

# »KI« in der forstlichen Forschung

»Künstliche Intelligenz« erweitert und verändert  
auch die Forschungsaktivitäten an der LWF



**Kurt Amereller,  
Christoph Straub und Rudolf Seitz**

Künstliche Intelligenz (KI) ist inzwischen ein integraler Bestandteil in vielen Unternehmensprozessen, ohne dass es immer erkennbar ist. Am bekanntesten dürften die verblüffenden Serviceleistungen sein, die Unternehmen wie Google oder Amazon anbieten. Sie haben gezeigt und zeigen in täglich wachsendem Ausmaß, wozu »KI« in der Lage ist. Sie haben allerdings auch dazu geführt, dass von KI die Realisierung aller möglichen Wunschvorstellungen und Wunderdinge erwartet wird, bei gleichzeitig mitunter sehr diffusen Vorstellungen, was sich konkret hinter dieser Technologie verbirgt. Auch in der forstlichen Forschung häufen sich die Ansätze, in denen aktuelle Methoden der KI angewandt werden. Dabei geht es vorerst meist noch um Anwendungen im Bereich der Mustererkennung, insbesondere also im Fachbereich der (forstlichen) Fernerkundung.

## Begriffe rund um »KI«

Das Forschungsgebiet »Künstliche Intelligenz (KI)« wird der Informatik zugeschrieben, das heißt, es geht dabei letztlich immer um die Verarbeitung von Informationen mit digitalen Rechnern. Eine einheitliche bzw. allgemeingültige Definition des Begriffs »KI« ist in der Fachliteratur allerdings nicht zu finden. Gemäß einer Publikation des Bundesministeriums für Bildung und Forschung werden auf diesem Forschungsgebiet Mechanismen erforscht mit dem Ziel, computergestützt »intelligentes« menschliches Verhalten zu simulieren (BMBF 2020). Ein weiterer Begriff, der in diesem Zusammenhang häufig verwendet wird, ist das »Maschinelle Lernen«. Wie Abbildung 2 verdeutlicht, ist das »Maschinelle Lernen« ein Teilgebiet der KI. Ziel ist dabei die »Generierung von Wissen aus Erfahrung« (Döbel et al. 2018). Dabei werden Modelle anhand von Beispieldaten entwickelt. Diese Modelle können dann (nach erfolgreicher Lernphase des rechnergestützten Systems) auf unbekannte

Daten derselben Art angewandt werden, um damit zum Beispiel Vorhersagen zu treffen oder Empfehlungen zu machen (Döbel et al. 2018). Als Beispiele für klassische Verfahren des maschinellen Lernens können Support Vector Machines (Cortes & Vapnik 1995) oder Random Forest (Breiman 2001) genannt werden. Das häufig genannte »Deep Learning« ist wiederum ein Teilgebiet des Maschinellen Lernens und basiert auf der Anwendung von tiefen künstlichen neuronalen Netzen. Dabei handelt es sich um tiefgeschichtete, netzartige Verknüpfungen von Rechen- bzw. logischen Operationen ähnlich einem biologischen Nervensystem. Diese haben in jüngerer Vergangenheit zu Fortschritten in unterschiedlichen Anwendungsbereichen geführt. Die rasche Entwicklung wird insbesondere auf die mittlerweile verfügbaren Ressourcen wie Rechenleistung und große Datensätze sowie Methoden zum Training von tiefen neuronalen Netzen zurückgeführt (Goodfellow et al. 2016).

**1** »Künstliche Intelligenz« ist aus unserem Alltag nicht mehr wegzudenken und ein außerordentlich wichtiges »Tool« weit über die reine Datenverarbeitung hinaus. Aber auch »KI« kann keine Wunder bewirken. Foto: © PantherMedia / vitaliy\_sokol

## Was kann »KI« leisten?

Nachdem mitunter übertriebene oder diffuse Erwartungen an das bestehen, was KI (wirtschaftlich darstellbar und effizient) leisten kann, sollte darüber Klarheit bestehen:

- KI kann uns mit automatisierten Prozessen Arbeit abnehmen und potenziell Zeit sparen;
- KI kann sehr große Datenmengen verarbeiten;
- KI kann theoretisch Muster oder Zusammenhänge in großen Datenmengen erkennen, die uns sonst unter Umständen entgehen würden.

Dies geschieht aber nicht auf »Knopfdruck«, vielmehr braucht es zur Realisierung ein paar Voraussetzungen, die durchaus eine größere Herausforderung darstellen können.

## Vier Säulen der »KI«

- **Daten:** Die KI lebt von Daten. KI macht die Bewältigung großer Datenmengen erst effizient möglich, gleichzeitig benötigt sie aber auch große Datenmengen. Wichtig dabei ist, dass diese kontinuierlich erhoben, in maschinenlesbare Form gebracht, zusammengeführt und ausgewertet werden. Dies bedeutet einen erheblichen Arbeitsaufwand.
- **Algorithmen:** Das »Gehirn« der KI sind Algorithmen, also aus vielen, wohldefinierten Einzelschritten bestehende, nach bestimmten Vorgaben für einen vorgegebenen Problembereich ausge-

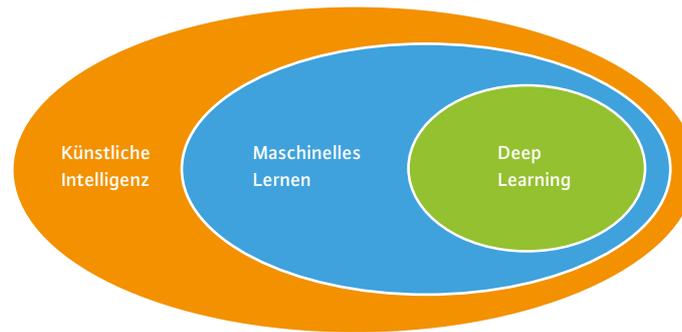
staltete, formalisierte logische Rechenschritte. Algorithmen für Anwendungen des tiefen Lernens wie zum Beispiel »Convolutional Neural Networks (CNN)« zur Bildbearbeitung existieren seit Längerem; sie werden stetig fortentwickelt und müssen an konkrete Problemstellungen angepasst werden, was natürlich spezielle Informatikkenntnisse erfordert.

- **IT-Infrastruktur:** Hochleistungsfähige Server, gegebenenfalls Cloud-Lösungen, sowie Anschluss an entsprechende Rechenzentren sind unabdingbare Voraussetzungen für eine erfolgreiche Umsetzung der KI mit ihren Datenmengen und großen Rechenleistungen; in absehbarer Zukunft könnte das sog. »Quanten Computing« hier die Leistungsfähigkeit enorm steigern.
- **Menschen:** Das A und O jeder Entwicklung und Innovation sind Menschen, insbesondere geeignete Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter (Daten-Analysten, Daten-Ingenieure, Software-Ingenieure etc.), die zum Beispiel Algorithmen programmieren können.

#### Warum »KI« in der Forstwirtschaft?

Die Welt ist kompliziert geworden, die uns umgebende Datenmenge nimmt immer rasanter zu und verändert sich kontinuierlich mit immer komplexeren Auswirkungen. Dies gilt grundsätzlich auch für Wald und Forstwirtschaft. Auftrag der forstlichen Forschung ist es dabei letztlich, die Entscheidungsträger und Akteure zu unterstützen und in die Lage zu versetzen, das Richtige zu tun.

Hierzu wollen wir wissen, wie der Wald und die von ihm ausgehenden und die auf ihn einwirkenden biotischen, abiotischen, gesellschaftlichen und wirtschaftlichen Faktoren beschaffen sind. Wir wollen wissen, wie sich diese Faktoren verändern, und wir wollen verstehen, wie sich diese Veränderungen untereinander und auf den Wald und seine Ökosystemleistungen auswirken. Wir erheben und halten dafür eine Unmenge Daten und müssen künftig sogar noch mehr erheben (z. B. Monitoring-Lücken). Diese Daten sind sehr heterogen und stehen derzeit oft isoliert nebeneinander. Wir haben also keine ausreichende Vernetzung der Daten und Informationen untereinander und schaffen es mit unseren Gehirnen und unseren aktuellen Methoden nicht in ausreichendem Maß, solche komple-



2 Ein Teilbereich der Künstlichen Intelligenz ist das »Maschinelle Lernen« und ein Teilbereich davon wiederum ist das »Deep Learning«, welches auf »tiefe künstliche neuronale Netze« zurückgreift.

zen Vernetzungen und Informationsmengen »zusammenzubringen«.

Damit sind auch unsere Lösungen immer nur Teillösungen. Mit der Künstlichen Intelligenz existieren Werkzeuge, die uns dabei helfen können, diese Komplexität zu bewältigen. In der Wirtschaft werden sie bereits sehr erfolgreich eingesetzt, allerdings vorwiegend zur Steigerung von Marktanteilen und Profit, aber auch zur Steigerung der Kundenorientierung und -zufriedenheit, Aspekte, die auch für die forstliche Forschung nicht ganz unwichtig sind.

Zunächst einmal geht es im Forst als ersten Schritt in Richtung KI aber vielfach darum, großflächige und dabei möglichst präzise Informationen über den Wald aktuell und – beim Vorhandensein entsprechender Daten – in beliebigen Wiederholungsraten zu erhalten, zum Beispiel über die vorhandene Baumartenzusammensetzung, die Vitalität des Waldes und deren Veränderungen u.v.m. Dies ist allein aufgrund der Größe und Vielfältigkeit der Waldfläche eine Aufgabe, die ohne KI-Unterstützung ungeheure Arbeitskapazitäten binden würde. Deshalb sind unter anderem die Fernerkundungsexperten an den forstlichen Forschungseinrichtungen besonders an KI interessiert und versuchen, mit automatisierten Verfahren zu solchen Informationen zu kommen.

#### Es geht auch um die Kunden

Neben den rein methodischen Aspekten können wir von Wirtschaftsunternehmen auch lernen, die Kundenorientierung in den Mittelpunkt unserer Aktivitäten zu stellen. Auf die forstliche Forschung übertragen bedeutet dies, dass sich eine Bayerische Landesanstalt für Wald und Forstwirtschaft (LWF) ausgehend von potenziellen Unzufriedenheitspunkten ihrer Kunden folgende Fragen stellen muss:

- **Erleichterung des Alltags:** Treffen unsere Kunden auf unzureichenden Service, eingeschränktes Angebot, lange Wartezeiten, Fehler und Störungen? Dies wäre der Fall, wenn das Informationsangebot die Kunden nicht erreicht (Kanäle, Verständlichkeit,...), die LWF nicht das liefert, was die Kunden brauchen, wichtige Fragestellungen der Praxis nicht löst oder aber die Hilfe zu spät kommt, zu ungenau ist, nicht vor Ort funktioniert, weil Modelle nicht passen und nicht die Realität treffen.

- **Einfache Nutzung/Verständlichkeit:** Kommen unsere Kunden mit unserem Angebot zurecht? Für viele Kunden ist es außerordentlich unbefriedigend, wenn sie beispielsweise auf vielen verschiedenen Plattformen unterwegs sein müssen und/oder unübersichtliche Benutzeroberflächen, komplizierte Bedienungen/Funktionen, schwierige Zugänge vorfinden.

- **Kundentransparenz:** Wissen wir, wer unsere Kunden sind, was sie denken, wollen und brauchen? Die marktorientierte Perspektive ist für die forstliche Forschung traditionell zwar weniger wichtig, da wirtschaftlicher Wettbewerb kein bestimmender Faktor ist, aber auch wir müssen und wollen »verkaufen«! Auch hier ist daher ein Wechsel der Blickrichtung vom Produktfokus zum Kundenfokus geboten. Hinderlich dabei sind ein geringer Einblick in die Zielgruppe und deren Bedürfnisse und Gewohnheiten, das Fehlen von Schnittstellen oder auch ein fehlendes Bewusstsein für das Vorhandensein einer Konkurrenzsituation (zum Beispiel Wahrnehmung der Belange in der Öffentlichkeit und Politik, Drittmittelförderung und Steuergelder)

KI-basierte Lösungen sollten unbedingt dazu beitragen, auch diese Gesichtspunkte entscheidend zu verbessern, nicht nur

durch automatisierte, vernetzte, komplexitätsreduzierende Lösungen, sondern auch durch eine datenbasierte verbesserte Kundenwahrnehmung.

## »KI« an der LWF

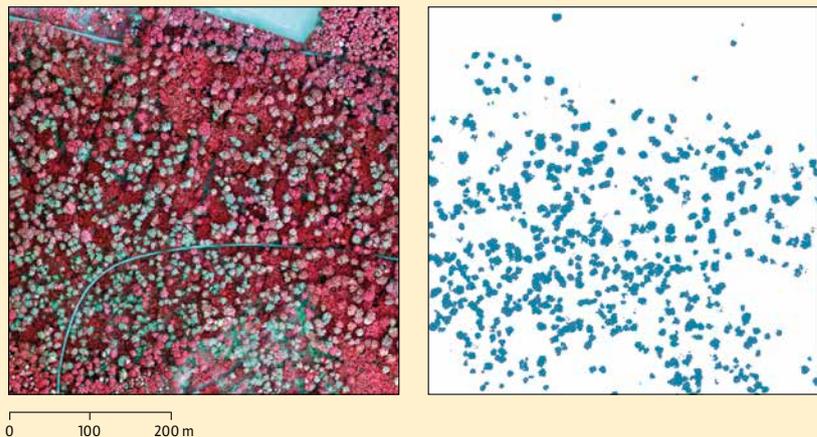
An der Bayerischen Landesanstalt für Wald und Forstwirtschaft (LWF) werden derzeit die Anwendungsmöglichkeiten von maschinellen Lernverfahren und von Deep Learning-Technologien untersucht. Im Fachbereich forstliche Fernerkundung der LWF werden gegenwärtig Deep Learning-Modelle gemeinsam mit Kooperationspartnern angewandt und validiert. Hierbei wird das Ziel verfolgt, automatisiert Informationen aus Luft- oder Satellitenbilddaten zu extrahieren. Hierzu zählen beispielsweise die Erfassung von Sturmschadensflächen, die Erkennung geschädigter und abgestorbener Baumkronen oder die Klassifizierung von Hauptbaumarten. Zum Einsatz kommen dabei Methoden des »überwachten Lernens« (supervised learning), d. h. ein Modell wird mit einem vorab erstellten Lerndatensatz »trainiert«. Man spricht in diesem Zusammenhang deshalb auch von Trainingsdaten oder der Verwendung von »gelabelten«, d. h. gekennzeichneten Daten. Die Bereitstellung solcher Daten bedeutet einen nicht zu unterschätzenden Arbeitsaufwand, der sich aber mittelfristig mehr als bezahlt macht.

Es gibt daneben auch »unüberwachte Lernverfahren« (unsupervised learning). Bei diesen Ansätzen werden keine Lerndaten eingesetzt, um ein Modell zu entwickeln. Diese Verfahren können beispielsweise genutzt werden, um potenziell vorhandene Muster (Cluster) in einem Datensatz aufzufinden. Damit könnten künftig theoretisch bisher nicht erkannte Zusammenhänge erkannt werden. Allerdings ist bei solchen Verfahren unter Umständen nicht mehr genau nachvollziehbar, wie »die Maschine« zu ihrem Ergebnis gekommen ist. Auswertungen, die ausschließlich auf »unüberwachten Lernverfahren« basieren, finden daher im Fachbereich forstliche Fernerkundung bisher kaum Anwendung.

## Luftbilddauswertung mittels KI-Methoden

In den bisherigen Ansätzen, KI in die forstliche Fernerkundung an der LWF zu integrieren, wurden Methoden des überwachten Lernens verwendet. Abbildung 3 zeigt beispielhaft das Ergebnis einer

### Vom CIR-Luftbild zur Baumkronenklassifizierung



3 Beispiel für eine Bildklassifizierung aus dem Forschungsprojekt BeechSAT der LWF mit einem Convolutional Neural Network (CNN). Ziel war hier die Erfassung stark geschädigter und abgestorbener Buchen auf der Grundlage von hochaufgelösten Luftbilddaten. Links ein Color-Infrarot-Orthophoto mit 20 cm Bodenauflösung, rechts das Ergebnis der Bildklassifizierung bzw. die extrahierten geschädigten und abgestorbenen Baumkronen.

überwachten Luftbildklassifizierung aus dem Forschungsprojekt BeechSAT der LWF. Hier wurden auf Grundlage von hochaufgelösten Luftbilddaten stark geschädigte Baumkronen extrahiert. Abbildung 3 zeigt links einen Ausschnitt von einem Color-Infrarot-Orthophoto mit 20 cm Bodenauflösung und rechts das Ergebnis der Bildklassifizierung bzw. die extrahierten geschädigten und abgestorbenen Baumkronen. Diese Auswertung erfolgte durch die Firma IABG mbH unter Verwendung eines Convolutional Neural Networks (CNN).

Im aktuell laufenden Forschungsprojekt KIHBA (Künstliche Intelligenz für hochaufgelöste Baumartenerkennung) der LWF soll eine KI-basierte Methodik zur automatisierten Baumartenerfassung auf Basis von hochaufgelösten Luft- und Satellitenbilddaten entwickelt werden. Hinter der Baumartenerfassung steht die Notwendigkeit, Baumartenzusammensetzungen möglichst aktuell und großflächig bei ausreichender Sicherheit zu identifizieren. Die großflächige, daher automatisierte und dabei möglichst präzise Erkennung von Baumarten ist ein zentrales Anliegen. An die Kenntnis der Baumart sind viele Folgefragestellungen geknüpft bzw. können erst mit der Kenntnis der Baumart beantwortet werden, so zum Beispiel die Fragen, wie es sich mit der Vitalität und deren Veränderung verhält, welche Klimarisiken an einem gegebenen Waldort entstehen usw.

Ein weiteres aktuelles Anwendungsbeispiel an der LWF ist die halbautomatisierte Klassifizierung von Fotofallenmonitoring im Bereich der wildbiologischen Forschung, also die Feststellung, um was es sich bei dem von der Wildkamera erfassten Subjekt handelt.

## »To-do's« für die KI-Anwendung an der LWF

Künftig wird angestrebt, noch ein wesentlich größeres Portfolio an Fragestellungen mit Methoden der KI zu bearbeiten. Hierfür sind jedoch für eine Ressortforschungseinrichtung wie die LWF einige Voraussetzungen zu schaffen.

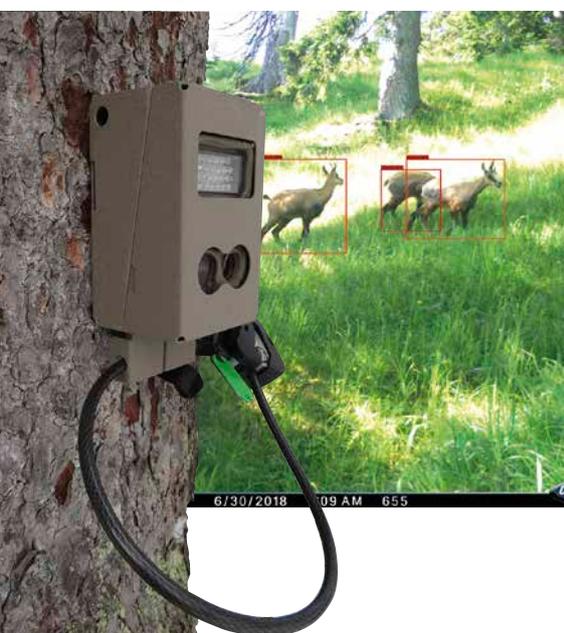
- KI braucht, im Fall des überwachten Lernens zunächst große Mengen an Lern- bzw. Trainingsdaten von hoher Qualität. Das Generieren solcher Daten erfordert viel Arbeitskapazität, Sorgfalt und noch sehr viel manuelle Vorarbeit. So müssen beispielsweise für die automatisierte Baumartenerkennung zunächst sehr viele Trainingspunkte manuell über Luftbildinterpretationen erfasst werden.
- KI benötigt hohe Serverleistung, lange Rechenzeiten und große, schnell verfügbare Speicher.
- Bei einer staatlichen Ressortforschungseinrichtung mit diversen sicherheitsrechtlichen, haushälterischen und strukturellen Restriktionen bestehen trotz vielfacher Bekenntnisse im Stile von

»Wir müssen digitaler werden!« noch erhebliche Defizite, und es sind beträchtliche Anstrengungen politischer wie finanzieller Natur für eine »Renovierung« der IT-Landschaft notwendig.

- Uns fehlen in der Regel ausreichende Spezialkenntnisse in der Informatik, um KI-Prozesse selbst zu implementieren. Wir benötigen daher Partner, die sich mit KI auskennen und entsprechende Algorithmen entwickeln können.
- Diese Partner gibt es und sie sind daran interessiert, mit einem Partner wie der »LWF«, der Sachdaten und Know-how zum Thema »Wald« beisteuern und kompetent interpretieren kann, KI-Produkte weiterzuentwickeln.
- Das »Pfund«, mit dem eine Ressortforschungseinrichtung wuchern kann, sind ihre Daten, Prozessketten und Fachkenntnisse. Viele Daten bergen jedoch die Gefahr von »Datenwust«, sprich fehlender Struktur. Wir müssen daher vor allem unsere Daten sorgfältig dokumentieren und strukturieren.
- Gleichzeitig müssen wir nach wie vor an der Erforschung von Wirkungszusammenhängen arbeiten, um Daten logisch verknüpfen und in Beziehung setzen zu können.

Trotz eines sehr guten und immer besser werdenden Daten- und Kenntnisstandes sind hier noch zahlreiche, ressourcenintensive »Hausaufgaben« zu machen, die aber parallel zu einem Einstieg in die KI erledigt werden können und müssen.

4 Beispiel aus der Wildbiologie: Welches Tier hat die Wildkamera erfasst? Die halbautomatisierte Klassifizierung des Fotofallenmonitoring kann hier Auskunft geben. Foto li, Wildkamera: H. Edelhoff, LWF



### Ausblick

Es zeigt sich immer mehr, dass die komplexen Herausforderungen für Wald und Forstwirtschaft, die sich aus der dynamischen Entwicklung des Klimawandels sowie der natürlichen, gesellschaftlichen und politischen Rahmenbedingungen ergeben, nicht durch sektoral nebeneinanderstehende Forschungsansätze einzelner Disziplinen bewältigt werden können. Sie erfordern stattdessen noch mehr fachübergreifende und vernetzte Forschung und umfassende, integrale Lösungssysteme. Zu deren Verwirklichung muss es gelingen, großflächig und schnell, d.h. automatisiert, möglichst präzise aktuelle Walddaten zu gewinnen, die Vielzahl an heterogenen Daten mit zum Teil bekannten und zum Teil unbekanntem Wirkungszusammenhängen miteinander zu vernetzen, dadurch neue Zusammenhänge zu erkennen, Folgerungen abzuleiten und die Ergebnisse nutzerindividuell übersichtlich darzustellen. Dies erfordert den

### Zusammenfassung

In allen Bereichen unseres Lebens werden wir bemerkt oder unbemerkt mit »Künstlicher Intelligenz (KI)« konfrontiert. Die Beitrag beschreibt, was unter KI zu verstehen ist, was sie kann und welche Einsatzmöglichkeiten sich in der Forstwirtschaft bieten. An der LWF wird KI zunehmend im Bereich der Fernerkundung eingesetzt und ist dort nicht mehr wegzudenken. Aber auch in anderen Fachbereichen wie zum Beispiel in der Wildbiologie nutzt man bereits KI zur Auswertung von Wildtierkameras. Um an der LWF noch intensiver mit KI zu forschen, bedarf es allerdings noch sehr großer Anstrengungen. Am Ende wird ein Ausblick über die weitere Entwicklung von KI gegeben, aber auch darauf hingewiesen, was man realistisch von Künstlicher Intelligenz erwarten darf.

Umgang mit großen Datenmengen (»Big Data«) und Auswertungs- und Verarbeitungsmethoden, die bisher in der forstlichen Forschung im Vergleich zu anderen Branchen noch relativ wenig zum Einsatz kommen (»Künstliche Intelligenz«). Für deren Anwendung werden neue Partnerschaften außerhalb des forstwissenschaftlichen Dunstkreises geknüpft und neue Projektkonstellationen entwickelt, gegebenenfalls müssen andere Finanzierungsmöglichkeiten gefunden werden. An verschiedenen Forschungseinrichtungen laufen bereits vielversprechende Ansätze, vor einem »Zu-viel-Versprechen« muss man sich allerdings hüten. Aber klar ist auch – und die Erfahrung mit dem Tempo der Digitalisierung zeigt dies –, dass die Zukunft noch viele Möglichkeiten bringen wird, von denen wir heute noch keine exakte Vorstellung haben können. Auf den Weg machen müssen wir uns jetzt!

### Literatur

Das Literaturverzeichnis finden Sie am Ende des Online-Artikels auf [www.lwf.bayern.de](http://www.lwf.bayern.de).

### Autoren

Kurt Amereller ist Vizepräsident der Bayerischen Landesanstalt für Wald und Forstwirtschaft. Dr. Christoph Straub ist wissenschaftlicher Mitarbeiter in der Abteilung »Informationstechnologie« der LWF. Rudolf Seitz leitet die Abteilung »Informationstechnologie«.  
**Kontakt:** [Kurt.Amereller@lwf.bayern.de](mailto:Kurt.Amereller@lwf.bayern.de), [Rudolf.Seitz@lwf.bayern.de](mailto:Rudolf.Seitz@lwf.bayern.de)