoch konnten nicht alle Referenzflächen der Biotopkartierung getroffen werden. Von 91 LRT-Referenzflächen wurden 59 Flächen von der Potentialflächenkartierung getroffen (65%). Eine genauere Analyse der nicht getroffenen Flächen ergab, dass ein Großteil dieser Flächen in diesem Jahr sehr früh gemäht wurden oder seit der Biotopkartierung gar eine Veränderung der Flächen stattgefunden hat, was in beiden Fällen zu einer starken Abweichung von der typischen Phänologie führt und solche Flächen somit nicht als Potentialfläche klassifiziert werden. Die Trefferquote der klassifizierten LRT 6510 Potentialflächen ist zudem abhängig von der Größe der LRT-Referenzfläche der Biotopkartierung. Je größer die LRT 6510-Referenzfläche, desto höher ist die Trefferquote der Potentialflächenklassifikation (Abb. 4). Somit stieg die Trefferquote bei Referenzflächen größer 2 ha auf 100%.

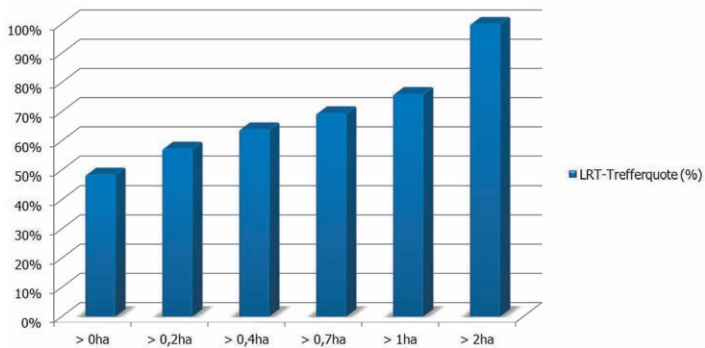


Abb. 4: Trefferquote der klassifizierten LRT 6510 Potentialflächen in Bezug auf LRT-Referenzflächen der Biotopkartierung in Abhängigkeit der Flächengröße (Referenz).

## 5 Fazit

Die Ergebnisse der hier dargestellten Verfahren zeigen, dass neue fernerkundungsbasierte Methoden unter Verwendung moderner Satellitensensoren Umwelt-Fachbehörden beim Monitoring schützenswerter Flächen unterstützen und Datenerhebungen im Rahmen von FFH-Berichtspflichten effektiver gestalten können. Die hohe räumliche und zeitliche Auflösung moderner Satellitensensoren ermöglichen eine zeitlich angepasste Akquise geeigneter Zeitreihen, welche die dynamischen Vegetationsphänologien abbilden sowie die spektrale Dynamik von Oberflächen wiedergeben. Wie hier demonstriert, ermöglicht die Verwendung solcher Zeitreihen eine zuverlässige Erfassung der Nutzungsintensität von Grünland, die für verschiedene Anwendungen im Bereich Umweltschutz und nachhaltiger Landwirtschaft, wie beispielsweise dem Monitoring von Nutzungsintensivierung, Habitat-Charakterisierung oder

Veränderungsmonitoring, relevante Informationen liefert. Zeitliche Aspekte des Monitorings sind dabei von großer Bedeutung wenn Kosten und Qualitätsstandards des Fernerkundungsverfahrens betrachtet werden, da beide Faktoren direkt von der Anzahl und den Aufnahmezeitpunkten der verwendeten Szenen abhängen. Hohe Klassifikationsgenauigkeiten konnten mit 5 Szenen (85,7%), als auch mit drei Szenen (82,2%) erzielt werden. Somit stellte eine Zeitreihe aus drei Szenen, wobei davon zwei vor Mitte Juni aufgenommen werden sollten, eine ausreichende Basis für die großflächige Erfassung der Grünlandnutzungsintensität dar.

Die hier ebenfalls dargestellte Methode zur Identifikation von Potentialflächen für LRT 6510 verdeutlicht weitere Anwendungsmöglichkeiten hochaufgelöster Satellitenbild-Zeitreihen im Bereich des FFH-Monitorings. Die Ausbreitung (Range) des LRT 6510 außerhalb bereits kartierter Gebiete konnte mit diesem Verfahren abgeschätzt werden, wobei insbesondere große LRT-Flächen, bzw. Potentialflächen für LRT 6510, mit sehr hoher Genauigkeit identifiziert werden konnten. Somit könnte durch eine solche Flächenvorauswahl eine deutliche Reduzierung der zu Vor-Ort-kartierenden Fläche erzielt sowie die statistische Basis von Vor-Ort-Stichproben verbessert werden. Eine Unterstützung der Vor-Ort-Kartierung ist insbesondere gewährleistet wenn die Flächen sehr weit verteilt sind. Diese Fernerkundungsmethode ist in hohem Maße von der Aktualität sowie dem Verfahren der Biotopkartierung (Referenzdaten) abhängig. LRT-Flächen die eine Veränderung seit der Biotopkartierung erfahren haben, als auch nicht teilflächenspezifische LRT-Kartierungen implizieren Fehler beim Training der Klassifikation und somit Ungenauigkeiten der Ergebnisse. Wie schon bei der Erfassung der Grünlandnutzungsintensität, sind zeitliche Aspekte der Fernerkundungsdatenaufnahme bei diesem Verfahren von großer Bedeutung, wobei insbesondere die frühe Wachstumsphase (März bis Mai) ausreichend abgedeckt sein sollte.

Neue Erdbeobachtungssysteme mit verbesserten Leistungsfähigkeiten stellen die Schlüsseltechnologie zur Unterstützung des FFH-Monitorings durch Fernerkundung dar. Die hier dargestellten Fernerkundungsverfahren wurden entwickelt, um den Mangel an flächendeckenden Informationen über Grünland-Habitate zu reduzieren, da sie das großflächige Monitoring von raum-zeitlich hoch dynamischen Ökosystemen ermöglichen. Die daraus gewonnenen Informationen stellen ein großes Potential für Umwelt-Fachbehörden zur genaueren und vereinfachten Berichterstattung innerhalb ihrer FFH-Berichtspflichten dar. Abschließend soll festgehalten werden, dass FFH-Richtlinien relevante Vor-Ort-Kartierungen durch diese Fernerkundungsverfahren nicht ersetzt werden können, diese jedoch erheblich verbessert und effizienter gestaltet werden können, da relevante Informationen flächendeckend erhoben werden.

## **6 Danksagung**

Die hier vorgestellten Studien wurden im Rahmen von DeCOVER2 durchgeführt, ein Projekt gefördert von der Raumfahrt-Agentur des Deutschen Zentrums für Luft- und Raumfahrt e.V. mit Mitteln des Bundesministeriums für Wirtschaft und Technologie aufgrund eines Beschlusses des Deutschen Bundestages unter dem Förderkennzeichen FKZ 50EE0912. Besonderem Dank gilt dem Bayerischen Landesamt für Umwelt (LfU, Augsburg, Referat 51 Flächenschutz) für die Zusammenarbeit.

## 7 Literaturverzeichnis

- CRITCHLEY, C.N.R., BURKE, M.J.W. & STEVENS, D.P., 2003: Conservation of lowland semi-natural grasslands in the UK: a review of botanical monitoring results from agri-environment schemes. *Biological Conservation*, **115**, S. 263–278.
- EEA - EUROPEAN ENVIRONMENT AGENCY, 2006: Land accounts for Europe 1990-2000. Towards integrated land and ecosystem accounting. Copenhagen. ISSN 1725-9177. 112 Seiten.
- EUROPEAN UNION, 2010: Agricultural statistics - Main results 2008-09. eurostat European Commission pocketbooks. 2010 edition. Luxembourg. ISSN 1830-463X. 186 Seiten.
- HENLE, K., ALARD, D., CLITHEROW, J., COBB, P., FIRBANK, L., KULL, T., MCCracken, D., MORITZ, R.F.A., NIEMELÄ, J., REBANE, M., WASCHER, D., WATT, A. & YOUNG, J., 2008: Identifying and managing the conflicts between agriculture and biodiversity conservation in Europe - A review. *Agriculture, Ecosystems and Environment*, **124**, 60-71.
- KOH, L.P. & GHAZOUL, J., 2008: Biofuels, biodiversity, and people: Understanding the conflicts and finding opportunities. *Biological Conservation*, **141**, S. 2450-2460.
- ÖSTER, M., PERSSON, K. & ERIKSSON, O., 2008: Validation of plant diversity indicators in semi-natural grasslands. *Agriculture, Ecosystems & Environment*, **125**, S. 65–72.
- STOATE, C., BÁLDI, A., BEJA, P., BOATMAN, N.D., HERZON, I., VAN DOORN, A., DE SNOO, G.R., RAKOSY, L. & RAMWELL, C., 2009: Ecological impacts of early 21st century agricultural change in Europe - A review. *Journal of Environmental Management*, **91(1)**, S. 22-46.
- SULLIVAN, C.A., SKEFFINGTON, M.S., GORMALLY, M.J. & FINN, J.A., 2010: The ecological status of grasslands on lowland farmlands in western Ireland and implications for grassland classification and nature value assessment. *Biological Conservation*, **143**, S. 1529-1539.
- TYC, G., TULIP, J., SCHULTEN, D. KRISCHKE, M. & OXFORD, M., 2005: The RapidEye mission design. *Acta Astronautica*, **56(1-2)**, S. 213-219.
- VANDEN BORRE, J., PAELINCKX, D., MÜCHER, C.A., KOOISTRA, L., HAEST, B., DE BLUST, G. & SCHMIDT, A.M., 2011: Integrating remote sensing in Natura2000 habitat monitoring: Prospects on the way forward. *Journal for Nature Conservation*, **19(2)**, S. 116-125.