

# Sachsenforst setzt auf Fernerkundung

Sachsens forstliche Praxis nutzt mit großem Erfolg Daten aus der Fernerkundung

**Karina Hoffmann, Bodo Coenradie, Leilah Haag und Veit Nitzsche**  
Im Auftrag des Staatsbetriebs Sachsenforst wurde in den letzten fünf Jahren ein Verfahren entwickelt, mit dessen Hilfe ein ausreichendes Minimum an Waldzustandsinformationen für den Gesamtwald Sachsens aus Daten der Fernerkundung (semi-)automatisiert erfasst werden kann. Die positive Resonanz der Nutzer, Forstbezirksleitungen und Revierleiter der bereits bearbeiteten Forstbezirke belegen, dass die Informationstiefe und die Struktur der ausgelieferten Daten für praktische Zwecke prinzipiell geeignet sind.

Der Staatsbetrieb Sachsenforst (SBS) benötigt für seine vielfältigen Aufgaben aktuelle Informationen über den Waldzustand. Durch die Nutzbarmachung von Fernerkundungsdaten der Landesvermessung lassen sich zahlreiche Forstparameter großflächig und kostengünstig ermitteln und in das Forstliche GeoInformationssystem Sachsens (FGIS) integrieren.

## Datenaktualisierungen mit Fernerkundungsdaten der Landesvermessung bei Sachsenforst

Fernerkundungsdaten unterstützen einerseits die Beurteilung des Ausmaßes von Schäden mit Auswirkungen auf die Wälder. Es bestehen aber auch weitreichende Nutzungsmöglichkeiten von Fernerkundungsdaten. Diese sind:

- Qualifizierung der Informationsbasis zur Beratung und Betreuung nicht staatlicher Waldbesitzer
- Rationalisierung der Forsteinrichtung im öffentlichen Wald (Vorstratifizierung der Betriebsinventur und des Planungsbegangs)
- Monitoring von Wald-Lebensraumtypen auf der Grundlage von Texturmosaiken als ein Schlüsselindikator für die Bewertung der Lebensraumvielfalt
- Ableitung von Parametern für die forstbetriebliche Steuerung und die Standorts- und Leistungsmodellierung
- Abschätzung waldschutzrelevanter Risiken
- Waldflächenerfassung

Für die Sächsischen Forstbezirke Marienberg, Oberlausitz und das Biosphärenreservat Oberlausitzer Heide- und Teichlandschaften (BROHT) (Abbildung 1) hat im Auftrag von Sachsenforst die Arbeitsgemeinschaft der Firmen Digitale Dienste Berlin (DDB) und Luftbild Umwelt Planung GmbH (LUP) ein landesweit anwendbares Verfahren entwickelt, mit dem (semi-)automatisiert Waldzustandsdaten erfasst bzw. forstlicher Parameter aus Fernerkundungsdaten abgeleitet werden.

Als Testgebiete der Pilotstudie dienen der Forstbezirk Marienberg im Erzgebirge und das ehemalige Forstamt Kamenz im Forstbezirk Oberlausitz. In einem Folgeprojekt wurden die entwickelten Methoden und Modelle im gesamten Forstbezirk Oberlausitz und im BROHT erprobt und praxisreif weiterentwickelt.

Ein besonderes Interesse galt einerseits der Kartierung von Baumarten und andererseits der Abschätzung ausgewählter Parameter über Bestandshöhenanalysen.

Als Grundlage dienen die dem Staatsbetrieb Sachsenforst landesweit kostenfrei zur Verfügung stehenden Luftbild- und Laser-Daten des Sächsischen Staatsbetriebs für Geobasisinformation und Landesvermessung (GeoSN).

Für die Kartierungen von Waldflächenzugängen und Waldflächenabgängen, beschirmter und unbeschirmter Fläche, Bestandeshöhen, Wuchsklassen und Baum-

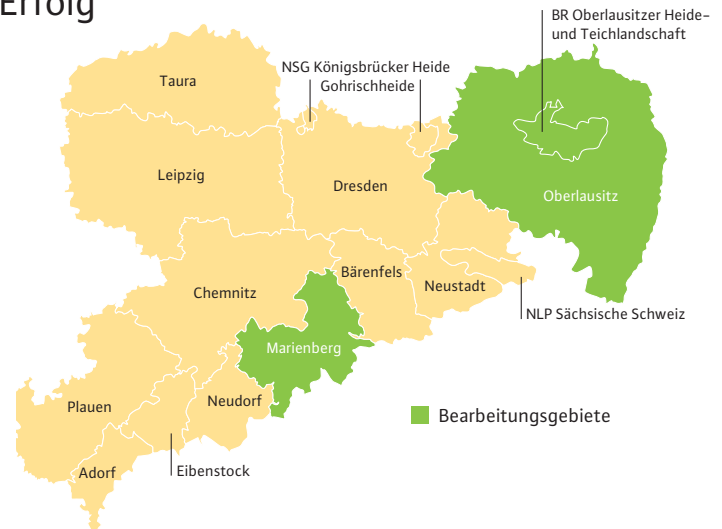
höhenklassen, Baumartengruppen sowie Überhältern wurden spektrale und texturale Merkmale ermittelt sowie Vegetationshöheninformationen analysiert.

## Datengrundlagen

Die Basis der Fernerkundungsdatenauswertungen bilden die beim GeoSN verfügbaren 8-Bit-Orthobild- und 16-Bit-Luftbilddaten sowie Laserdaten und die von ihnen abgeleiteten digitalen Höhenmodelle.

Jährliche Befliegungskampagnen der Landesvermessung mit digitalen Luftbildkameras finden in Sachsen bevorzugt in den Monaten Mai bis Juli statt. Diese liefern für jeden Landesteil im dreijährigen Turnus RGBI-Daten mit einer Bodenauflösung von 20 cm. Luftbilder bzw. Orthophotos stehen Sachsenforst in der Regel spätestens ein Jahr nach der Befliegung zur Verfügung. Die Abtastung der Landesfläche mit Laser-Messflügen dient vorrangig der Ableitung bzw. Verbesserung des ATKIS-DGM (Digitales Geländemodell) und findet deshalb in der vegetationsfreien Zeit statt. Aus den Punktwolken der Messwerte werden unter anderem Digitale Oberflächenmodelle (DOM) und Vegetationshöhenmodelle (VHM = nDOM = DOM - DGM) mit Rasterweiten von 2 m x 2 m oder 1 m x 1 m erzeugt. Die ersten Laseraufnahmen fanden in Sachsen zwischen 2005 und 2012 statt. 2015 wurde mit Wiederholungsaufnahmen begonnen.

1 Forstbezirksgliederung des Staatsbetriebs Sachsenforst mit den Bearbeitungsgebieten der Jahre 2011 bis 2016

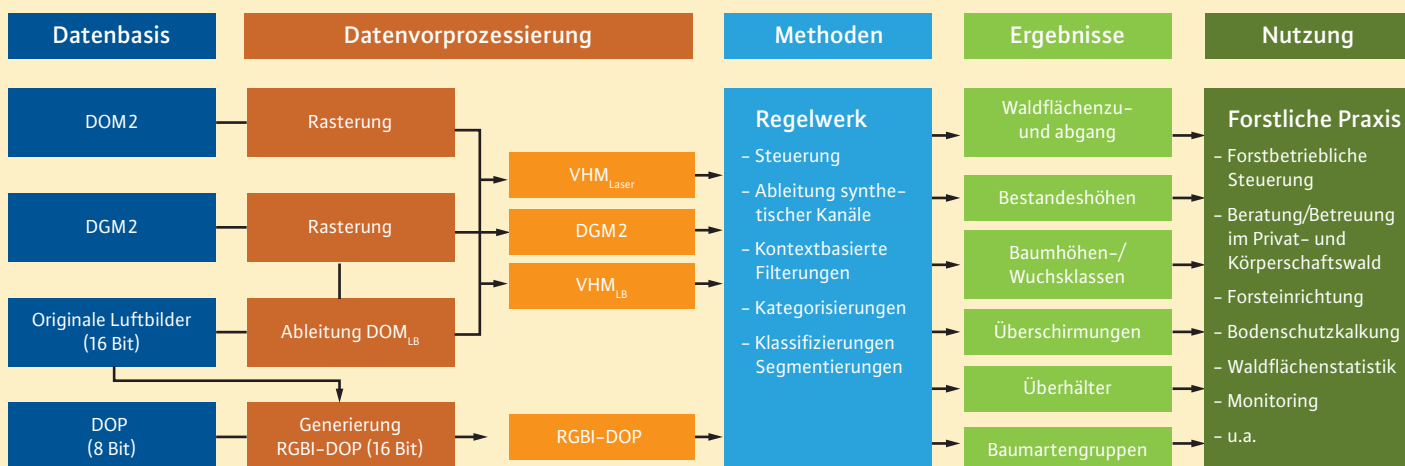


Da während der Projektbearbeitung die Wiederholung der qualitativ hochwertigen, aber auch kostenintensiven Laseraufnahmen nicht feststand, wurden im Testgebiet Marienberg Oberflächenmodelle automatisiert aus Luftbilddaten abgeleitet, diese in den Auswerteprozess eingebunden und alle Auswerteverfahren für die optionale Nutzung von Laser- und Luftbildinformationen entwickelt.

Fachinformationen des FGIS (Forstgrunddaten, Forsteinrichtungsdaten) und die Daten des Waldinformationssystems (WIS) wurden im gesamten Auswertungsprozess integriert. Ferner standen als Referenzdaten aktuelle Forsteinrichtungsdaten der Landeswälder und Körperschaftswälder zur Verfügung.

**2** Verfahrensablauf zur Erfassung von Waldzustandsdaten mit Methoden der Fernerkundung

**Verfahrensablauf**



**Verfahrensentwicklung**

Die methodische Vorgehensweise wurde auf die bei Sachsenforst vorhandene IT-Infrastruktur abgestimmt. Insbesondere erfolgte die Verfahrensentwicklung auf der Basis der hier genutzten Bildverarbeitungs- und GIS-Softwareprodukte (ERDAS IMAGINE, IMAGINE Objective, IMAGINE Photogrammetry, ArcGIS). Die Abbildung 2 gibt einen schematischen Überblick über den generellen Verfahrensablauf.

Alle Kartierungsergebnisse liegen zunächst als Rasterdaten vor. Im Rahmen der Vektorisierung der Bilddaten dienen umfangreiche Datenmodelle dazu, eine konsistente Einbindung in das FGIS sicherzustellen.

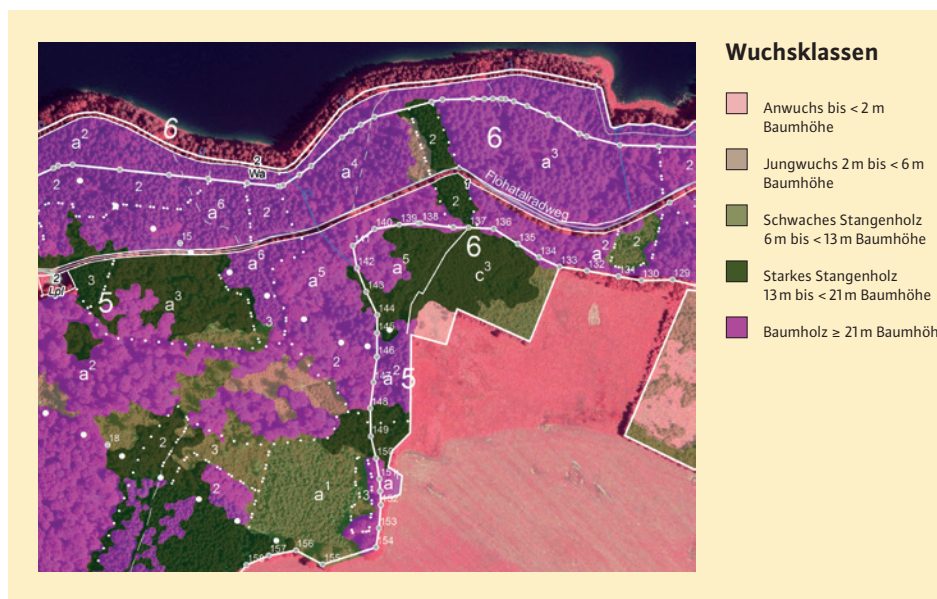
**Waldflächenzugänge und Waldflächenabgänge**

Gemäß dem Sächsischen Waldgesetz ist »Wald [...] jede mit Forstpflanzen (Waldbäumen und Waldsträuchern) bestockte Grundfläche, die durch ihre Größe geeignet ist, eine Nutz-, Schutz- oder Erholungsfunktion [...] auszuüben« (SMUL 1992). Bei der Abgrenzung anderer baumbestockter Flächen werden Mindestflächengrößen und Mindestbreiten berücksichtigt. Diese werden für die Kartierung potenzieller Waldflächen in Anlehnung an die Arbeitsanleitung zur bestandsweisen Zustandserfassung und Planung (SBS 2011) festgelegt.

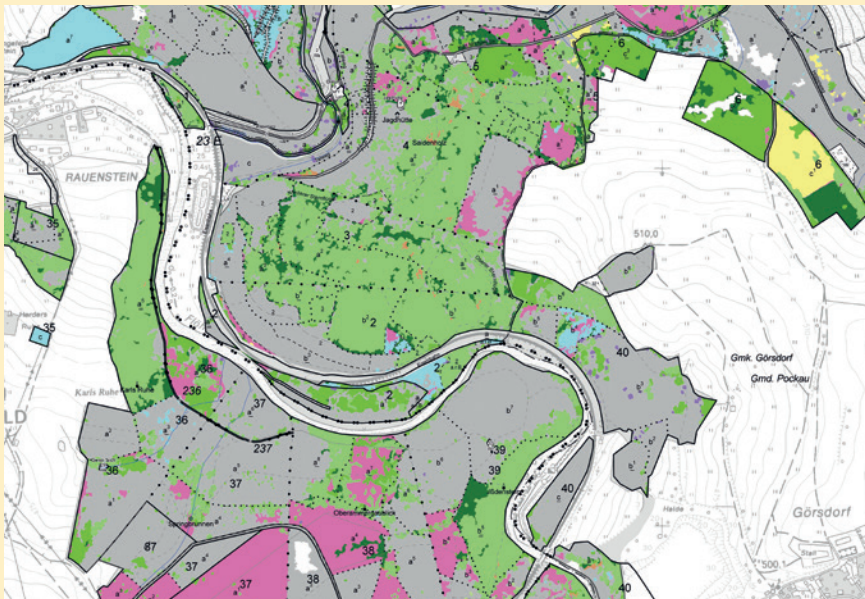
Für die Verdachtsflächenkartierung von Waldabgängen und Waldzugängen wurde ein zweistufiges Verfahren entwickelt, das eine automatisierte Vorkartierung

und eine manuelle Nachkartierung umfasst. Hierbei werden zuerst aus den Informationen des Vegetationshöhenmodells potenzielle Waldflächen(-verluste) abgeleitet und segmentiert, diese in Regelwerken mit anderen Geodaten verknüpft und Verdachtsflächen als Zwischenergebnisse gespeichert.

Die Vorkartierungsergebnisse werden danach am Bildschirm kontrolliert und manuell in die Forstgrunddaten digitalisiert. Neben den bereitgestellten Forstgrunddaten werden aktuelle Höheninformationen aus dem Vegetationshöhenmodell, Biotop- und Landnutzungsinformationen aus der Biototypenlandnutzungskartierung (BTLNK) und dem Amtlichen Topographisch-Kartographischen Informationssystem (ATKIS) sowie den Digitalen Orthophotos (DOP) eingebunden.



**3** Wuchsklassen, abgeleitet aus Fernerkundungsdaten



## Baumartengruppen

- Fichte
- Kiefer
- Lärche
- sonst. Nadelbaumarten
- Eiche einschl. Roteiche
- Rotbuche
- sonst. Hartlaubbaumarten
- Birke
- sonst. Weichlaubbaumarten
- undifferenzierter Laubwald
- undifferenzierter Nadelwald
- keine Angabe

4 **Zahlreiche Baumartengruppen lassen sich aus Fernerkundungsdaten ableiten.**

## Wuchsklassen, Baumhöhenklassen

Für die Kartierung von Wuchsklassen und Baumhöhenklassen, die jeweils über Baumhöhenintervalle forstwirtschaftlich definiert sind, werden die Digitalen Oberflächenmodelle analysiert. Nach einer ersten Kategorisierung von lokalen Höhenmaxima des Vegetationshöhenmodells schließt sich ein iterativer Flächenwachstumsprozess an. Ziel ist die flächenscharfe Kartierung von homogenen Höhensegmenten, die über ein Regelwerk schrittweise zu forstwirtschaftlich relevanten Einheiten aggregiert werden. Die nachgeschaltete Baumhöhenklassenkartierung dient der weiteren Feingliederung innerhalb der vorab abgegrenzten Wuchsklassen (Abbildung 3).

## Überschirmung

Ziel der Erfassung ist eine horizontale Differenzierung des Oberstands von Beständen. Eine verlässliche Unterscheidung für Zwischenstand oder Unterstand ist mit den verfügbaren Daten nicht realisierbar. Auf Basis der Laser- und digitalen Orthobilddaten werden beschirmte und unbeschirmte (Lücken) Flächen separiert.

Der Kartierungsansatz geht von der Annahme aus, dass die Projektion des Kronendachs bzw. des Oberstands auf die Geländeoberfläche der Beschirmung bzw. der Deckung entspricht. Als Orientierungshilfe für die Zuordnung von Höhendaten zum Oberstand wurde die sächsische Arbeitsanleitung für Forsteinrichtungen (SBS 2011) herangezogen.

Hiernach werden Bestandesteile mit maximalen Höhen von über 20 m dem Oberstand zugerechnet. Ein Altholzschirm muss einen Kronenschlussgrad von über 0,2 erreichen. Unbeschirmte Bestandesteile müssen demnach in Oberflächenmodellen nicht zwingend auch Bodenpunkte sein. Eine Differenzierung von Blößen und Anwuchsflächen ist mit den Oberflächenmodellen schwierig. Deshalb wird nicht zwischen Anwuchs und unbeschirmten Bestandesteilen unterschieden.

## Baumartenerfassung

Für die Baumartenklassifizierung werden vorrangig aktuelle RGBI-Orthophotos (neugeneriert aus 16-BIT-Luftbilddaten und auf Wald optimiert) herangezogen. Hierbei hat sich ein zweistufiges hierarchisches Verfahren bewährt. Mit einem objektbasierten Klassifizierungsansatz werden zunächst Laub- und Nadelbäume automatisiert kartiert (IMAGINE OBJECTIVE) und grobe Erfassungsfehler manuell eliminiert. Nachfolgend werden insbesondere die Baumartengruppen Buche, Eiche und Birke sowie Fichte, Kiefer und Lärche über spektrale Merkmale klassifiziert (ERDAS IMAGINE Professional).

Ein erheblicher Informationsgewinn wird durch die Verknüpfung der kartierten Baumhöhenklassen und Hauptbaumarten mit vorhandenen Forsteinrichtungsdaten erzielt. Diese sind in der Walddatenbank auf Bestandesebene abgelegt. Die WIS-Daten weisen auch in Abhängigkeit

von der Waldeigentumsart sehr unterschiedliche Aktualitätsgrade auf. Vereinzelt wurden diese Datenbankeinträge über 20 Jahre fortgeschrieben. In einem Regelwerk werden daher ausgewählte Waldzustandsparameter einem Plausibilitätstest unterzogen. So werden für alle Bestände unter anderem aktuelle, fernerkundungsbasiert ermittelte Baumhöhenklassen und Laubholzanteile mit den WIS-Einträgen verglichen. Bei plausiblen Ergebnissen werden die »alten« WIS-Daten übernommen. Entsprechend kann in diesen Fällen auch die Baumartenkartierung noch weiter verfeinert werden. Es werden zudem Waldflächen selektiert und lokalisiert, die vermutlich eine mehr oder weniger starke strukturelle Veränderung erfahren haben (Waldbau, Schäden, Abgänge usw.).

In der Abbildung 4 werden die Ergebnisse der Baumartengruppenkartierung exemplarisch dargestellt.

## Überhälter

Das Kartierungsziel war die Lokalisierung von Einzelbäumen. Hierzu zählen Überhälter, Altschirme und Restbestockungen sowie Einzelbäume in aufgelichteten Beständen. Als übergreifendes Merkmal der zu kartierenden Objekte wird die Höhendifferenz zur Umgebung festgelegt, die sich unter anderem an der Oberstand-Definition der Arbeitsanleitung zur bestandesweisen Zustandserfassung und Planung (SBS 2011) orientiert. Für die Erfassung von Einzelbäumen in den normierten Oberflächenmodellen

werden mehrere Merkmale in einem Regelwerk kombiniert und die Stratifizierung der Holzbodenflächen mit Hilfe der Baumhöhenklassen-Kartierung vorgenommen. Für jede Baumhöhenklasse können somit Kriterien angepasst werden, um Einzelbäume innerhalb ihres lokalen Kontextes zu kartieren.

### Übergabe der Daten an die forstliche Praxis

Die im Rasterdaten- und Vektordatenformat (Shape, FGDB) vorliegenden Ergebnisdaten wurden für die Nutzung in der Praxis bei Sachsenforst bedarfsgerecht aufbereitet und datenmodellkonform auf dem Geodatenserver in der Geschäftsleitung sowie auf den Forstbezirksservern gespeichert. Der Bedarf wurde vorab durch die Einbeziehung von fünf ausgewählten Revierleitern erhoben, die die Daten bei ihrer praktischen Arbeit testeten.

Zur besseren Handhabbarkeit werden die Layer mit den Forstgrunddaten (Waldeinteilung) und dem Automatisierten Liegenschaftskataster verschnitten. Zudem werden forstbezirksweise Bildkataloge für die Rasterdaten erstellt und die Vektordaten revierweise zugeschnitten sowie entsprechende Projektfiles erstellt. Zusätzlich werden WMS-Dienste für die Nutzung mit der bei Sachsenforst eingesetzten Webapplikation FGIS\_online aufgesetzt.

### Einsatz der Daten in der Forstpraxis

Die Daten wurden 24 Revierleitern im Forstbezirk Oberlausitz und im Biosphärenreservat Oberlausitzer Heide und Teichlandschaft, deren Haupttätigkeitsfeld die Beratung und Betreuung von Privat- und Körperschaftswaldbesitzern ist, im Rahmen von Schulungsveranstaltungen übergeben und dabei das Einsatzpotenzial der Daten anhand lokaler Waldbestände verdeutlicht. Schon hier waren die Reaktionen der Revierleiter überwiegend positiv. Sie wurden gebeten, sich nach 6- bis 8-wöchiger Datennutzung an einer Fragebogenaktion zur besseren Abschätzung der Datenqualität und zur Ver-

fahrenverbesserung zu beteiligen. Der Fragebogen enthielt geschlossene Fragen zur Arbeit mit den Shapefiles, den Zugriffszeiten im Programm und zur Qualität der 15 bereitgestellten Layer. Bei den offenen Fragen sollten die Revierleiter zusätzliche Parameter, Änderungswünsche und Einsatzgebiete angeben sowie die Layer benennen, die bevorzugt bei der Beratung und Betreuung der Waldbesitzer genutzt werden.

Insgesamt beteiligten sich 22 Revierleiter an der Befragung. Im Privatwald werden die Layer Wuchsklassen, Baumhöhenklassen, Baumartengruppen auf Flurstücksbasis bevorzugt genutzt. Waldflächenzu- und -abgänge sind für weniger Nutzer von Interesse. Je größer der Betrieb, umso mehr werden Daten aus der Verschneidung mit der Forstgrundkarte auf Teilflächenbasis genutzt. Die Qualität der Daten beurteilten 58% der Nutzer als gut und 39% als ausreichend. Die Daten werden als wertvolle Ergänzung der vorhandenen Einrichtungsdaten im eingerichteten Kommunalwald sowie zur Vorbereitung der Beratung auf der Fläche im Privatwald gesehen. Ferner kann man sich mit einzelnen Layern einen schnellen Überblick über dringende Pflege- und Verjüngungsbereiche im Privatwald verschaffen oder einen Waldbesitzer aufgrund der Baumarten, der Überschirmung und der Höhenklassen gezielt zu den Maßnahmen auf seinen Flurstück beraten, ohne im Vorhinein das Flurstück aufsuchen zu müssen. Weitere Anwendungsfälle sind die Beurteilung der Notwendigkeit von Nachlichtungen der Verjüngung unter Schirm anhand des Überschirmungslayers, die Vorbereitung von Gruppenberatungen, die Vorbereitung von Durchforstungs- und Hiebskomplexen am Rechner und das gezielte Ansprechen von Waldbesitzern, deren Wald in diesen Hiebskomplexen liegt.

### Autoren

Karina Hoffmann ist Referentin für Fernerkundung am Kompetenzzentrum Wald und Forstwirtschaft des Staatsbetriebes Sachsenforst. Dr. Bodo Coenradie ist Inhaber von Digitale Dienste Berlin – Büro für Angewandte Fernerkundung.

Leilah Haag arbeitet bei der Luftbild Umwelt Planung GmbH im Fachbereich Geoinformationsmanagement, GIS in Potsdam.

Veit Nitzsche ist Referatsleiter für Privat- und Körperschaftswald in der Oberen Forst- und Jagdbehörde vom Staatsbetrieb Sachsenforst.

**Kontakt:** [Karina.Hoffmann@smul.sachsen.de](mailto:Karina.Hoffmann@smul.sachsen.de)

### Fazit und Ausblick

Im Rahmen der Pilotprojekte wurde ein (semi-)automatisiertes Verfahren zur Erfassung flächenweiser Waldzustandsparameter entwickelt. Die Verifizierung der Ergebnisse durch das Referat Privat- und Körperschaftswald des Staatsbetriebes Sachsenforst hat die hohe Qualität der Daten bestätigt. In den nächsten drei Jahren sollen die Daten verstärkt in die im Sachsenforst genutzten Inventurverfahren und Geodateninfrastrukturen integriert werden.

Die Standarddaten des GeoSN sind prinzipiell zur Erfassung der von der Praxis geforderten Parameter geeignet. Die Laserdaten haben sich vor allem bei der Abgrenzung von Wuchs- und Baumhöhenklassen sehr gut bewährt. Abstriche sind vor allem bei der Erfassung der Baumartengruppen aufgrund der radiometrischen Inhomogenitäten der digitalen Luftbild- und Orthobilddaten zu berücksichtigen.

Vergleiche der Auswertungsergebnisse von luftbild- und lasergenerierten Oberflächenmodellen zeigen, dass letztere derzeit erwartungsgemäß zu detaillierteren und flächenschärferen Ergebnissen führen. Die dynamischen Entwicklungen auf dem Software- und Hardwaresektor einerseits sowie weitere Optimierungen von Luftbildbefliegungsmerkmalen (Weiterentwicklungen von Kameras, größere Überlappungen von Einzelbildern, höhere Pixelauflösung) lassen erwarten, dass in naher Zukunft ein weiterer Qualitätssprung bei der DOM-Prozessierung und deren Auswertbarkeit möglich ist und ein operationaler Einsatz für forstwirtschaftliche Anwendungen Einzug hält.

### Zusammenfassung

Im Rahmen der Pilotstudien wurde ein Verfahren zur (semi-)automatisierten Erfassung von Waldzustandsparametern aus amtlichen Luftbild- und Laserdaten entwickelt und damit erfolgreich eine Waldfläche von 182.000 ha kartiert. Vom Staatsbetrieb Sachsenforst wurden die Kartierungsergebnisse eingehend geprüft. Diese sind vielversprechend, sodass für die kommenden Jahre eine landesweite Anwendung geplant ist.

### Literatur

SBS (Hrsg. 2011): Arbeitsanleitung zur bestandesweisen Zustandserfassung und Planung (AA WAB). Staatsbetrieb Sachsenforst, Kompetenzzentrum Wald und Forstwirtschaft, Referat Forsteinrichtung, Waldbewertung, Waldinventuren Graupa, 53 S.