

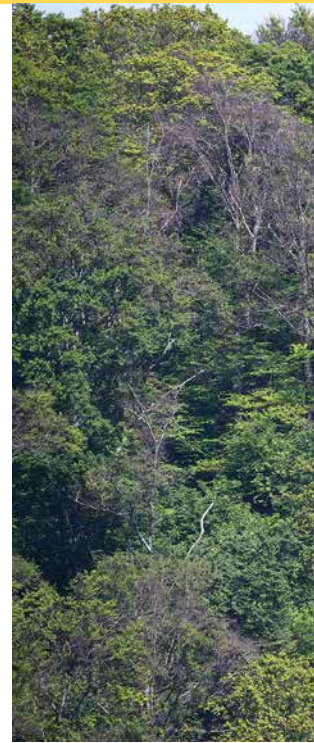
# Satelliten erfassen Waldschäden

Neue LWF-Projekte untersuchen Eignung satellitengestützter Fernerkundung zur Erfassung geschädigter Fichten und Buchen

**Christoph Straub und Rudolf Seitz**

In den vergangenen Jahren haben Fichtenborkenkäfer hohe Schadholzmengen in Bayern verursacht. Außerdem wurden, insbesondere im Norden Bayerns, vermehrt absterbende bzw. tote Buchen festgestellt. Vor diesem Hintergrund wurden an der LWF zwei neue Forschungsprojekte mit den Kurzbezeichnungen IpsSAT und BeechSAT gestartet. Beide Projekte nutzen moderne Techniken der Satellitenfernerkundung, um zu prüfen, ob zukünftig eine computergestützte Erfassung und Beobachtung geschädigter Fichten und Buchen auf großer Fläche möglich sein wird.

**1** Stark geschädigte und abgestorbene Buchen waren im Mai 2019 am Steigerwaldanstieg häufig zu beobachten. Foto: S. Thierfelder, AELF Schweinfurt



Optische Erdbeobachtungssatelliten liefern immer präziser werdende Aufnahmen der Landoberfläche. Die hohe zeitliche Wiederholrate und die große Flächenabdeckung der Satellitensysteme sind entscheidende Vorteile im Vergleich zu Luftbildaufnahmen, die mit speziellen Kameras aus Flugzeugen erhoben werden. Manche Satellitendatensätze werden kommerziell angeboten, andere wie beispielsweise die Daten der Sentinel-Satelliten des europäischen Erdbeobachtungsprogramms Copernicus stehen kostenfrei zur Verfügung. Die Daten unterscheiden sich hinsichtlich der räumlichen, spektralen, radiometrischen und zeitlichen Auflösung. Demnach muss je nach Anwendungsfall ein geeigneter Datensatz ausgewählt werden. In Bayern konnten optische Satellitendaten bereits zur Erstellung einer Vorkommenskarte für Fichten und Kiefern verwendet werden (Immitzer et al. 2015). Außerdem wurden hochaufgelöste Satellitenbilddaten nach dem Sommersturm Kolle im Jahr 2017 zur schnellen Kartierung von Sturmschadensflächen erfolgreich eingesetzt (Seitz & Straub 2017).

## Informationsgewinnung aus Satellitenbilddaten

Die beiden im August 2019 gestarteten Forschungsprojekte IpsSAT und BeechSAT der Bayerischen Landesanstalt für Wald und Forstwirtschaft (LWF) sollen Möglichkeiten aufzeigen, wie auf großen Flächen geschädigte und abgestorbene Fichten und Buchen erfasst werden können. Hierbei werden die Vor- und Nachteile verschiedener Satellitensysteme (Abbildung 2) im Vergleich zu Luftbildaufnahmen aus einem Flugzeug geprüft. Um diesen Datenvergleich zu ermöglichen, wurden von der LWF im Sommer 2019 eigene Luftbildbefliegungen beauftragt, die für die Untersuchungsgebiete von IpsSAT (bei Bad Kötzing und Bad Kohlgrub) sowie für die Untersuchungsgebiete von BeechSAT (bei Waldbrunn und Ebrach) sehr zeitnah zu den Satellitenbilddatenaufnahmen realisiert werden konnten. Bei der Auswertung der Daten sollen Verfahren des *maschinellen Lernens* zum Einsatz kommen, um dadurch die Möglichkeiten und Grenzen einer automatisierten Erfassung mit den verschiedenen Fernerkundungsdaten zu prüfen.

Die Projekte IpsSAT und BeechSAT werden von den vier LWF-Abteilungen »Informationstechnologie«, »Boden und Klima«, »Waldbau und Bergwald« sowie

»Waldschutz« bearbeitet. Außerdem sind die Bayerischen Staatsforsten, die Universität Würzburg und die Industrieanlagen-Betriebsgesellschaft IABG mbH als Kooperationspartner beteiligt.

## IpsSAT: Erfassung von Borkenkäferschäden an Fichte

Frischer Borkenkäferbefall an Fichte ist zuverlässig nur am Auswurf von braunem Bohrmehl zu erkennen, welches sich am Stammfuß, in Rindenschuppen, Spinnweben und auf der Bodenvegetation sammeln kann. Spätere Befallsmerkmale können abfallende Rinde, Rindenabschläge von Spechten, Nadelverlust der Baumkrone im noch grünen Zustand oder eine rotbraune Verfärbung der Baumkronen sein (LWF 2015). Die terrestrische Suche nach Borkenkäferbefall ist sehr zeitaufwendig und kostenintensiv. Folglich besteht in der forstlichen Praxis der Wunsch nach effizienteren Verfahren zur Erkennung des Befalls sowie dessen Fortschreitens insbesondere durch Einsatz von Fernerkundungstechniken.

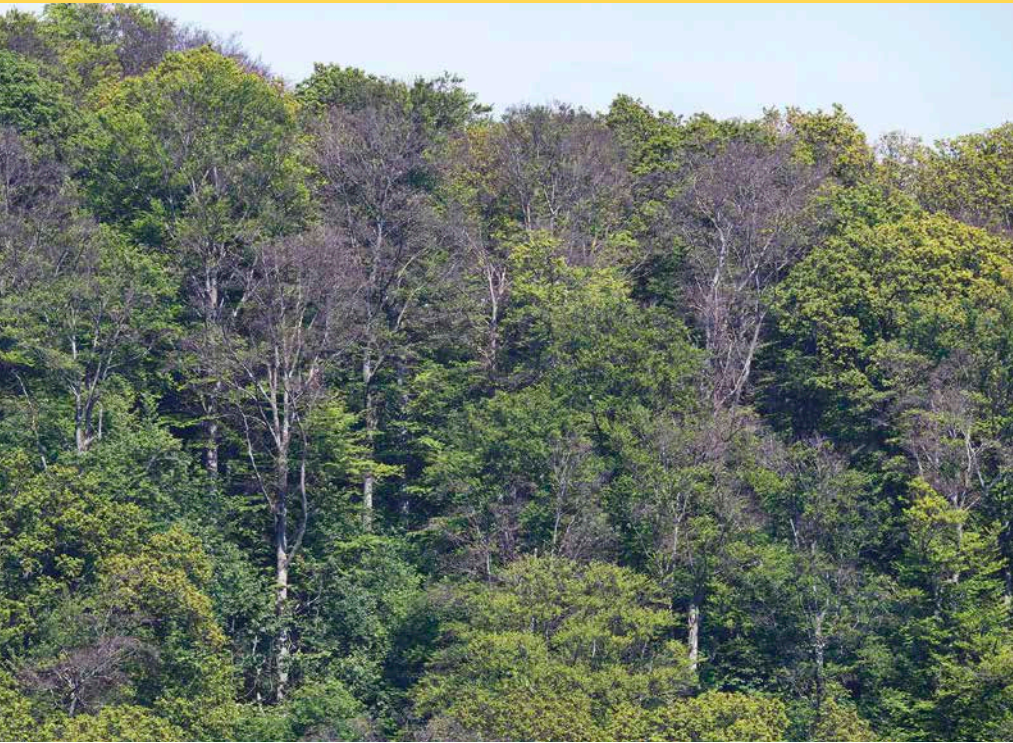
## Suche nach verfärbten Baumkronen

Optische Fernerkundungssysteme erfassen im Wald die elektromagnetische Strahlung, die von den Baumkronen reflektiert wird. Die Detektion von Borkenkäferbefall basiert in diesem Zusammenhang auf der Annahme, dass die reflektierte Strahlung bei vitalen und geschädigten Fichten unterschiedlich ist. Die Untersuchungen im Projekt IpsSAT konzentrieren sich auf die Erfassung *späterer* Befallsstadien, bei denen sich die

**2** Satellitensysteme, die in den Forschungsprojekten IpsSAT und BeechSAT der LWF zur Erfassung geschädigter und abgestorbener Fichten und Buchen untersucht und verglichen werden

Satellitensystem	Finanzierung/Datenpolitik	Wiederholrate	Bodenauflösung
WorldView-3	kommerziell	ca. 1 Tag	0,31 m - 1,24 m
SkySat	kommerziell	Mehrmalige tägl. Aufnahmen mögl.	ca. 1 m
PlanetScope	kommerziell	1 Tag	ca. 3 m
RapidEye	kommerziell	1 - 5 Tage	ca. 5 m
Sentinel-2	kostenfreie Daten	5 Tage	10 m, 20 m und 60 m





Baumkronen bereits rotbraun oder grau verfärbt haben und die über Fernerkundungsverfahren potenziell identifiziert werden können, was die hochaufgelösten Luftbildbeispiele in Abbildung 3 verdeutlichen. Gezeigt sind hier drei Echtfarb-Ausschnitte der Untersuchungsfläche Bad Kötzing. Abbildung 3a zeigt ein Beispiel, in dem keine erkennbare Verfärbung der Baumkronen festgestellt werden kann. Im Vergleich dazu zeigt Abbildung 3b eine Fläche mit einigen rotbraun verfärbten Fichtenkronen und Abbildung 3c mit grau gefärbten Kronen. Der Einschlag rotbraun gefärbter Fichten kann den Wiederausflug der Käfer zwar nicht verhindern, da die fertigen Käfer den Baum in der Regel bereits schon verlassen haben. Allerdings können die verfärbten Baumkronen genutzt werden, um gegebenenfalls frisch befallene Fichten mit noch grünen Kronen in der direkten

Nachbarschaft zu lokalisieren, bei denen der Wiederausflug der Käfer noch nicht stattgefunden hat. Ob rotbraun und grau verfärbte Fichten in unterschiedlichen Satellitendaten *automatisiert* erkannt und getrennt werden können, ist Gegenstand der Untersuchungen im Projekt IpsSAT.

**BeechSAT: Erfassung stark geschädigter Buchen**

Im Jahr 2019 wurden in mehreren Waldbeständen im Norden Bayerns vermehrt absterbende Buchen beobachtet. Als Hauptursache wird die Trockenheit sowie das häufige Auftreten von Extremtemperaturen in den letzten Jahren vermutet. Betroffen sind neben hauptständigen Buchen vielerorts auch zwischenständige Bäume sowie Pflanzen in der Verjüngungsschicht.

Unter Einsatz moderner Fernerkundungstechniken sollen im Forschungsprojekt BeechSAT neue Methoden entwickelt werden, um zukünftig eine Erfassung und Beobachtung dieser Phänomene zu erleichtern. Außerdem soll eine mögliche Standortabhängigkeit des Auftretens der Buchenmortalität analysiert werden. Als weiteres Ziel ist die Erarbeitung waldbaulicher Handlungsempfehlungen im Umgang mit geschädigten Waldbeständen geplant.

**Fernerkundungsdaten im Vergleich**

Abbildung 4 soll beispielhaft die Möglichkeiten und Grenzen der Erkennung stark geschädigter Buchen mit unterschiedlichen Fernerkundungsdaten verdeutlichen. Die abgebildeten Datensätze wurden alle in einem kurzen Zeitraum von Ende August bis Anfang September 2019 aufgenommen und unterscheiden sich in der räumlichen Auflösung. Jeweils gezeigt sind hier Color-Infrarot (CIR)-Darstellungen für einen kleinen Ausschnitt der Untersuchungsfläche Waldbrunn. Lebende, chlorophyllhaltige Biomasse ist in den CIR-Bildern üblicherweise anhand von unterschiedlichen Rottönen zu erkennen, wohingegen abgestorbene Vegetation über grün-bläuliche bis weißlich-graue Farbtöne identifiziert werden kann (Ahrens et al. 2004). Abbildung 4a zeigt ein True-Orthophoto aus einem von der LWF beauftragten Bildflug mit einer räumlichen Auflösung von 0,2 m. Durch

3 Die drei Echtfarb-Luftbildausschnitte (Untersuchungsfläche Bad Kötzing) verdeutlichen, wie Borkenkäferbefall über verfärbte Baumkronen der Fichten erfasst werden könnte.

a keine Verfärbung



b rotbraune Verfärbung

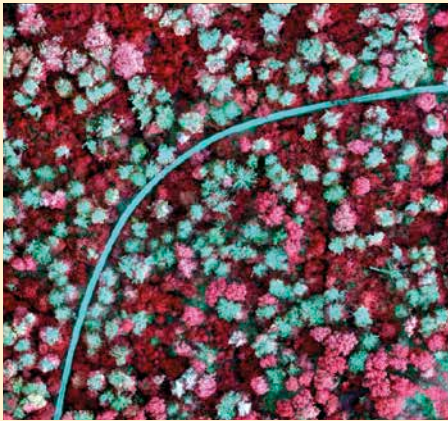


c graue Verfärbung





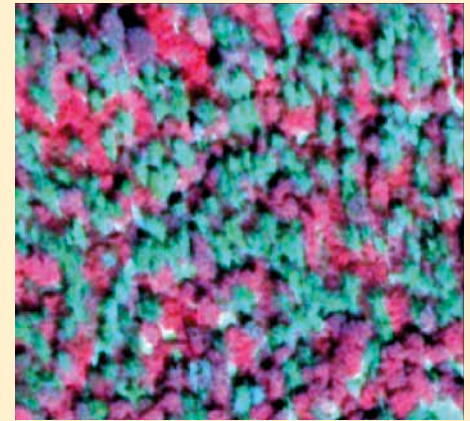
**a** Luftbildbefliegung



**b** WorldView-3



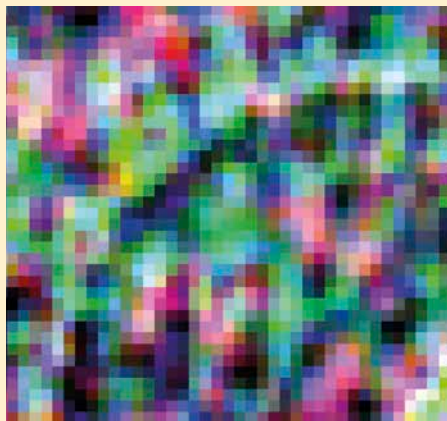
**c** SkySat



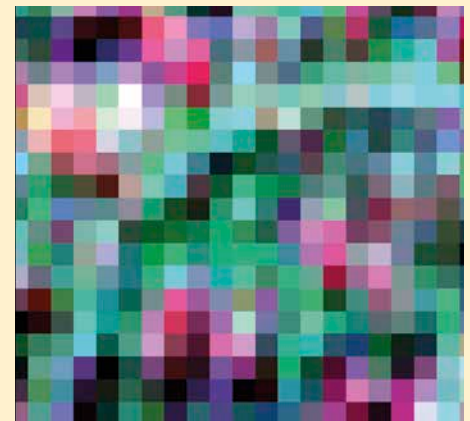
**d** PlanetScope



**e** RapidEye



**f** Sentinel-2



die charakteristische Färbung können die abgestorbenen Buchen in Abbildung 4a deutlich von noch vitalen Bäumen unterschieden werden. Bei dieser sehr hohen Auflösung können einzelne Baumkronen visuell getrennt werden. Auch in den hochauflösenden Satellitendatensätzen WorldView-3 und SkySat (Abbildung 4b und 4c) können einzelne Baumkronen identifiziert werden. Im Vergleich zum Luftbilddatensatz nimmt hier allerdings die Bildschärfe ab, insbesondere bei den SkySat-Daten. In den weiteren dargestellten Satellitendatensätzen PlanetScope (Abbildung 4d), RapidEye (Abbildung 4e)

und Sentinel-2 (Abbildung 4f) ist eine Differenzierung einzelner Bäume nicht mehr möglich. Diese Daten könnten allerdings genutzt werden, um potenziell geschädigte Bestandesbereiche aufzufinden. In diesem Zusammenhang wird Potenzial bei der Auswertung einer Zeitreihe gesehen, anhand derer die zeitliche Veränderung im Vitalitätszustand der Bäume erfasst werden könnte. Welche Genauigkeiten hierbei erzielt werden können und ab welcher Flächengröße eine zuverlässige, automatisierte Erfassung mit den jeweiligen Daten möglich ist, soll im Projekt BeechSAT untersucht werden.

**4 Ein Ausschnitt der Untersuchungsfläche Waldbrunn des Forschungsprojekts BeechSAT veranschaulicht Möglichkeiten und Grenzen der Erkennung von geschädigten Buchen mit unterschiedlichen Fernerkundungsdaten anhand von Color-Infrarot-Darstellungen (in den Klammern angegeben ist die jeweilige räumliche Auflösung): a) True-Orthophoto aus Luftbildbefliegung (0,2 m), b) WorldView-3 (0,3 m), c) SkySat (0,8 m), d) PlanetScope (3 m), e) RapidEye (5 m), f) Sentinel-2 (10 m).**

## Zusammenfassung

Aktuell verursachen Fichtenborkenkäfer große Schäden in Bayern. Als weiteres Phänomen werden vermehrt absterbende Buchen in den Wäldern Nordbayerns beobachtet. Fernerkundungsverfahren können dabei helfen, einen Überblick über das Ausmaß der Schäden zu bekommen. Um in diesem Zusammenhang die Einsatzmöglichkeiten optischer Satellitendaten zu prüfen, wurden im August 2019 an der LWF die Forschungsprojekte »IpsSAT« und »BeechSAT« gestartet. Im Speziellen werden die Vor- und Nachteile der Satellitensysteme WorldView-3, SkySat, PlanetScope, RapidEye und Sentinel-2 im Vergleich zu Luftbilddatensätzen aus einem Flugzeug geprüft. Bei der Auswertung der Daten kommen Verfahren aus dem Bereich des maschinellen Lernens zum Einsatz, um Möglichkeiten und Grenzen einer automatisierten Erfassung zu prüfen.

## Literatur

- Ahrens, W.; Brockamp, U.; Pisko, T. (2004): Zur Erfassung von Waldstrukturen im Luftbild. Waldschutzgebiete Baden-Württemberg, Band 5, Forstliche Versuchs- und Forschungsanstalt Baden-Württemberg, 56 S.
- Immitzer, M.; Atzberger, C.; Einzmann, K.; Mattiuzzi, M.; Wallner, A.; Seitz, R. (2015): Projekt E52: Identifikation anpassungsnotwendiger Fichten- und Kiefernbestände auf Basis von digitalen Standortinformationen und Satellitendaten (Treelident\_Fi/Kie). Abschlussbericht, Bayerische Landesanstalt für Wald und Forstwirtschaft, 65 S.
- LWF (2015): Buchdrucker und Kupferstecher – Borkenkäfer an Fichte. Faltblatt der Bayerischen Landesanstalt für Wald und Forstwirtschaft, 6 S.
- Seitz, R.; Straub, C. (2017): Gewittersturm Kolle fordert FKIS heraus. LWF aktuell 115, S. 17–18

## Autoren

Dr. Christoph Straub ist in der Abteilung »Informationstechnologie« der Bayerischen Landesanstalt für Wald und Forstwirtschaft (LWF) für den Fachbereich Fernerkundung zuständig. Rudolf Seitz leitet die Abteilung »Informationstechnologie« der LWF.  
**Kontakt:** Christoph.Straub@lwf.bayern.de  
 Rudolf.Seitz@lwf.bayern.de