



Expertise zur Entwicklung eines georeferenzierten Waldinformationssystems der Ukraine auf der Grundlage des Berichtes von V.Revutskyi (2023)

D.-R. Eisenhauer

Freiburg, December 2023



About the Project “Sustainable Forestry Implementation” (SFI)

The project “Technical Support to Forest Policy Development and National Forest Inventory Implementation” (SFI) is a project established in the framework of the Bilateral Cooperation Program (BCP) of the Federal Ministry of Food and Agriculture of Germany (BMEL) with the Ministry of Environment and Natural Resources of Ukraine (MENR). It is a continuation of activities started in the forest sector within the German-Ukrainian Agriculture Policy Dialogue (APD) forestry component.

The Project is implemented based on an agreement between GFA Group, the general authorized executor of BMEL, and the State Forest Resources Agency of Ukraine (SFRA) since October 2021. On behalf of GFA Group, the executing agencies - Unique land use GmbH and IAK Agrar Consulting GmbH - are in charge of the implementation jointly with SFRA.

The project aims to support sustainable forest management planning in Ukraine and has a working focus on the results in the Forest Policy and National Forest Inventory.

Author

D.-R. Eisenhauer

Disclaimer

This paper is published with assistance of SFI but under the solely responsibility of the author D.-R. Eisenhauer under the umbrella of the Sustainable Forestry Implementation (SFI). The whole content, particularly views, presented results, conclusions, suggestions or recommendations mentioned therein belong to the authors and do not necessarily coincide with SFI's positions.

Contacts

Troitska Str. 22-24,
Irpin, Kyiv region
+38 (067) 964-77-02

Inhaltsverzeichnis

1. Einführung und Aufgabenstellung	3
2. Anmerkungen zur weiteren Entwicklung des nationalen Waldinformationssystems der Ukraine mit Bezug zum nationalen Geodatenportal	6
3. Zusammenfassung	26
4. Erhebung von Waldzustandsdaten mit Methoden der Fernerkundung für den Gesamtwald Sachsens.....	27
Anlage 1	46
5. Quellen	53

1. Einführung und Aufgabenstellung

Der Bericht von REVUTSKYI [2023] analysiert die Entwicklung des Waldinformationssystems („Staatliches Forstkataster“ bzw. „Forstbuchführung“) der Ukraine im Kontext seiner Entwicklung in der Periode von 1995 – 2023. Diese Periode kann im Wesentlichen als Übergang von einer analogen zur digitalen, georeferenzierten Dokumentation des Waldfonds bezeichnet werden, die über ein nationales Geodatenportal einem breiten Nutzerkreis zur Verfügung steht und mit dem gesamten Spektrum an Geodaten verschnitten werden kann. Dabei wird der unmittelbare Bezug zu INSPIRE, der Richtlinie der Europäischen Union zur öffentlichen Verfügbarkeit von Geodaten hergestellt.

Aus der Darstellung des aktuellen Sachstandes bei der Entwicklung eines zeitgemäßen nationalen Waldinformationssystems mit unmittelbarem Bezug zum nationalen Geodatenportal sind die folgenden **kritischen Aspekte** als wesentliche Impulse für die weitere Entwicklung hervorzuheben.

Das Waldinformationssystem bezieht sich im Wesentlichen auf **Wald als Vegetationsform**, diese ist eine Teilmenge der sogenannten **forstwirtschaftlichen Betriebsfläche**, welche neben dem Wald an sich auch die gesamte forstwirtschaftliche Infrastruktur einschließt. Davon ausgehend ist eine Definition für Wald abzuleiten, die es ermöglicht, **eindeutige Kriterien für dessen Erfassung mit unterschiedlichen Methoden** festzulegen (terrestrisch Verfahren, Methoden der Fernerkundung). Diese Kriterien implizieren gleichzeitig eine klare **Abgrenzung zu „Nicht-Wald“**. Hierbei dürfte unter den naturräumlichen Bedingungen der Ukraine insbesondere die Festlegung einer eindeutigen Beziehung zu Schutzpflanzungen als Linienelemente in der Agrarlandschaft bzw. zu Übergangssituationen von der Waldsteppe zur Steppe relevant sein.

Ein weiterer Aspekt ist die eindeutige Klärung **der Beziehung der Informationen aus dem Waldinformationssystem zu anderen Nutzungskategorien des Bodenkatasters**.

Die **Dokumentationspflicht** bedarf im Zusammenhang mit **Methoden der Walderfassung**, einschließlich der Veränderung des Waldfonds dringend der Innovation. Diese bezieht sich insbesondere auf die **effiziente wie objektive Erfassung der Waldfläche** an sich, deren Gliederung nach wesentlichen **Nutzungskategorien** und **Funktionen** (vorrangigen Ökosystemleistungen) sowie grundlegender **Parameter für die Charakterisierung des Waldzustandes**, einschließlich seiner **Veränderungen**. Der unmittelbare Bezug zum administrativen Vollzug des Waldgesetzes der Ukraine bzw. aller legislativen Vorgaben für die Nutzung von Wald ist offensichtlich. Gleiches gilt für die Metainformationen in der nationalen und europäischen Geodateninfrastruktur.

Auffällig ist, dass im „Gesetz der Ukraine über die nationale Geodateninfrastruktur“ ein Waldkataster nicht vorkommt, das „Waldgesetz der Ukraine“ aber die Führung eines Waldkatasters auf Staatskosten vorsieht. Insofern dieser Widerspruch zutrifft, wäre dieser aufzulösen.

Für die Entwicklung des Waldkatasters mit Bezug zur nationalen wie europäischen Geodateninfrastruktur sind **durchgängige, das heißt sich widerspruchsfrei aufeinander beziehende legislative und administrative Vorgaben** sowie **inhaltliche und methodische Standards** (Art und Parameter für die zu erfassenden georeferenzierten Informationen) eine notwendige Voraussetzung, die nach dem vorliegenden Bericht zumindest nicht umfassend gegeben ist.

Die **Qualität, Aktualität und öffentliche Verfügbarkeit** der Informationen via Internet (nationales Geodatenportal) werden als weitere **Prämissen** für den „Abschluss“ der Entwicklung eines nationalen Waldinformationssystems mit unmittelbarem Bezug zum nationalen Geodatenportal benannt. Diese Prämissen sind für legislative und administrative Vorgaben sowie inhaltliche und methodische Anforderungen an die waldbezogenen Geoinformationen maßgeblich.

Die aus der zuvor umrissenen Sachstandsanalyse abgeleiteten Anforderungen an die finale Entwicklung eines nationalen Waldinformationssystems mit unmittelbarem Bezug zum nationalen Geodatenportal werden im Bericht von REVUTSKYI [2023, Teil b] folgerichtig zusammengefasst.

Darüber hinaus enthält der Bericht [REVUTSKYI 2023, Teil c] **Maßnahmen, die zur Überwindung der zuvor dargestellten Defizite bzw. zur Umsetzung der ressortpolitischen Anforderungen** an das Waldinformationssystem der Ukraine führen sollen. Auf diese wird mit unmittelbarem Bezug zu diesem Bericht nachfolgend kurz eingegangen.

Der **fehlende Bezug von Waldzustandsinformationen zu einem konkreten „Waldstück“** kann durch den Verschnitt dieser georeferenzierten Informationen mit der Forstgrundkarte und / oder der Flurstückskarte behoben werden.

Die **Aktualität der Informationen im Waldinformationssystem** kann effizient durch den Verschnitt mit den Informationen aus der **Waldzustandserfassung und der Waldentwicklungsplanung im Rahmen der Forsteinrichtung** sowie mit dem **laufenden Vollzug dieser Planung** gesichert werden. Daraus folgt ein hohes Niveau der Kontinuität bzw. Aktualität von Waldzustandsinformationen [vgl. EISENHAUER 2023]. **Periodisch**, auch im geforderten 5-jährigen Zyklus, kann eine **Aktualisierung von Waldzustandsinformationen mit Methoden der Fernerkundung** erfolgen. Dieses Vorgehen dürfte unter den realen Entwicklungsbedingungen der Ukraine in hohem Maße relevant sein. Der mit diesen Methoden auf der Grundlage einer automatisierten Auswertung der erhobenen Primärdaten in hinreichender Qualität erreichbare Informationsumfang sowie die realisierbare Informationsgenauigkeit, genügen vollständig den Anforderungen eines nationalen Waldinformationssystems.

Die **Interaktion** des nationalen Waldinformationssystems mit dem nationalen Geodatenportal sowie der **öffentliche Zugang** zu diesen Informationen sind für die weitere Entwicklung essentiell.

In den folgenden Ausführungen wird auf die bedeutendsten der im Bericht von REVUTSKYI [2023] ausgeführten Anforderungen und Entwicklungsansätze für das nationale Waldinformationssystem der Ukraine vertiefend eingegangen.

2. Anmerkungen zur weiteren Entwicklung des nationalen Waldinformationssystems der Ukraine mit Bezug zum nationalen Geodatenportal

2.1 Definition von Wald

Die Definition von Wald ist die essentielle Grundlage für den Aufbau und die Pflege eines Waldinformationssystems, so auch für das der Ukraine. Ausgehend von der Definition von Wald als Vegetationsform, erfährt diese bis zu einem gewissen Grade eine zweckbezogene Anpassung. Für diese wird zunächst ein Überblick zu in Deutschland üblichen nationalen Walddefinition(en) gegeben.

Walddefinition der Bundeswaldinventur (BWI)

„Wald im Sinne der BWI ist, unabhängig von den Angaben im Kataster oder ähnlichen Verzeichnissen, jede mit Forstpflanzen bestockte Grundfläche. Als Wald gelten auch kahl geschlagene oder vernichtete Grundflächen, Waldwege, Waldeinteilungs- und Sicherungstreifen, Waldblößen und Lichtungen, Waldwiesen, Wildäsungsplätze, Holzlagerplätze, im Wald gelegene Leitungsschneisen, weitere mit dem Wald verbundene und ihm dienende Flächen einschließlich Flächen mit Erholungseinrichtungen, zugewachsene Heiden und Moore, zugewachsene ehemalige Weiden, Almflächen und Hutungen sowie Latschen- und Grünerlenflächen. Heiden, Moore, Weiden, Almflächen und Hutungen gelten als zugewachsen, wenn die natürlich aufgekommene Bestockung ein durchschnittliches Alter von fünf Jahren erreicht hat und wenn mindestens 50 % der Fläche bestockt sind.

In der Flur oder im bebauten Gebiet gelegene bestockte Flächen unter 1.000 m², Gehölzstreifen unter 10 m Breite und Weihnachtsbaum- und Schmuckreisigkulturen, gewerbliche Forstbaumschulen sowie zum Wohnbereich gehörende Parkanlagen sind nicht Wald im Sinne der BWI. Wasserläufe bis 5 m Breite unterbrechen nicht den Zusammenhang einer Waldfläche.

Weihnachtsbaum- und Schmuckreisigkulturen sowie Kurzumtriebsplantagen im Wald sind Wald im Sinne der BWI¹.

Diese **Walddefinition der Bundeswaldinventur** schließt folglich Teile der forstwirtschaftlichen Betriebsfläche und Infrastruktur mit ein, ist aber klar von Bäumen und weiteren Gehölzen geprägten Strukturen im urbanen Raum, Parkanlagen von Wohngebieten, von gewerblichen Baumschulen sowie von Weihnachtsbaum- und Schmuckreisigkulturen außerhalb des Waldes abgegrenzt. Gleiches gilt für mit Gehölzen bewachsene Flächen < 0,1 ha und Gehölzstreifen in der offenen Landschaft bzw. Agrarlandschaft < 10 m Breite.

¹ Riedel T, Hennig P, Polley H, Schwitzgebel F (2021) Aufnahmeanweisung für die vierte Bundeswaldinventur (BWI 2022) (2021 - 2022) 2. Auflage, Februar 2021 (Version 1.20). Bonn: Bundesministerium für Ernährung und Landwirtschaft (BMEL), 123 p

Fazit: Besonders das zuletzt genannte Ausschlusskriterium, könnte im Sinne einer abweichenden nationalen Regelung der Ukraine von Bedeutung sein.

Hervorzuheben ist auch, dass nach dieser Walddefinition **Weihnachtsbaum- und Schmuckreisigkulturen sowie Kurzumtriebsplantagen im Wald**, im Gegensatz zu solchen **außerhalb** des Waldes, also in der offenen bzw. Agrarlandschaft (siehe oben), Wald sind.

Fazit: Zumindest im Fall von **Kurzumtriebsplantagen außerhalb des Waldes**, wäre in Übereinstimmung mit der nationalen Waldpolitik der Ukraine und zur Verbesserung der landschaftsökologischen Funktionalität (Bodenschutz, Klimaschutz, funktionale Biodiversität) von waldarmen, durch weiträumige wie strukturarme Agrarlandschaften geprägten Naturräumen zu prüfen, diese im legislativen Kontext sowie im Bezug zum Waldinformationssystem (Waldkataster) in die Definition von Wald einzubeziehen.

Für Letzteres sprechen folgende Argumente:

- Kontinuität dieser landschafts- und produktionsökologisch bedeutenden Strukturelemente, insbesondere in waldarmen Naturräumen (Agrarlandschaften unterschiedlichen Typs)
- Änderung der Nutzungsart von Wald in eine landwirtschaftlich genutzte Fläche unterliegt verhältnismäßig strikten legislativen wie administrativen Restriktionen, andererseits ist der Übergang von der Kurzumtriebsplantage zu standortgerechten, komplexeren Waldaufbauformen möglich, ohne dass dafür im legislativen wie administrativen Kontext eine Änderung der Nutzungsart nötig wäre. Letzteres würde jedoch notwendig sein, wenn Kurzumtriebsplantagen von der Walddefinition ausgeschlossen und per legislativer Einordnung als landwirtschaftlich genutzte Flächen gelten würden. Das ist in Deutschland der Fall.

Internationale Walddefinition (FAO)

Wald ist jede Landfläche größer als 0,5 Hektar mit Bäumen höher als 5 m oder Bäumen die diese Mindesthöhe erreichen können und einer Baumkronenüberschirmung über 10 %. Junge Bestände, welche noch unter 5 m Höhe haben und/oder noch keine Baumkronenüberschirmung von mehr als 10 % besitzen, gehören zum Wald. Ebenso gehören vorübergehend unbestockte Flächen (durch Forstnutzung oder natürliche Störung) zum Wald².

Erläuterungen:

3. Beinhaltet Forststraßen, Brandschneisen und andere Freiflächen, Wald in Nationalparks, Naturschutzgebieten und anderen Schutzgebieten, die von besonderem ökologischem, wissenschaftlichem, historischem, kulturellem oder spirituellem Interesse sind.

² Riedel T, Hennig P, Polley H, Schwitzgebel F (2021) Aufnahmeanweisung für die vierte Bundeswaldinventur (BWI 2022) (2021 - 2022) 2. Auflage, Februar 2021 (Version 1.20). Bonn: Bundesministerium für Ernährung und Landwirtschaft (BMEL), 123 p

4. **Beinhaltet Windschutzstreifen, Schutzgürtel und Korridore von Bäumen** mit einer **Fläche von mehr als 0,5 ha** und einer **Breite von mehr als 20 Metern**.

Fazit: Prinzipiell erscheint für die Erfassung des Waldfonds der Ukraine, ausgehend von der internationalen Walddefinition der FAO, die Zusammenführung von beiden Definitionen zweckmäßig.

Dafür sprechen folgende Argumente:

Die internationale **Walddefinition der FAO**³.

- differenziert nicht nach der Nutzungsart bzw. dem Nutzungszyklus und schließt somit Kurzumtriebsplantagen und andere kommerziell ausgerichtete „Funktionsanbauten“ mit noch deutlich kürzerem Nutzungszyklus, z. B. Weihnachtsbaumkulturen, ein,
- schließt die Strukturtypen der Waldsteppe per Wuchshöhe der waldprägenden Baumarten und Kronenschluss (Deckungsgrad) der oberen Baumschicht ein,
- berücksichtigt auf einem Mindestniveau die für erschlossene Wälder typische Infrastruktur, auch unabhängig von der Nutzungsart (Wirtschaftswälder im engeren Sinne, Naturschutzgebiete unterschiedlicher Schutzkategorien, etc.),
- berücksichtigt Strukturen, die für das Maß der ökologischen Funktionalität von großräumigen, wald- und insgesamt strukturarmen Agrarlandschaften essentiell sind und legt in diesem Kontext Mindeststandards (Fläche, Breite) fest, die deren hinreichende Wirksamkeit gewährleisten.

Die **nationale deutsche Walddefinition** von der die Bundeswaldinventur ausgeht, legt hingegen auch klare Ausschlusskriterien fest. Das betrifft zum Beispiel:

- Baumschulflächen,
- „waldähnliche“ Strukturen im urbanen, besiedelten Raum, insofern diese nicht ein Mindestmaß der Annäherung an die eigentliche Walddefinition aufweisen.

Andererseits ist diese Definition weniger restriktiv bei der Einbeziehung der forstwirtschaftlichen Betriebsfläche.

Walddefinition mit Bezug zur Erfassung von Wald und des Waldzustandes mit Methoden der **Fernerkundung***

* Abschlussbericht FNEWs-Projekt [2024]

Die **Walddefinition der Bundeswaldinventur** (BWI) dient primär der **terrestrischen** Erhebung von Waldzustandsinformationen. Das gilt auch für Waldinventuren von Forstbetrieben, zum Beispiel „Waldinventur Sachsen – Datenerhebung“ (WISA-DE) [vgl. EISENHAUER 2023]. Diese Definition(en) entsprechen **nicht** der Erfassung von Wald und der von Merkmalen zur Charakterisierung des Waldzustandes mit Methoden der Fernerkundung. Eine direkte Umsetzung dieser Walddefinition(en) mit Fernerkundungsdaten ist daher nicht möglich, da Wald im Sinne von terrestrischen Verfahren der Walderfassung eine Kombination aus Landbedeckung und

³ FAO FRA 2020, Terms and Definitions. <http://www.fao.org/3/l8661EN/i8661en.pdf>

Landnutzung ist. Demgegenüber ist die Fernerkundung methodisch sensitiv auf die Landbedeckung jedoch nicht die Landnutzung ausgerichtet.

Demzufolge muss eine mit Methoden der Fernerkundung umsetzbare Walddefinition auf quantifizierbaren und technisch realisierbaren Merkmalen aufbauen.

Danach ist **Wald eine mit Bäumen bestockte Landfläche > 0,1 ha und einer Mindestbreite von 10 m, bei der eine anteilige Fläche von mehr als 10%, bei mehr oder weniger gleichmäßiger Verteilung durch Baumkronen überdeckt ist.**

Werden darüber hinaus eine **Mindesthöhe**, durch Nutzung oder Naturereignisse bedingte **Störungsflächen und Blößen** sowie das **Aufwuchsstadium** einbezogen, **entspreche diese mit Methoden der Fernerkundung kompatible Walddefinition der Walddefinition der FAO**. Mit Bezug zur Waldeigenschaft entspricht die durch die FAO festgelegte Mindestbreite von **20 m** eher der Waldeigenschaft als die zuvor genannte Mindestbreite von 10 m. Bei letzterer kann es sich durchaus um Baumreihen handeln, die selbst ansatzweise der Waldeigenschaft entbehren.

Fazit: Im Zusammenhang mit Schaffung eines nationalen Waldinformationssystems (Waldkatasters) der Ukraine wird aus sachlichen wie methodischen Gründen empfohlen, eine Walddefinition zu etablieren, die auf der **Grundlage der internationalen Walddefinition der FAO** an Kriterien ausgerichtet ist, die mit **Methoden der Fernerkundung** realisierbar, das heißt erfassbar sind. Diese Definition sollte durchgängig in **alle** legislative wie administrative Regelwerke Eingang finden, bei denen ein Bezug zum Wald besteht.

2.2 Legislative Grundlagen

Im Bericht von REVUTSKYI [2023] wird an mehreren Stellen auf Unzulänglichkeiten in den legislativen wie administrativen Grundlagen für die Datenerhebung, Informationsbereitstellung und Informationsnutzung im Zusammenhang mit der Entwicklung, Pflege und Nutzung eines nationalen Geodatenportals der Ukraine verwiesen. Das Waldinformationssystem ist als eine der Quellen bzw. als Teilsystem dieses nationalen Geodatenportals zu betrachten. Da REVUTSKYI [2023] diese Kritik nur bedingt spezifiziert, soll auf einige wesentliche Inhalte des „**Sächsischen Geodateninfrastrukturgesetzes**“ eingegangen werden (vgl.

<https://www.revosax.sachsen.de/vorschrift/11375-Saechsisches-Geodateninfrastruktur-gesetz>). Dieses Gesetz steht im unmittelbaren Bezug zum „**Gesetz über das Geoinformationswesen im Freistaat Sachsen**“ (vgl. <https://www.revosax.sachsen.de/vorschrift/11373-Gesetz-Geoinformationswesen>) und schafft den **rechtlichen Rahmen für den Betrieb der Geodateninfrastruktur** und regelt die Beziehungen zur nationalen Geodateninfrastruktur der Bundesrepublik Deutschland. Letzteres ist für die Ukraine irrelevant. Des Weiteren ist dieses Gesetz auf die **Umweltpolitik der Europäischen Union** ausgerichtet. Für den Aufbau eines nationalen Geodatenportals der Ukraine mit Vernetzung zum Waldinformationssystem („Waldkataster“) können folglich der rechtliche Rahmen für den

Betrieb der Geodateninfrastruktur im Freistaat Sachsen und die Beziehungen zur Umweltpolitik der Europäischen Union von Bedeutung sein.

Die **inhaltliche Systematik** des Gesetzes verdeutlicht, dass alle thematischen Schwerpunkte des Betriebs der Geodateninfrastruktur abgedeckt werden. Das betrifft im Einzelnen die Erfassung und Verwaltung von Geodaten, Netzdienste und das Geoportal, die Erfassung und Verwaltung von Metadaten, den **eigentlichen Betrieb der Geodateninfrastruktur, den Zugang zu Geodaten, Metadaten und den Geodatendiensten sowie Regelungen für die Erhebung von privatrechtlichen Gebühren**.

Der **Anwendungsbereich des Gesetzes** die Behörden des Freistaates Sachsen und die der Aufsicht des Freistaates Sachsen unterstehenden Körperschaften, Anstalten und Stiftungen **öffentlichen** Rechts, soweit diese Geodaten erfassen, Verwalten oder bereitstellen [vgl. SächsGDIG, §3 (2)].

Für diesen Anwendungsbereich ist damit die Einhaltung von rechtlichen, inhaltlichen technischen Standards sowie solchen für die Bereitstellung und Nutzung von Geodaten, Metadaten und Diensten verbindlich.

Bei der **Erfassung von Geofachdaten** sind die **amtlichen Geobasisdaten** entsprechend dem Sächsischen **Vermessungs- und Katastergesetz** [vgl.

<https://www.revosax.sachsen.de/vorschrift/9851-Saechsisches-Vermessungs-und-Katastergesetz>] zu nutzen. Darin besteht eine wesentliche Grundlage, um zum Beispiel den von REVUTSKYI (2023) geforderten konsistenten **örtlichen Bezug von Informationen aus dem Waldinformationssystem** (Waldkataster) unter Berücksichtigung von administrativen und funktionalen Nutzungsanforderungen herstellen zu können.

Des Weiteren sind mit den **Nachbarstaaten** der Ukraine, bzw. deren geodatenhaltenden Stellen, bilaterale Vereinbarungen erforderlich, insofern sich Geodaten, die durch die Ukraine erfasst und gehalten werden auf einen Standort oder ein geographisches Gebiet in diesen Ländern beziehen.

Wesentliche **Standards** zu Netzdiensten, zum Geoportal sowie zur Erfassung und Verwaltung von Metadaten sind in den §§ 5, 6 des SächsGDIG geregelt. Der unmittelbare Bezug dieser Standards zur INSPIRE – Richtlinie der EU [Richtlinie 2007/2/EG], wird dabei ausdrücklich hervorgehoben.

Fazit: Durch das SächsGDIG sind im Sinne übergeordneten Rechts Standards zu Netzdiensten sowie zur Erfassung und Verwaltung von Metadaten festgelegt, die für die Entwicklung, Pflege und Nutzung des Waldinformationssystems maßgeblich sind. Für den aktuellen Entwicklungsprozess des nationalen Waldinformationssystems der Ukraine wird ein entsprechendes Vorgehen empfohlen.

Der **Betrieb der Geodateninfrastruktur (GDI)** liegt in der Zuständigkeit des Staatsministeriums. Diesem Ministerium nachgeordnet und unmittelbar unterstellt ist der **Staatsbetrieb für Geobasisinformation und Vermessung**. Dieser ist in seinen

unmittelbaren Beziehungen zu den geodatenhaltenden Stellen mit dem Betrieb der GDI beauftragt [vgl. § 8 SächsGDIG].

Der **Zugang zu Geodaten, Metadaten und Geodatendiensten** ist im Wesentlichen **unbeschränkt. Einschränkende Bedingungen** resultieren aus potenziell nachteiligen Wirkungen auf internationale Beziehungen, die nationale Sicherheit, die Wahrung von Vertraulichkeit im Rahmen der Behördentätigkeit, laufende Gerichtsverfahren sowie den Schutz von Umweltgütern, personenbezogenen Daten im Zusammenhang mit schutzwürdigen Interessen der Betroffenen, jeweils in **Abwägung zum öffentlichen Interesse** an der Informationsbereitstellung.

Der Zugang zur GDI fügt sich in den **Rechtsrahmen des Umweltinformationsgesetzes** [vgl. <https://www.revosax.sachsen.de/vorschrift/1471-Saechsisches-Umweltinformationsgesetz>] ein.

Der **Zugang und die Nutzung von Such- sowie von Darstellungsdiensten**, soweit letztere den in §2, Absatz 7, Nr. 2 festgelegten **Mindestumfang** nicht überschreiten (vgl. <https://www.revosax.sachsen.de/>), ist **entgeltfrei**. Darüberhinausgehend können die geodatenhaltenden Stellen Entgelte oder Auslagen einfordern und Haftungsausschlüsse festlegen.

Die Themenbereiche, auf die sich das SächsGDIG bezieht sind in der Anlage zu diesem Gesetz festgelegt (vgl. <https://www.revosax.sachsen.de>). In der Beziehung zum Waldinformationssystem sind insbesondere folgende Themenbereiche (unvollständig) unmittelbar oder mittelbar relevant. Letzteres betrifft vorrangig ökologische Charakterisierung, funktionale Einordnung und Nutzung des Waldfonds.

- **Koordinatenreferenzsysteme**
- **Geographische Gittersysteme**
- Verwaltungseinheiten
- Schutzgebiete
- **Höhe**
- **Bodenbedeckung**
- **Orthofotografie**
- Geologie (einschließlich Grundgestein, Grundwasserkörper, Geomorphologie)
- Boden
- **Bodennutzung**
- Umweltüberwachung
- Gebiete mit naturbedingten Risiken
- Meteorologisch – geographische Kennwerte
- Biogeographische Regionen
- Lebensräume und Biotope
- Verteilung der Arten

Fazit: Die **Entwicklung des nationalen Waldinformationssystems der Ukraine** sollte sich in **übergeordnete technische Systeme und Bereitstellungsstrukturen von geodatenbasierten Informationen** einfügen. Um ein insgesamt **konsistentes System der Erfassung, Verwaltung und Nutzung von Geodaten und Diensten** sowie die Anwendung von **inhaltlichen** (Parameter der zu erfassenden Daten) und **technischen Standards** zu erreichen, wäre die Entwicklung des

Waldinformationssystem (Waldkatasters) in den **übergeordneten bzw. flankierenden Rechtsrahmen** widerspruchsfrei und nutzungsbezogen einzuordnen. Entsprechend wurden am Beispiel des Freistaates Sachsen diese rechtlichen Grundlagen benannt und ein Bezug zu einzelnen Aspekten hergestellt.

2.3 Erfahrungen bei der Entwicklung und Nutzung des Waldinformationssystems („Waldkatasters) für den Freistaat Sachsen

Die nachfolgenden Darstellungen untersetzen mit Bezug zur Entwicklung des nationalen Waldverzeichnisses der Ukraine die zuvor umrissenen legislativen und administrativen Grundlagen am Beispiel von Sachsenforst als geodatenhaltende Stelle. Wesentlich ist in diesem Zusammenhang, dass Sachsenforst sowohl die Funktion eines Staatsforstbetriebes als auch der oberen Forstbehörde innehat. Genauso sind die Forsteinrichtung und das Waldmonitoring in Sachsenforst integriert, so dass von einer thematisch komplexen Erfassung und Verwaltung von Geodaten und der darauf aufbauenden Vernetzung mit dem sächsischen Geodatenportal ausgegangen werden kann. Die Systematik der nachfolgenden Ausführungen orientiert sich im Wesentlichen am Bericht von REVUTSKYI (2023).

Der Aufbau eines nationalen Waldinformationssystems der Ukraine erfordert eine gründliche organisatorische, fachliche und technische Vorbereitung. Dem Bericht von REVUTSKYI (2023) kann entnommen werden, dass dieser Prozess bisher nicht abgeschlossen ist und damit noch grundlegender Klärungs- und Entwicklungsbedarf bestehen könnte.

Dieser umfasst die **rechtlichen Regelungen**, auf die im vorangegangenen Kapitel eingegangen wurde. Des Weiteren sind **Akteure** festzulegen und in definierten **Geschäftsprozessen** zusammenzuführen.

In diesem Kontext sind die **Verfahren zur Erhebung von Daten** und Informationen festzulegen.

Darauf aufbauend sind **Datenmodelle sowie ein Raumbezugssystem** festzulegen und ein **Regelwerk** für die Datenerhebung, die Implementierung der Daten in das Waldinformationssystem, die Systempflege (Daten- und Informationsaktualisierung), die Nutzungsrechte und die Systemvernetzung (Geodatenportal) zu schaffen.

Des Weiteren ist ein **Qualitätssicherungssystem** zu schaffen.

Die **technischen** Grundlagen – Hardware, Software, Netzwerke und Dienste – sind im zuvor umrissenen Kontext zu schaffen.

Als **Periode für die Erfassung von Waldzustandsinformationen** für die Ukraine sind nach REVUTSKYI (2023) **5 Jahre** vorgesehen, daran sollte in Anbetracht der aktuellen und zu erwartenden Veränderungsdynamik von Wäldern und Waldlandschaften festgehalten werden. Das gilt sowohl für Wald als Vegetationsform an sich als auch den Anteil und die räumliche Verteilung von Wäldern im Mosaik der unterschiedlichen Landnutzungsarten. In Sachsen wird aktuell bei der Aktualisierung von Waldzustandsinformationen von einer 10-jährigen Periode ausgegangen. Diese genügt aus den zuvor genannten Gründen nicht mehr den realen Anforderungen.

Hierfür ist vor allem die ausgeprägte Veränderungsdynamik von Wäldern durch Umwelteinflüsse und weniger die Veränderung des Waldanteils an der Landbedeckung und dessen Verteilung maßgeblich.

In Verbindung mit einer 5-jährigen Periode der Erhebung und damit der Aktualisierung von waldbezogenen Informationen steht auch deren **Stichtagsbezug**. Dieses Vorgehen ist eine unabdingbare **Voraussetzung für eine hohe Effizienz bei der Systempflege**. Im Gegensatz dazu erfolgt in Sachsen eine laufende Aktualisierung von Waldzustandsinformationen, insbesondere für den Privatwald, auf der Grundlage von behördlichen Meldungen. Der davon ausgehende Prozess ist aufwändig und zum Teil hinsichtlich der Kontinuität und Qualität der übermittelten Informationen unzuverlässig.

Auf die Notwendigkeit für die Durchführung von unterschiedlichen (GIS-)Analysen, Statistiken und die Erstellung von kartographischen Darstellungen den örtlichen Bezug zur Waldeinteilung (Forstgrundkarte), Flurstückskarte etc. durch das Verschneiden von Waldzustandsinformationen mit diesen kartographischen, administrativen, organisatorischen wie funktionalen Informationen herzustellen, wurde im vorhergehenden Kapitel bereits verwiesen. Grundlage ist der **Raumbezug** der erhobenen Informationen.

Ziel ist laut Artikel 49 des Forstgesetzes der Ukraine die Schaffung eines „Forstkatasters“ (Waldinformationssystem) aus Geodaten, Metadaten und Diensten als Grundlage für eine nationale Geodateninfrastruktur. Als Unterstützung einer auf dieses Ziel gerichteten könnten gegebenenfalls folgende Erfahrungen bzw. Empfehlungen von Sachsenforst genutzt werden.

- **Geodaten**

- Es ist der Gesamtwald, das heißt es sind **alle** Arten des Waldeigentums zu berücksichtigen. Für die Ukraine kann dieser Aspekt unbedeutend oder nachrangig sein.
- Die **Einheit von Geometrie- und Sachdaten** ist bei deren Erfassung und Pflege zu gewährleisten. Eine **Fehlentwicklung** wie sie bei Sachsenforst erfolgt ist, die voneinander separierte Erfassung und Pflege von Waldzustandsdaten und Flächengeometriedaten **ist zwingend zu vermeiden!** Dieses Vorgehen ist fehleranfällig, bedingt in der Folge Probleme durch separierte Zuständig- und Verantwortlichkeiten sowie Ineffizienz bei der Entwicklung von weiterführenden Prozessen. Daraus resultiert insgesamt ein erheblicher **Mehraufwand!**
- Die **Homogenität der Geodaten** ist zu gewährleisten. Darauf aufbauend ist eine adäquate **Qualitätssicherung** die entscheidende Voraussetzung für exakte Analysen wie auch das effiziente Zusammenwirken von verschiedenen Akteuren.
- Die **geodatenhaltende Stelle (ghS) ist themenbezogen eindeutig und verbindlich festzulegen** (vgl. 2.2, Sächsisches Geodateninfrastrukturgesetz). Für die Themenkomplexe Wald und Forstwirtschaft könnte sich als ghS das

ationale Amt für Waldzustandserfassung und Waldentwicklungsplanung („Forsteinrichtung“) anbieten (vgl. EISENHAUER 2023). **Ausschließlich diese eine gHS für die Themenbereiche Wald und Forstwirtschaft ist verantwortlich für diese originären Datenbestände und deren Pflege.** Alle anderen geodatenhaltenden Stellen, einschließlich das nationale Geodatenportal, beziehen daher diese Daten, ohne Veränderungen an diesen „Kopien“ des Originaldatenbestandes vorzunehmen.

- o Mindestens (!) für die **Ersterfassung von Wald und Waldzustandsinformationen** ist insbesondere unter den realen Bedingungen der Ukraine die konsequente Nutzung von **Methoden der Fernerkundung** dringend zu empfehlen. Darauf aufbauend sollte von vornherein erwogen werden, auch die **periodischen Wiederholungserfassungen des Waldfonds** auf dieser methodischen Grundlage durchzuführen. Auf diese Problematik wird wegen deren herausragender Bedeutung im folgenden Kapitel gesondert eingegangen.
- o Der exakte Abgleich mit dem Kataster (flächenbezogener Eigentumsnachweis) ist, insofern für den Waldfonds der Ukraine relevant, von Anfang an zu beachten. Davon unbenommen ist eine **Anbindung dieser Information an die Geobasisdaten nicht sinnvoll**. Demgegenüber ist es zweckmäßig selbständige unabhängige thematische Datenbestände zu halten, die jederzeit mit anderen Geodaten, auch Geobasisdaten, kombiniert („verschnitten“) werden können (siehe vorausgehendes Kapitel).
- o Dementsprechend wird die strikte Trennung von Geobasisdaten und Waldkataster (Waldinformationssystem) dringend empfohlen.
- o Es ist in hohem Maße zweckmäßig als **unveränderliche Komponente für den Flächenbezug der Wald- und Waldzustandsinformationen** ein „amtliches“, das heißt legislativ festgelegtes und durch die Administrative umgesetztes System der Waldeinteilung einzuführen. In der Bundesrepublik Deutschland entspräche dem die (Forst-) **Abteilung**. Im Landeswaldgesetz des Freistaates Sachsen, ist eine derartige Festlegung bisher nicht erfolgt, was im Waldgesetz der Ukraine vermieden werden sollte.

• Metadaten

- o Bei den **Metadaten** handelt sich um beschreibende Daten, die insbesondere als Grundlage für die Suche sowie für die Feststellung der Verwendung und Brauchbarkeit von verfügbaren Geodaten und Geodatendiensten notwendig sind. Der Inhalt (Titel, Schlüsselwörter, räumliche Ausdehnung, Erfassungsdatum, Aktualitätsstand, Autor, Besitzer, Verfügbarkeit, Datenformat), die Qualität und die Zugriffsmöglichkeit auf diese Geodaten, Dienste und weitere IT-gestützte Geodatenanwendungen wird in Geodatenkatalogen gesammelt und kann über Geoportale recherchiert und abgerufen werden.
- o Die technische Umsetzung des Geodatenkatalogs basiert auf einer Vernetzung von verteilten, eigenständigen Metadatenkatalogen und

erfolgt über abgestimmte, standardisierte Schnittstellen zu Katalogdiensten von EU, Bund, Ländern, Wirtschaft und Wissenschaft. Die Inhalte der Geodatenkataloge werden im deutschen und europäischen Kontext von verschiedenen weiteren (Geo-) Dateninfrastrukturen genutzt (vgl. <https://www.gdi-de.org/GDI-DE/Servicefunktionen/Geodatenkatalog.de> und <https://inspire-geoportal.ec.europa.eu> ,).

- o Die im Metadatenkatalog von Sachsenforst **GeoMIS.Forst** erfassten Metadaten werden im **GeoMIS. gehostet und** standardisiert veröffentlicht (vgl. <https://geomis.sachsen.de>). Dadurch werden alle verfügbaren Geodaten und Geodatendienste transparent und einem breiten Nutzerkreis öffentlich zugänglich (vgl. Abb. 1 und 2). Die Metadaten bedürfen einer permanenten Pflege und Laufendhaltung.
- o Die INSPIRE-Richtlinie 2007/2/EG des Europäischen Parlaments und des Rates vom 14. März 2007 (vgl. <https://eur-lex.europa.eu/>) schuf die rechtlichen Rahmenbedingungen zur Lösung bestehender Probleme bei Auffindbarkeit, Verfügbarkeit, Qualität, Organisation, Zugänglichkeit und gemeinsamer, grenzüberschreitender Nutzung von Geodaten. Damit wurde insbesondere den Forderungen der Europäischen Umweltbehörden nach einem Werkzeug zur Formulierung, Umsetzung und Überwachung umweltpolitischer Maßnahmen Rechnung getragen. Die EU-Mitgliedsstaaten werden dazu verpflichtet stufenweise bereits in digitaler Form vorhandene, interoperable Geobasisdaten und Geofachdaten zur allgemeinen Verwendung mittels Internet bereitzustellen und damit den Zugang zu Georessourcen und zur Verbesserung der Nutzbarkeit von Geodaten und Geodiensten für Verwaltung, Wirtschaft und Bürger zu ermöglichen.

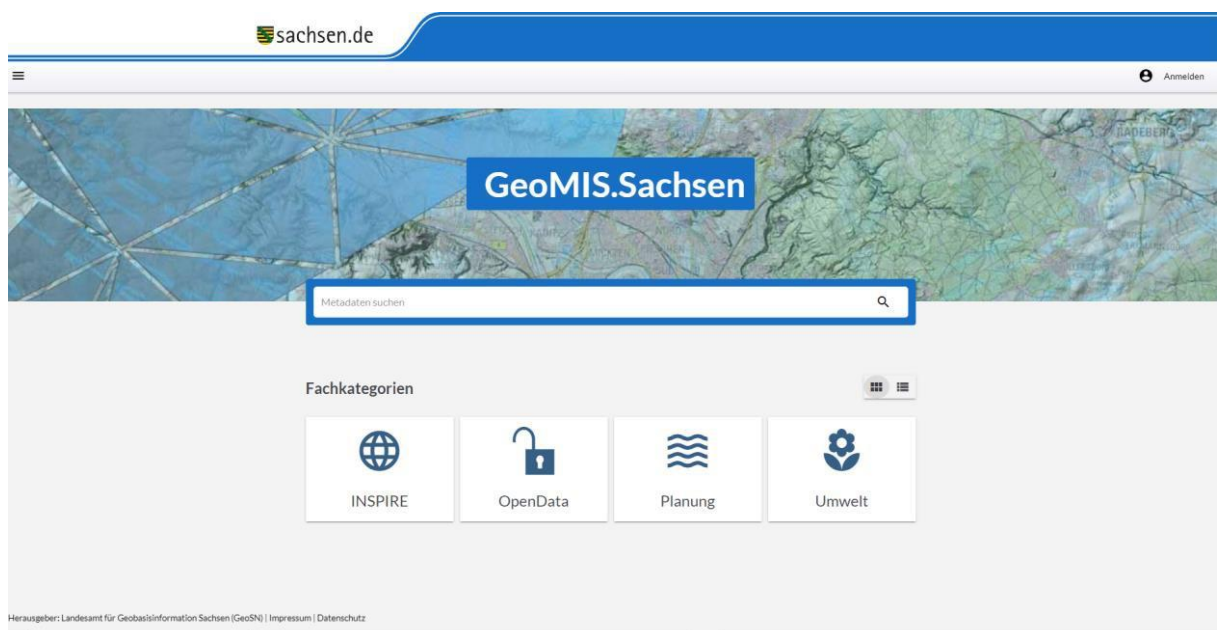


Abb. 1: GeoMIS.Sachsen - Start

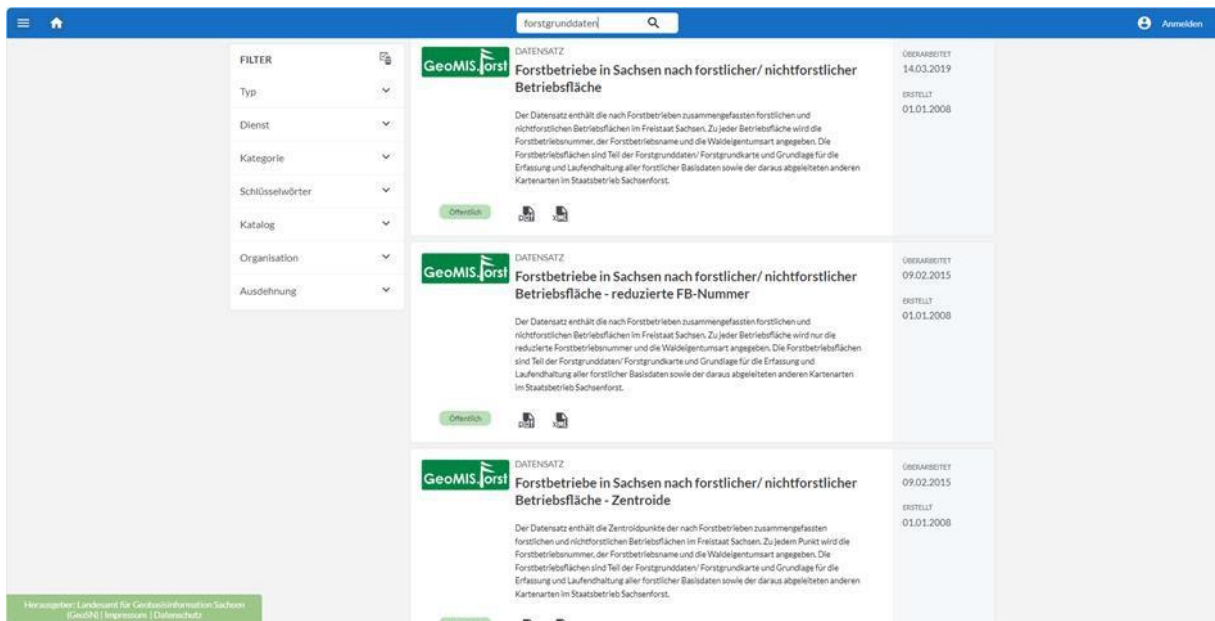


Abb. 2: Suche nach „Forstgrunddaten“ im GeoMIS.Sachsen, das aufgrund der Vernetzung auf Geo.MIS.Forst zugreift

*Für die Ukraine ist diese Differenzierung irrelevant.

- **Geodienste** (auch Daten-/Kartendienste):
 - Geodienste „sind vernetzbare, raumbezogene Webservices, die Geodaten in strukturierter Form zugänglich machen“ (Wikipedia)
 - Geodienste sind standardisierte technische Schnittstellen, die den direkten Zugriff auf Geodaten beim Datenanbieter über das Internet auf den aktuell veröffentlichten Stand ermöglichen. Sie können in ein Geoinformationssystem oder eine Webanwendung eingebunden werden und erlauben so die Verwendung im Kontext mit eigenen Geodaten.
 - Geodienste können sowohl als reine Darstellungsdienste (WebMapServices, WMS) als auch Downloadendienste (WebFeatureServices, WFS), die den Zugriff auf Vektordaten in einem standardisierten Textformat über das Internet ermöglichen angeboten werden.
 - **Geodienste sollten ausschließlich von der gHS angeboten werden** oder in deren Auftrag, in jedem Fall aber unter deren Kontrolle.
 - Auf dieser Grundlage ist der **Zugang zur „Nationalen Geodateninfrastruktur“** sichergestellt.
- Bei der **Verwaltung von Geodatenbeständen** ist das unmittelbare Zusammenwirken von fachlich und technisch zuständigen Personen sicherzustellen.
- Die im Bericht von REVUTSKYI (2023) erwähnte „**Öffentliche Waldkatasterkarte**“ ist wahrscheinlich einem Geoportal gleichzusetzen. Insbesondere in der

Anfangsphase der Bereitstellung von Geodaten zum Waldfond ist diese Karte nicht unbedingt erforderlich. Es wird empfohlen den Schwerpunkt von Entwicklungsleistungen auf die Bereitstellung von Geodiensten zu legen. Diese sind wichtiger und ebenso zielführend, unter der Voraussetzung dass es bereits andere Portale, zum Beispiel das Geoportal der Ukraine, gibt, die diese Geodienste einbinden können.

- Der im Bericht von REVUTSKYI (2023) verwendete Begriff der „Forstbuchhaltung“ entspricht eher einer „Walddatenbank“ (Waldzustandsdaten“), weniger dem Waldinformationssystem (Waldkataster). Bei letzterem handelt es sich um ein technisches System mit Fachanwendungen, bei ersterem um einen systematisch geordneten, auf unterschiedliche Auswertungsziele und – prozeduren ausgerichteten Bestand von Primärdaten und abgeleiteten Daten als Grundlage für forstbetriebliche wie hoheitlich administrative Entscheidungs- und Steuerungsprozesse. Eine klare begriffliche und inhaltliche Unterscheidung von beiden Systemen wird dringend empfohlen.

2.4 Erfassung von Wald- und Waldzustandsinformationen

2.4.1 Grundsätzliche Einordnung von Methoden der Fernerkundung

Auf die **rechtlichen Voraussetzungen** für die Erhebung, Verarbeitung, Bereitstellung und Nutzung von Waldzustandsdaten wurde bereits eingegangen, so dass hier die maßgeblichen Grundlagen nur wegen der Vollständigkeit noch einmal benannt werden:

- Es besteht eine Bereitstellungspflicht von Umweltinformationen, insofern es sich um behördliche und somit grundsätzlich öffentliche Daten handelt (→ Umweltinformationsgesetz).
- Der Datenbereitstellung können einschränkende Bedingungen entgegenstehen (→ Betriebs- und Geschäftsgeheimnisse, nationale Sicherheit, internationale Beziehungen etc.).
- Die INSPIRE-Richtlinie der EU ist umzusetzen.

Wald- und Waldstrukturdaten können als **Umweltinformationen** betrachtet werden und müssen daher bereitgestellt werden, insofern es sich um behördliche Daten handelt und diese bereits erstellt sind. Hingegen besteht kein Recht auf die Erstellung dieser Daten.

Hinsichtlich der **einschränkenden Bedingungen** ist festzustellen, dass Waldstrukturdaten, insofern diese **nicht** Flurstücken in Privatbesitz zugeordnet werden, **keine Betriebs- oder Geschäftsgeheimnisse** verletzen. Zudem ist eine **Zuordnung dieser Daten zu Flurstücken** nicht einfach herzustellen. Darüber hinaus ist es ohne weiteres möglich, sich solche Informationen auf der Grundlage des **allgemeinen Betretungsrechts** des Waldes zu beschaffen.

Entsprechend der **INSPIRE-Richtlinie der EU** sind Waldstrukturdaten den **Geodaten-Themen „Höhe“ und „Bodenbedeckung“** dieser Richtlinie zuordenbar und müssen

daher INSPIRE konform bereitgestellt werden. Entsprechend müssen spezifische Vorgaben bei der Datenbereitstellung und Metadatenhaltung eingehalten werden (→ Geodateninfrastruktur).

Für eine detaillierte Auseinandersetzung mit der Thematik wäre es notwendig, die aktuell verfügbare Datenbasis zu Wald- und Waldzustands- bzw. Waldstrukturinformationen der Ukraine zu kennen. Entsprechend wurde versucht den Zugang zu diesen Informationen über das Geodatenportal der Ukraine (data.gov.ua) zu erlangen. Das war während der Zeit in der die vorliegende Expertise erarbeitet worden ist nicht möglich.

Insofern wird von Informationen aus dem Bericht von REVUTSKYI [2023] ausgegangen, wonach für die Ukraine eine entsprechende Datenbasis auf der Grundlage einer terrestrischen Waldinventur existiert. Allerdings könnten diese Daten und abgeleitete Informationen in ihrem Bezug zum aktuellen Waldzustand möglicherweise veraltet sein.

EISENHAUER [2023] gibt in seinem Bericht weiterführende Empfehlungen zur Entwicklung der Waldzustandserfassung und Waldentwicklungsplanung in der Ukraine. In diesem Bericht wird die Methodik einer terrestrischen Betriebsinventur beschrieben, die ggf. als Teilmenge einer nationalen Großrauminventur, vergleichbar mit der Bundeswaldinventur (BWI) in Deutschland, angesehen werden kann. Explizit wird, gerade unter gegenwärtigen und zu erwartenden Rahmenbedingungen der Ukraine (Begehrbarkeit von Waldflächen, Verfügbarkeit von Fachpersonal im Verhältnis zum Umfang der zu leistenden Arbeit, Neuentwicklung des Verfahrens auf dem aktuellen Stand der Technik und des Wissens als zukunftsweisendes Potenzial), auf die herausragende Bedeutung von Methoden der Fernerkundung verwiesen, um Wald- und Waldzustandsinformationen zu generieren und in verhältnismäßig kurzen Abständen, wie dem von REVUTSKYI [2023] angegebenen 5-jährigen Turnus zu aktualisieren. Auf die Beziehungen zur Pflege der Walddatenbank, einschließlich der laufenden Einarbeitung von Vollzugsinformationen der Waldentwicklungsplanung, und des Geodatenportals wurde bereits in diesem Bericht verwiesen. Genauso liegt die Rolle eines „Nationalen Amtes für Waldzustandserfassung (Waldmonitoring) und Waldentwicklungsplanung“ als geodatenhaltende Stelle von originären Waldzustandsdaten auf der Hand.

Nach bisherigen Recherchen kann davon ausgegangen werden, dass es für die Schaffung eines nationalen Waldinformationssystems der Ukraine möglich ist, einen **bestehenden Fernerkundungsdatensatz zu nutzen oder einen solchen zu generieren** und diesen in Beziehung zu einem bestehenden oder zu generierenden **terrestrischen Referenz- bzw. Trainingsdatensatz** zu setzen, um darauf aufbauend flächendeckende **Wald- und Waldzustandsinformationen**, wie zum Beispiel Waldbedeckung, Baumartenzusammensetzung, Altersstraten, Strukturtypen und Vorratskarten) abzuleiten.

Dieses **prinzipielle Vorgehen** trifft genauso auf multispektrale Satellitendaten (Sentinel2) wie 3D- Punktwolken aus Luftbildern zu, die auf der Grundlage von Image

Matching [KIRSCHHÖFER ET AL.2020] weiterverarbeitet werden. Messungen mittels Laserscanning sind entsprechend einzuordnen. Die Beziehung zwischen den terrestrischen Daten und den Fernerkundungsdaten wird durch Nutzung von Modellen beschrieben (multiple lineare Modelle, KNN, **Random Forest**, künstliche Intelligenz etc.).

Für **größere Waldflächen**, was bei der Erfassung und Charakterisierung des Waldfonds der Ukraine der Fall wäre, oder für **größere Forstbetriebe**, wäre eine **rasterbasierte Datenstruktur** zu empfehlen.

Als **räumliche Auflösung** ist 10 x 10 m geeignet. Diese Auflösung entspricht der Verfügbarkeit von **Sentinel 2 – Daten**. Die **hohe zeitliche Auflösung** dieser Daten ermöglicht eine Abschätzung der räumlichen Verteilung von Baumarten, mindestens jedoch von Baumartengruppen. Für die Charakterisierung des nationalen Waldfonds der Ukraine dürfte die Genauigkeit dieser Information ausreichend sein. Genauso ist innerhalb einer Baumart bzw. Baumartengruppe noch eine **grobe Stratenbildung** (Höhenklassen), zum Beispiel entsprechend dem Höhenrahmen nach „Aufwuchs“, „jung“, „alt“ möglich.

Für eine **detailliertere Stratifizierung bzw. Waldzustandsinformationen**, wie Bestandeshöhe, Übershirmungsgrad, Holzvorrat, sind **Informationen zur vertikalen Struktur von Wäldern** notwendig. Für Sachsen besteht dafür die Möglichkeit ein **Oberflächenmodell** alle **2-3 Jahre** aus **Ortholufbildern** oder alle **6 Jahre** aus der landesweiten **Laserscanningbefliegung** zu generieren. Diese **zeitliche Auflösung** würde dem von REVUTSKYI [2023] angestrebten Zyklus für die Aktualisierung von Zustandsinformationen zum Waldfond der Ukraine entsprechen. Darüber hinaus unterscheiden sich beide Verfahren jedoch in der **Durchdringungstiefe von Wald** und damit durch die abgeleiteten **Informationen zur vertikalen Waldstruktur**. Aus der **3D-Punktwolke von Luftbildern** können nur Informationen zur Waldoberflächen und damit zum **Texturmosaik von Wäldern**, zum Beispiel dem Nebeneinander von unterschiedlichen mehr oder weniger homogenen **Wuchsphasen**, durch Störungen oder Nutzungen bedingte „Freiflächen“ etc. abgeleitet werden. Dieser methodische Ansatz würde genügen, um die typischen **Strukturen des Altersklassenwaldes** charakterisieren. Demgegenüber durchdringt das **Laserscanning** den Wald vertikal bis zum Boden oder bis zu einer zweiten Waldschicht. Neben den unmittelbar ableitbaren Informationen zur **vertikalen Waldstruktur**, kann darauf hin die **räumliche Verteilung des Holzvorrates** mit höherer Genauigkeit abgeleitet werden (→ Schätzung von Nutzungspotenzialen, → Analyse von Potenzialveränderungen, Kontrolle des Nutzungsvollzuges, → Kohlenstoffmonitoring). Darüber hinaus ist es möglich grundlegende **Informationen zur Lebensraumstruktur** von Wäldern abzuleiten (→ Monitoring von Waldschutzgebieten). Neben diesen Standardinformationen reicht das **Potenzial dieses methodischen Ansatzes** reicht bis zur **Ableitung von sukzessionstypologischen Straten** oder Vitalitätsveränderungen [vgl. KIRSCHHÖFER ET AL 2020, 2021; WHITE ET AL. 2013].

Die **technische Umsetzung** kann durch Online-Dienste unterstützt werden, die eine umfassende und effektive Datennutzung ermöglichen. Die Bereitstellung öffentlicher Geodaten kann durch „**WebMap Services**“ erfolgen, die nur eine Abbildung (Karte) der Geodaten anbieten. Für weiterreichende Analysen, die einen Zugriff auf die Originaldaten erfordern, bieten Datendienste, wie zum Beispiel „**Web-Coverage Services**“ entsprechende Möglichkeiten. Ein maßgeblicher **Vorteil von WMS und WCS** ist das hohe Maß der **Standardisierung** und deren **weite Verbreitung**.

Fazit: Um den Waldfond der Ukraine zu charakterisieren und dafür rationell, in verhältnismäßig kurzer Zeit und mit leistbarem Aufwand die notwendige Datenbasis zu schaffen, müssen **Methoden der Fernerkundung und insbesondere Laserscanning** hervorgehoben werden. Ein mit terrestrischen Methoden zu erstellender **Referenzdatensatz** (Trainingsdatensatz) kann aus der **nationalen Waldinventur oder aus Betriebsinventuren** erstellt werden, die sich auf die begehbare Waldfläche beziehen. Um ein in hohem Maße an den Möglichkeiten der Fernerkundung ausgerichtetes Verfahren zur Erfassung und Charakterisierung des Waldfonds zu etablieren wird empfohlen den **Befliegungsturnus weitgehend mit dem Zyklus der Waldzustandserfassung und Waldentwicklungsplanung für größere räumliche Einheiten** (zum Beispiel Forstbetriebe) zu **synchronisieren**.

2.4.2 Methodischer Ansatz

Ableitung von Oberflächenmodellen

Wie zuvor dargestellt, basiert die Erfassung von **forstlichen Strukturdaten** auf Primärdaten, die aus **digitalisierten Oberflächenmodellen** bzw. **normalisierte Oberflächenmodellen** abgeleitet werden können. Grundlage für den erforderlichen Primärdatensatz sind Ortholuftbilder oder Satellitenaufnahmen (Sentinel2). Hochgenaue (Referenz-)Aufnahmen liefern digitale Geländemodelle auf der Grundlage des **Laserscannings**, die in der BRD bzw. in deren Bundesländern von den **Landesvermessungsämtern** bereitgestellt werden.

Hauptarbeitsschritte sind das **Image Matching**, das Messen von Oberflächenhöhen aus digitalen, sich überlappenden Luftbildern (3D-Punktwolke). Der Prozess kann automatisiert mit den Softwareprodukten „SURE“ (Firma nFrames) oder „MATCH-T DMS“ (Firma Trimble) durchgeführt werden. Das Ergebnis ist eine dreidimensionale Punktwolke. Mit der nachfolgenden **Filterung** werden Punkte aus der Punktwolke gelöscht, die nach ihrem Höhenabstand zum Gelände oder wegen ihrer isolierten Lage als fehlerhaft eingestuft werden können. Als Referenz für diesen Prozess ist ein hochgenaues digitales Geländemodell erforderlich (räumliche Auflösung 1 m), welches durch die Landesvermessungsämter bereitgestellt wird. Dieses Geländemodell wird auch dafür genutzt, die aus der 3D-Punktwolke ein **normalisiertes** digitales Höhenmodell zu erzeugen. Im Zuge der nachfolgenden **Rasterung** (TIFF) erfolgt die räumliche Auflösung der Punktwolke (1m). Kleinere Datenlücken werden interpoliert. Größere Datenlücken werden durch „No Data“-Pixel aufgefüllt. Auf der Grundlage des normalisierten digitalen Oberflächenmodells kann eine Waldhöhenstrukturkarte erstellt werden. Weitere Nutzungsmöglichkeiten

sind die Modellierung des Holzvorrates und der Biomasse, worauf nachfolgend eingegangen wird.

Ableitung von Holzvorrat und Oberirdischer Biomasse

Holzvorrat und oberirdische Biomasse sind Schlüsselinformationen für ressortpolitische und forstbetriebliche Strategien und Managementprozesse mit unmittelbarem Bezug zur nationalen und europäischen Klimapolitik (Status und Dynamik der C-Bindung in Waldökosystemen). Terrestrische Verfahren zur Ermittlung dieser Parameter werden der gegenwärtigen Dynamik der Veränderungsprozesse von Wäldern nur noch bedingt gerecht. Die limitierte Ressourcenverfügbarkeit (qualifiziertes Personal, Zeit, Finanzen) bei gleichzeitig hohem ressortpolitischen und forstbetrieblichen Druck auf die Bereitstellung derartiger **aktueller** Informationen, führen zu einem erheblichen Rationalisierungsdruck. Dieser wird in der Ukraine noch durch die in erheblichem Maße eingeschränkte Begehrbarkeit der Waldfläche verschärft.

Um die Informationen zum Holzvorrat und zur oberirdischen Biomasse modellieren zu können ist die Zusammenführung der Daten aus dem normalisierten digitalen Oberflächenmodell mit Baumartenkarten und Standortdaten erforderlich.

Als Grundlage für die Modellierung wird **Random Forest** genutzt, wobei Daten aus verschiedenen Quellen integriert werden. **Das Verfahren ist flexibel**, das heißt in Abhängigkeit von der Datenverfügbarkeit erweiterbar oder reduzierbar. Neben den grundlegenden Informationen zur Struktur von Wäldern aus dem normalisierten digitalen Oberflächenmodell (nDOM), werden somit weitere erklärende Variable wie zum Beispiel Baumartenzusammensetzung, Boden, Klima, Topografie in die Modellierung einbezogen. Dafür sind entsprechende Ableitungen erforderlich, da diese Daten in der Regel in einer Form vorliegen, die nicht unmittelbar für die Modellierung genutzt werden kann.

Daten zu **Boden** und **Klima** können aus frei zugänglichen Quellen (→ Geoportal) verwendet werden. Daten zur **Topografie**, digitales Geländemodell mit 1m horizontaler Auflösung, können beim Landesvermessungsamt bezogen werden. Daten zur **Baumartenzusammensetzung** sind aus Sentinel- 2-Satellitendaten mit hinreichender Genauigkeit (mindestens auf der Basis von Baumartengruppen) generierbar.

Wie an anderen Stellen mehrfach betont, sind **terrestrische Referenzdatensätze aus forstlichen Inventuren** erforderlich, um die Modelle für die Schätzung von Holzvorrat und Biomasse zu trainieren und zu validieren. Tendenziell zeichnet sich ab, dass eine **Schlüsselfunktion von terrestrischen forstlichen Inventuren** in der Bereitstellung von repräsentativen Trainingsdatensätzen bestehen wird, um Methoden der Fernerkundung für die Ableitung von Waldzustandsinformationen nutzen zu können.

Die **Hauptarbeitsschritte des Verfahrens zur Schätzung des Holzvorrates und der oberirdischen Biomasse** werden im Folgenden grob zusammengefasst, da diese für

die Etablierung eines fernerkundungsbasierten Verfahrens zur Charakterisierung des nationalen Waldfonds der Ukraine relevant sein könnten.

1. **Ableitung von Biomasse und Holzvorrat** pro Stichprobenpunkt der forstlichen Inventurdaten, einzelbaum- und probeflächenbezogen
2. **Ableitung von Strukturmetriken** aus normalisierten Oberflächenmodelle
 - Strukturmetriken pro 20x20m Pixel: mittlere und maximale Höhe des nDOM, 75. und 95. Von Bäumen >6 m bzw. >20 m Höhe
 - Datenprozessierung mittels Python-Skript unter Verwendung von LAStools
3. **Ableitung von Topographiemetriken** aus dem digitalen Geländemodell mit 1 m horizontaler Auflösung
 - Berechnung der mittleren Geländehöhe und der Standardabweichung der Höhenwerte des DGM 1m pro 20x20 m Pixel
 - Datenprozessierung mittels LAStools
4. **Aufbereitung von Klimadaten zu Niederschlag und Temperatur** (nationaler meteorologischer Dienst)
 - Resampling und Projektion der Daten
 - Datenprozessierung mit GIS-Software (zum Beispiel ArcGIS)
5. **Aufbereitung von Bodendaten**
 - Berechnung von Bodenkennwerten (potenzielle Kationenaustauschkapazität, nutzbare Feldkapazität, Stickstoffvorrat)
 - Resampling und Projektion der Daten
 - Datenprozessierung mittels eines R-Skriptes
6. **Aufbereitung der Baumartenkarte**
 - Resampling und Projektion der Daten
 - Datenprozessierung mittels GIS-Software (zum Beispiel ArcGIS)
7. **Modellierung, Erstellung von Holzvorrats- und Biomassekarten**
 - Einlesen und Verschneiden der Rasterdaten und der Referenzdaten
 - Erstellung eines Random Forest Modells
 - Flächendeckende Modellierung von Holzvorrat und Biomasse
 - Ausgabe von Holzvorrats- und Biomassekarten

Fazit: Methoden der Fernerkundung können in Verbindung mit einem terrestrischen Referenzdatensatz und der Integration von weiteren erklärenden Variablen zu einem Verfahren zusammengeführt werden, welches geeignet ist **relevante Informationen zum Waldfond der Ukraine** abzuleiten und diese mit **vertretbarem Aufwand und akzeptabler Qualität in einer zeitlichen Auflösung von 5 Jahren** zu aktualisieren. Die **notwendigen Daten** sollten auch in der Ukraine **weitgehend frei**

verfügbar sein. Die **abgeleiteten Informationen** sind von hohem Interesse für die **Ressortpolitik, die nationale wie europäische Umweltpolitik, das Management von Forstbetrieben** und deren **Kontrolle durch unabhängige staatliche Behörden** sowie **von hohem öffentlichen Interesse**. Sie entsprechen Themen der **INSPIRE-Richtlinie** der EU.

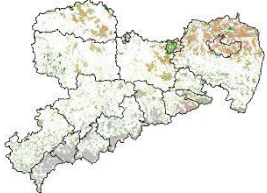

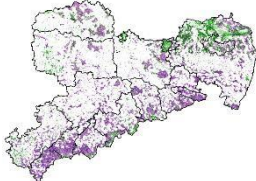

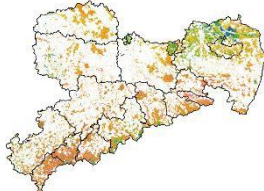
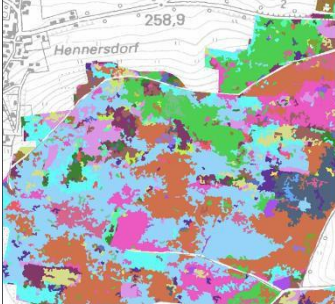
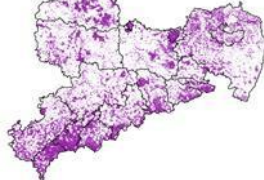
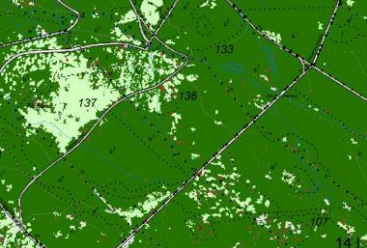
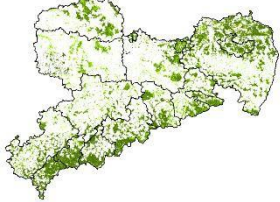

2.4.3 Beispiel „Gesamtwaldprojekt Sachsen“

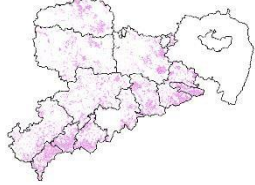
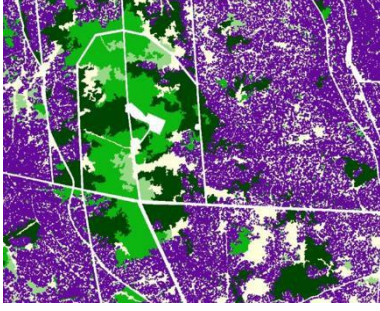
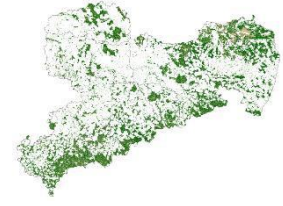
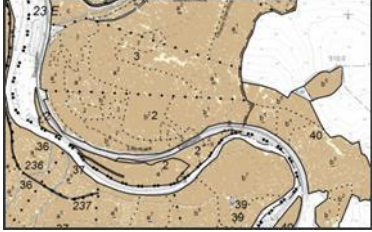

Um den Bedarf an aktuellen Waldzustandsinformationen für den Gesamtwald Sachsens zu befriedigen, wurden zwischen 2011 und 2021 diese semiautomatisiert aus Fernerkundungsdaten abgeleitet. Das Verfahren wurde gemeinsam von Sachsenforst, Kompetenzzentrum für Wald und Forstwirtschaft (KWuF), Fachbereich GIS, Kartographie, Vermessung, Fernerkundung und den privaten Firmen Digitale Dienste Berlin und Luftbild Umwelt Planung Potsdam im Pilotprojekt 2011/12 entwickelt und im Rahmen der weiteren Projektbearbeitungen ständig vervollkommenet. In Abhängigkeit von den jeweils verfügbaren Daten wurden die Projektergebnisse weiterentwickelt.

Die Grundlage der Auswertungen bildeten die vom Staatsbetrieb für Geobasisinformation und Vermessung Sachsen (GeoSN) kostenfrei zur Verfügung stehenden amtlichen Luftbilddaten, Orthobilddaten, Laserdaten, Daten Digitaler Geländemodelle (DGM), Digitaler Oberflächenmodelle (DOM) und das daraus berechneten Vegetationshöhenmodelle (VHM). In Abhängigkeit vom Bearbeitungszeitpunkt wurden Daten der Jahre 2008 bis 2021 in die Auswertungen einbezogen. Aufgrund der ausgeprägten Schadereignisse seit dem 2018, insbesondere in Folge von Borkenkäferbefall an Fichte und Kiefer, reichte die Aktualität der bislang im Abstand von 3 Jahren vom GeoSN bereitgestellten Daten nicht mehr aus. Deshalb wurden die zeitlich hochaufgelösten Sentinel-2-Daten in die Auswerteprozesse mit einbezogen, um im Ergebnis aktuelle und fachlich gesicherte Informationen bereitstellen zu können.

Gegenwärtig wird die Nutzung dieser Informationen über das Waldinformationssystem von Sachsenforst und das Geoportal Sachsen hinausgehend auf die Weiterentwicklung des Forsteinrichtungsverfahrens und die Einbeziehung von Themen des Natur- und Umweltschutzes in das Waldmonitoring und die Waldentwicklungsplanung ausgeweitet. Von den angestrebten Entwicklungsleistungen könnte bei Bedarf auch die Ukraine partizipieren (aktuelle Verfahrensanleitung vgl. Anlage 1).

Folgende Waldzustandsparameter wurden abgeleitet:

Waldzustandsparameter	Layer, Abdeckung	Beispielsabbildung	Legende
Baumarten-gruppen	wz_ba_2011_2021_f 		<p>Baumartengruppe</p> <ul style="list-style-type: none"> Fichte Kiefer Linde reine Buchenwälder Einzelreife Buche Buche reine Fichtenwälder Buche Buche reine Buchenwälder Buche Buche Buche Buche Buche Blöße
Baumhöhen-klassen	wz_wuchskl_2011_2021_f 		<p>Baumhöhenklasse</p> <ul style="list-style-type: none"> < 2m 2m bis < 6m 6m bis < 10m 10m bis < 13m 13m bis < 15m 15m bis < 18m 18m bis < 21m 21m bis < 26m 26m bis < 30m >= 30m Blöße
Bestandes-höhe	wz_besthoe_2011_2021_f 		<ul style="list-style-type: none"> 0 - 1 > 1 - 2 > 2 - 3 > 3 - 4 > 4 - 5 > 5 - 6 > 6 - 7 > 7 - 8 > 8 - 9 > 9 - 10 > 10 - 11 > 11 - 12 > 12 - 13 > 13 - 14 > 14 - 15 > 15 - 16 > 16 - 17 > 17 - 18 > 18 - 19 > 19 - 20 > 20 - 21 > 21 - 22 > 22 - 23 > 23 - 24 > 24 - 25 > 25 - 26 > 26 - 27 > 27 - 28 > 28 - 42
einzelne Bäume oder Baumgruppen (Überhälter)	wz_ueberhalt_2011_2021_1_p/~_f 		<p>Überhälter</p> <ul style="list-style-type: none"> BL LBH NDH
Holzarten, Differenzierung Laubwald/ Nadelwald	wz_ba_2011_2021_f 		<ul style="list-style-type: none"> BL LBH NDH

<p>Informationen zur Schichtung, Baumhöhenklassen</p> <p>2.Schicht bei Wuchsklasse Baumholz</p>	 <p>wz_schicht_2018_2021_f</p>		<p>Baumhöhenklasse</p> <ul style="list-style-type: none"> < 2m 2m bis < 6m 6m bis < 10m 10m bis < 13m 13m bis < 15m 15m bis < 18m 18m bis < 21m 21m bis < 26m 26m bis < 30m >= 30m BlöÙe
<p>Überschirmungen</p>	 <p>wz_schirm_2011_2021</p>		
<p>Waldflächenzugänge, Waldflächenabgänge</p>	<p>wz_wald_2011_2021_f</p>		
<p>Waldstrukturklassen (Baumhöhen in 3m-Stufen)</p>	<p>wz_raster_bhkl.tif</p>		

3. Zusammenfassung

Mit der vorausgehenden Expertise soll die Entwicklung eines nationalen Waldinformationssystems („Waldkatasters“) für die Ukraine mit Bezug zum nationalen Geodatenportal und einer nationalen Geodateninfrastruktur unterstützt werden. Grundlage dafür war der Bericht von REVUTSKYI [2023]. Von diesem und der aktuellen Situation in Sachsen, BRD, sowie deren Entwicklungstendenzen ausgehend wurde die Thematik aus rechtlicher, administrativer und fachlicher Perspektive erörtert. Darauf aufbauend wurden Empfehlungen für die Entwicklung in der Ukraine abgeleitet.

Verweise und Anlagen ermöglichen mit Bezug zu relevanten thematischen Schwerpunkten einen vertiefenden inhaltlichen und methodischen Einblick. Abschließend wird als Beispiel ein Überblick zum so genannten „Gesamtwaldprojekt“ Sachsen gegeben, welches alle Formen des Waldeigentums einbezieht und vor mehr als 10 Jahren, 2011, wegen einer kritischen Daten- und Informationslage, insbesondere für den Nichtstaatswald, initiiert worden war. Auf der Grundlage dieses Projektes wird am Beispiel des Landes Sachsen anhand von Kartendarstellungen ein „abschließender“ Überblick zu den erreichbaren Ergebnissen vermittelt.

4. Erhebung von Waldzustandsdaten mit Methoden der Fernerkundung für den Gesamtwald Sachsens

Im Auftrag des Staatsbetriebs Sachsenforst wurde ein Verfahren entwickelt, mit dessen Hilfe ein ausreichendes Minimum an Waldzustandsinformationen für den Gesamtwald Sachsens aus Daten der Fernerkundung automatisiert erfasst werden kann.

1. Hintergrund

Die Beratung privater Waldbesitzer ist gesetzlicher Auftrag des Staatsbetriebs Sachsenforst (§ 49 SächsWaldG). Voraussetzung für eine fachlich fundierte Beratung ist die Kenntnis über die natürlichen Gegebenheiten einschließlich forstlich relevanter Bestandsdaten. Während im ab 1993 neu eingerichteten Landes- und Körperschaftswald entsprechende Daten auf der Bestandsfläche vorliegen, fehlte eine derartige Grundlage für den Privatwald. Demnach fehlten den Revierleitern im Privatwald aktuelle Bestandsdaten, die das Waldbesitzerverzeichnis als zentrales Arbeitsmittel der Arbeit im Privatwald ergänzen. Die Mehrheit der Revierleiter nutzte die ca. 35 Jahre alten Waldzustandsdaten des Waldinformationssystems Sachsens (WIS, konvertierter Datenspeicher Waldfonds (DSWF) der ehemaligen DDR) zur Arbeitsvorbereitung bei der Beratung von Privatwaldbesitzern ständig.

Für einen hohen Prozentsatz von Waldflächen wurden in den letzten 35 Jahren für den Privatwald keinerlei Waldzustandsdaten mehr im WIS (Waldinformationssystem) erfasst. Eine Ausnahme bildet das landesweite Waldflächenerfassungsprojekt FIGO 2005/ 2006. Hier wurden von den Revierleitern vor allem Erstaufforstungen und Sukzessionsflächen auf Luftbildkarten erfasst und vor Ort die Baumart, das Alter und die Wuchsklasse der Flächen erhoben.

Die vorhandenen Bestandsdaten sicherten nur noch ein eingeschränktes Arbeiten auf der Fläche. So ist keine Auswahl von Beratungsschwerpunkten und für Inventuren mehr möglich. Veränderungen, die in der Baumartenzusammensetzung, der Bestandsstruktur, in den Oberhöhen und Schlussgraden stattgefunden haben, lassen keine Schlüsse mehr auf Pflegenotwendigkeiten, Pflegemöglichkeiten sowie Potentiale zur Holznutzung zu. Aufgrund der großen Reviergrößen im Privatwald und dem damit verbundenen Zeitaufwand für Fahrten im Revier kommt einer optimalen Arbeitsvorbereitung für die gesetzlich vorgesehene Beratung von Privatwaldbesitzern eine entscheidende Bedeutung zu.

Neben dem geplanten Einsatz der Daten in der forstlichen Praxis besteht Bedarf seitens der Fachreferate des Kompetenzzentrums für Wald und Forstwirtschaft sowie der Oberen Forst- und Jagdbehörde.

Einsatzgebiete sind hier vor allem

- Waldflächenerfassung, z.B.
 - zur qualitativen Verbesserung der einzurichtenden Fläche

- o zur Abgrenzung der kartierungsrelevanten Fläche
- o für die Standortkartierung
- o für die Waldflächenstatistik
- Forstbetriebliche Steuerung
- Standorts-/ Leistungsmodellierung
- Erstellung von Waldstrukturkarten als Unterstützung beim Planungsbegang der Forsteinrichtung, Überblick über Durchmischung der Bestände und Höhenstruktur der Bestände
- Unterstützung der Beratung im Privat- und Körperschaftswald
- Waldschutz: vor allem Lokalisierung der Fichten im Untersuchungsgebiet, Risikoabschätzungen von Borkenkäferbefall
- Abgrenzung der Bodenschutzkalkungsfläche
- FFH-Monitoring (Abgrenzung von Entwicklungsstadien und Durchführung von Habitatstrukturanalysen).

Im Rahmen von Pilotprojekten wurden für die Forstbezirke Marienberg, Oberlausitz und Biosphärenreservat Oberlausitzer Heide- und Teichlandschaften Verfahren entwickelt, in denen sowohl die Spektral- und Texturinformationen als auch die Baumhöheninformationen von Fernerkundungsdaten (vorrangig digitale RGBI-Luftbilddaten, Digitale RGBI-Orthobilddaten, Lidardaten) bzw. deren Auswerteergebnisse zur (halb)-automatisierten Ableitung von Waldstruktur- und Waldzustandparametern genutzt werden. Die entwickelten Modelle wurden im Rahmen der sachsenweiten Bearbeitung weiter konsolidiert.

Abgeleitet wurden die Parameter

- Waldflächenzu- und -abgänge
- beschirmte/unbeschirmte Fläche
- Wuchsklassen, Baumhöhenklassen
- Baumartengruppen
- Überhälter
- Baumhöhenklassen in Kronendachlücken von Baumholzflächen (Schichtigkeit).

Es wurde ein sachsenweiter eigentumsübergreifender Datensatz mit Informationen über die Baumartenverteilung, Wuchsklassen- Baumhöhenklassenverteilung bezogen auf eine einheitliche Bezugsbasis aufgebaut, der für die genannten unterschiedlichen Einsatzgebiete genutzt werden kann.

Die positive Resonanz der Nutzer, Forstbezirksleitungen und Revierleiter der Forstbezirke, belegen, dass die Informationstiefe und die Struktur der im Ergebnis der Projekte ausgelieferten Daten für praktische Zwecke prinzipiell ausreichend sind.

2. Ausgangsdaten

Um die Übertragbarkeit der entwickelten methodischen Vorgehensweise auf andere Gebiete in Sachsen zu gewährleisten, wurden für die Untersuchungen möglichst Fachinformationen und Geodaten genutzt, die Sachsenforst landesweit und flächendeckend zur Verfügung stehen und auch in den Pilotprojekten genutzt wurden.

In die Untersuchungen wurden dem entsprechend folgende Ausgangsdaten einbezogen:

- Digitale RGBI-Orthobilddaten (0,2 m Bodenauflösung, 8 Bit)
- digitale RGBI-Luftbilddaten (0,2 m Bodenauflösung, 16 Bit)
- je nach Verfügbarkeit Digitales Geländemodell ATKIS-DGM1 bzw. ATKIS-DGM2
- je nach Verfügbarkeit Digitales Oberflächenmodell DOM1 bzw. Digitales Oberflächenmodell DOM2 und die aus DOM und DGM berechneten Vegetationshöhenmodelle (normierte Oberflächenmodelle nDOM)
- Daten des Forstlichen Geographischen Informationssystems Sachsen (FGIS)
 - digitale Forstgrundkarte (Waldeinteilung Gesamtwald)
 - digitale Standortskarte (Standortsinformationen für den Gesamtwald)
 - Daten der Biotoptypenkartierung (BTLNK)
 - Daten des Waldinformationssystems Sachsen WIS (Walddatenbank, Parameter Alter, Baumart, Mischungsform, Höhe, Wuchsklasse und Bestandsschluss).

Zur Qualifizierung der Baumartendifferenzierung wurden zusätzlich Sentinel-2-Daten einbezogen, die im Rahmen des Copernicus-Programmes den Behörden kostenfrei zur Verfügung stehen.

2. Methodisches Vorgehen

Die Abbildung 1 gibt einen schematischen Überblick über den generellen Verfahrensablauf.

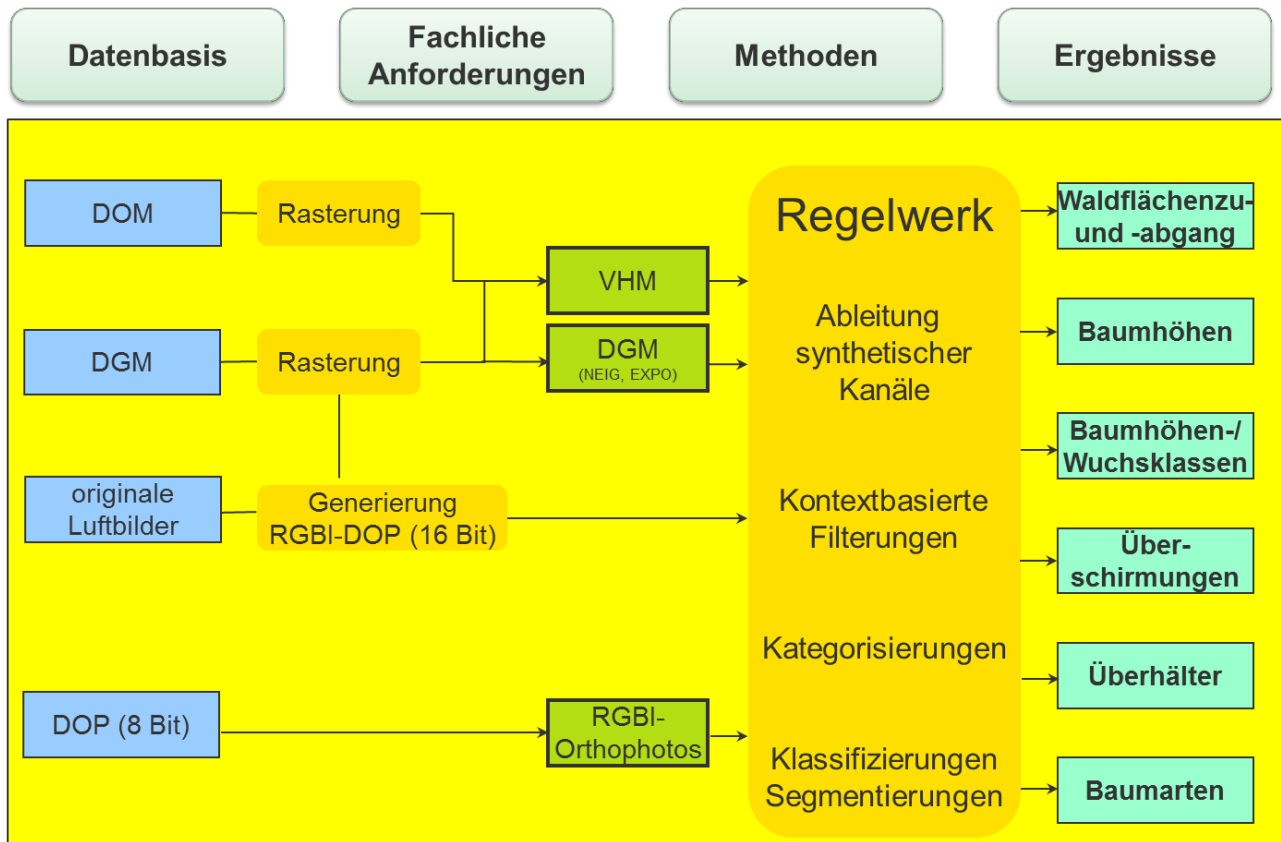


Abb. 1: Verfahrensablauf zur Erfassung von Waldzustandsdaten mit Methoden der Fernerkundung

3.1 Wald-/Nichtwaldtrennung

Gemäß Sächsischem 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).

Um eine Abgrenzung von anderen baumbestockten Flächen zu treffen, sind unter anderem Mindestflächengrößen und Mindestbreiten zu berücksichtigen.

Diese werden für die (Neu-)Kartierung von potenziellen Waldflächen in Anlehnung an die Arbeitsanleitung zur bestandesweisen Zustandserfassung und Planung (AA WAB; STAATSBETRIEB SACHSENFORST, 2011) festgelegt.

Für die Verdachtsflächenkartierung von Waldabgängen und Waldzugängen wurde ein zweistufiges Verfahren entwickelt:

1. automatisierte Vorkartierung
2. manuelle Nachkartierung

3.1.1 Automatisierte Vorkartierung von Verdachtsflächen

Hierbei werden aus den Vegetationshöheninformationen des nDOM (Vegetationshöhenmodell) potenzielle Waldflächen(-verluste) abgeleitet und segmentiert, diese in Regelwerken mit anderen Geodaten verknüpft und Verdachtsflächen als Zwischenergebnisse gespeichert. Für die großräumige Lokalisierung von Verdachtsflächen, die aufgrund verschiedener Kriterien auf Waldabgänge oder auf Waldzugänge hindeuten, wurden in einem ersten Schritt zwei Suchräume festgelegt. Mit Fachinformationen und weiteren Geodaten wurde das gesamte Bearbeitungsgebiet in die Kategorien „Wald“ bzw. „Holzboden“, „Nichtwald“ und „Suchraum Waldzugang“ aufgeteilt. Dies verkleinert einerseits die zu analysierende Fläche und minimiert andererseits grobe Fehlkartierungen.

Zur Beschreibung der baumbestockten Flächen wurden die Daten des normierten Oberflächenmodells kontextbasiert gefiltert und aggregiert. Diese werden mit den gebildeten Suchräumen bzw. Geodaten in Regelwerken verknüpft. Neben den Vegetationshöhen verbleiben wenige Objekte, die aber im weiteren Auswertungsprozess durch Zusatzinformationen weitestgehend automatisch eliminiert werden können.

Waldabgänge

Die Lokalisierung von potenziellen Waldabgängen kann ausschließlich durch die Analyse der Holzbodenfläche erfolgen. Dieser Suchraum ist mit den bereitgestellten FGIS-Daten vorgegeben. Die Forstgrunddaten werden entsprechend gerastert und kategorisiert (Holzboden, Nichtholzboden). Größere Bestandeslücken, Auflichtungen und Vernichtungen sowie waldbauliche Tätigkeiten führen bei automatisierten Kartierungen von Waldabgängen auf der Grundlage von Fernerkundungsdaten zwangsläufig zu Fehlkartierungen. Ferner führen geringfügige geometrische Abweichungen zwischen Forstgrunddaten und der in Fernerkundungsdaten abgebildeten Überschilderung zu Pseudo-Veränderungen. Durch die Einführung von Mindestflächengrößen werden kompakte Segmente als

Verdachtsflächen selektiert. Diese Flächen wurden im Rahmen der manuellen Nachkartierung geprüft.

Waldzugänge

Für die großräumige Kartierung von potenziellen Waldzugängen wurde zunächst der Suchraum eingegrenzt und solche Gebiete zu separieren, in denen aufgrund von baumbestockten Flächen mit erheblichen Fehlkartierungen zu rechnen ist. Hierzu werden ATKIS- und BTLNK- Daten genutzt.

Einbindung von ATKIS-Daten

ATKIS-Daten werden zur Vermeidung von Fehlkartierungen (z.B. Friedhöfen, Parks, Kleingartensiedlungen) genutzt.

Einbindung der BTLNK

Die Haupt- bzw. Untergruppen der BTLNK werden den drei Kategorien „Wald“, „Nichtwald“, sowie „Suchraum Waldzugang“ zugeordnet:

- Die Kategorie „Nichtwald“ vereint alle baumbestockten Flächen, die gemäß Waldgesetz nicht als Wald gelten.
- In der Kategorie „Suchraum Wald“ werden solche Flächen zusammengeführt, auf denen üblicherweise Waldzugänge aufgrund von Aufforstungsmaßnahmen und Sukzessionen zu erwarten sind (z. B. Acker und Grünland, Braunkohlentagebau).
- Die Kategorie „Wald“ entspricht der Hauptgruppe „Wälder und Forsten“.

Für die Lokalisierung von Verdachtsflächen „Waldzugang“ sind zwei Fälle zu unterscheiden:

• Waldrandnahe Zugänge:

Es handelt sich um Erweiterungen der bestockten Flächen, sodass Mindestflächengrößen für Waldgebiete hier nicht angewendet werden können. Auf Fernerkundungsdaten beruhende Abgrenzungen von bestockten Flächen passen aber aufgrund der Überschilderungssituation nicht exakt mit der Waldeinteilung von digitalen FGK bzw. der Geometrien überein (Bestandesgrenzen und Waldaußengrenzen). Um unmittelbar an die Holzbodenflächen angrenzende Waldzugänge zu lokalisieren und von solchen Pseudo-Veränderungen zu unterscheiden, sind entsprechende Bereiche zu filtern bzw. zu puffern.

• Waldzugänge im Offenland

Für das Auffinden von (Neu-)Aufforstungen und Sukzessionsflächen im ferneren Waldaußenbereich, insbesondere innerhalb der landwirtschaftlichen Nutzfläche oder in Bergbaufolgelandschaften, ggf. auch auf Truppenübungsplätzen, werden Mindestflächengrößen und Mindestflächengrößen berücksichtigt.

Für die Erfassung der beschriebenen Ausprägungen möglicher Waldflächenzuwüchse werden die zugrundeliegenden Fachinformationen, Fernerkundungsdaten und Geodaten in Regelwerken, erneut unter Verwendung ModelMaker-Moduls von ERDAS IMAGINE, verknüpft.

Ergebnisse der automatisierten Vorkartierung Waldzugang

Innerhalb des landwirtschaftlich geprägten Suchraums sind Waldinseln bzw. Aufforstungsflächen als potenzielle Zugangsflächen sehr verlässlich abgrenzbar. Die in der BTLNK ausgewiesenen Erstaufforstungsflächen sind mittels nDOM-Daten zumeist gut überprüfbar. Die Selektion von waldrandnahen Zuwachsflächen wird an zahlreiche Bedingungen geknüpft, um Fehlkartierungen wegen Pseudo-Veränderungen zu verringern. Die verbliebenen Verdachtsflächen sind zum einen, insbesondere in Gebieten mit hohem Privatwaldanteil, auf Aktualitätsdefizite der Forstgrunddaten zurückzuführen. Zum anderen kann es sich auch um Geometriefehler der Forstgrunddaten handeln.

Ergebnisse der automatisierten Vorkartierung „Waldabgang“

Im Rahmen der Verdachtsflächenvorkartierung werden nahezu alle Waldabgänge lokalisiert. Da neben Höheninformationen des nDOM keine weiteren Flächeninformationen vorliegen, die Datenlage zudem multitemporale Vergleiche nicht zulässt, ist eine sichere Trennung zu aufgelichteten Beständen oder zu Holzeinschlägen nicht möglich. Es resultiert somit eine Überschätzung der Flächenabgänge.

Durch die Einführung von Mindestflächengrößen einerseits und Kontextfilterungen andererseits kann die Anzahl der im Rahmen der manuellen Nachkartierung zu kontrollierenden Flächen erheblich reduziert werden. Zur Beschleunigung der Überprüfungen werden zunächst alle Verdachtsflächen als „Wald“ kodiert, so dass im Rahmen der visuellen Luftbildinterpretation viele waldbaulich bedingte Auflichtungsflächen nicht bearbeitet werden müssen.

Die Abgangsflächen werden vektorisiert bzw. an die Forstgrunddaten angepasst.

3.1.2 Manuelle Nachkartierung von Verdachtsflächen

Die Vorkartierungsergebnisse werden am Bildschirm kontrolliert und manuell in die Forstgrunddaten digitalisiert.

Neben den bereitgestellten Forstgrunddaten werden aktuelle Höheninformationen aus dem nDOM (Vegetationshöhe), Biotop- und Landnutzungsinformationen aus BTLNK und ATKIS sowie den DOPs (v. a. manuelle Nachkartierung) eingebunden. Die Vektordaten der BTLNK und des ATKIS werden hierzu vorab gerastet und entsprechend kodiert. Die Ergebnisse der automatisierten Vorkartierungen ermöglichen eine zügige Bearbeitung des Untersuchungsgebietes, da nur die vorselektierten Flächen innerhalb der Forstgrunddaten (Abgang) bzw. des Suchraumes (Zuwachs) überprüft werden müssen.

Für die manuelle Nachkartierung von Waldzugang und -abgang werden die folgenden Daten verwendet:

- Ergebnis der automatisierten Vorkartierung,
- digitale RGBI-Orthophotos,
- normiertes Oberflächenmodell (nDOM),
- Forstgrunddaten mit WIS-Informationen.

Diese müssen am Bildschirm für die visuellen Kontrollen überlagert bzw. eingespielt. Im Rahmen der visuellen Interpretationen sind die unterschiedlichen Aufnahmezeitpunkte der Luftbilddaten und der Lidardaten zu berücksichtigen.

Verdachtsflächen Waldzugang

Die automatisch erstellten Verdachtsflächen müssen bei Bedarf durch den Luftbildinterpreten erweitert bzw. an die Forstgrunddaten angepasst werden. Die Verdachtsflächen „Waldzugang“ werden im Datenmodell als „Zugang“ gekennzeichnet. Die bestehende Holzbodenfläche wird mit diesen neuen potenziellen Waldflächen zusammengeführt.

Diese Gesamtfläche entspricht der neuen Analysefläche, für die alle nachfolgenden Waldzustandsparameter berechnet werden.

Verdachtsflächen Waldabgang

Die automatisch erstellten Verdachtsflächen müssen durch den Luftbildinterpreten kontrolliert und gegebenenfalls korrigiert werden. Die Verdachtsflächen „Waldabgang“ werden Datenmodellkonform als „Abgang“ gekennzeichnet.

Die im Ergebnis der Wald-/Nichtwaldtrennung separierte Holzbodenfläche ist mit dem vorliegenden Forstgrunddaten-Shapefile abzugleichen. Festgestellte potentielle Waldzugänge (Erstaufforstungen, Sukzessionsflächen, bislang nicht in der Forstgrundkarte erfasster Wald) sowie Waldabgänge sind digital zu erfassen, gesondert auszuweisen und bei der weiteren Auswertung zu berücksichtigen.

3.2 Überschilderung, Art der Beschirmung

Auf Basis der Lidar- und digitalen Orthobilddaten wurden die beschirmten und unbeschirmten (Lücken) Flächen separiert. Ziel der Erfassung war eine horizontale Differenzierung des Oberstands von Beständen. Eine Differenzierung für Zwischenstand oder Unterstand wurde nicht angestrebt und ist mit den verfügbaren Daten auch nicht realisierbar.

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 wird 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 Oberflächenmodellen schwierig. Deshalb wird nicht zwischen Anwuchs und unbeschirmten Bestandesteilen unterschieden.

Die Unterscheidung der Kategorien „beschirmt“ und „unbeschirmt“ umfasst folgende Arbeitsschritte:

- Abgrenzung von beschirmten Bestandesteilen aufgrund von Höhenwerten

- Abgrenzung von ungeschützten Bestandesteilen aufgrund von Höhenwerten
- Abgrenzung von ungeschützten Bestandesteilen im lokalen Kontext
- Einbindung der Kartierungsergebnisse „Überhälter / Einzelbäume“

Entsprechende Baumkronen werden mittels spezieller Analysen kartiert. Deren Verteilung dient insbesondere der verbesserten Erfassung der geschützten Fläche von auf- gelichteten Baumholzbeständen. Die vollständig automatisierte Kartierung kann mit einem SML-Modell umgesetzt werden.

3.3 Bestandeshöhe

Um eine Verwechslung mit den abzuleitenden Höheninformationen bzw. mit der Nomenklatur der Forsteinrichtung zu vermeiden, wurde der Begriff „Bestandeshöhe aus Laser-/Luftbilddaten“ eingeführt. Diese Höhenschätzung bezieht sich nicht auf Befundeinheiten der Forsteinrichtung. Vielmehr dienen als Bezugsflächen kleinere hinsichtlich ihrer Höhe weitgehend homogene Einheiten, die aus Fernerkundungsdaten-generierten Oberflächenmodellen abgeleitet wurden. Für die Verfahrensentwicklung werden hierzu die Flächen der Baumhöhenklassifizierung ausgewählt.

Die Abbildung 2 stellt den Verfahrensablauf schematisch dar.

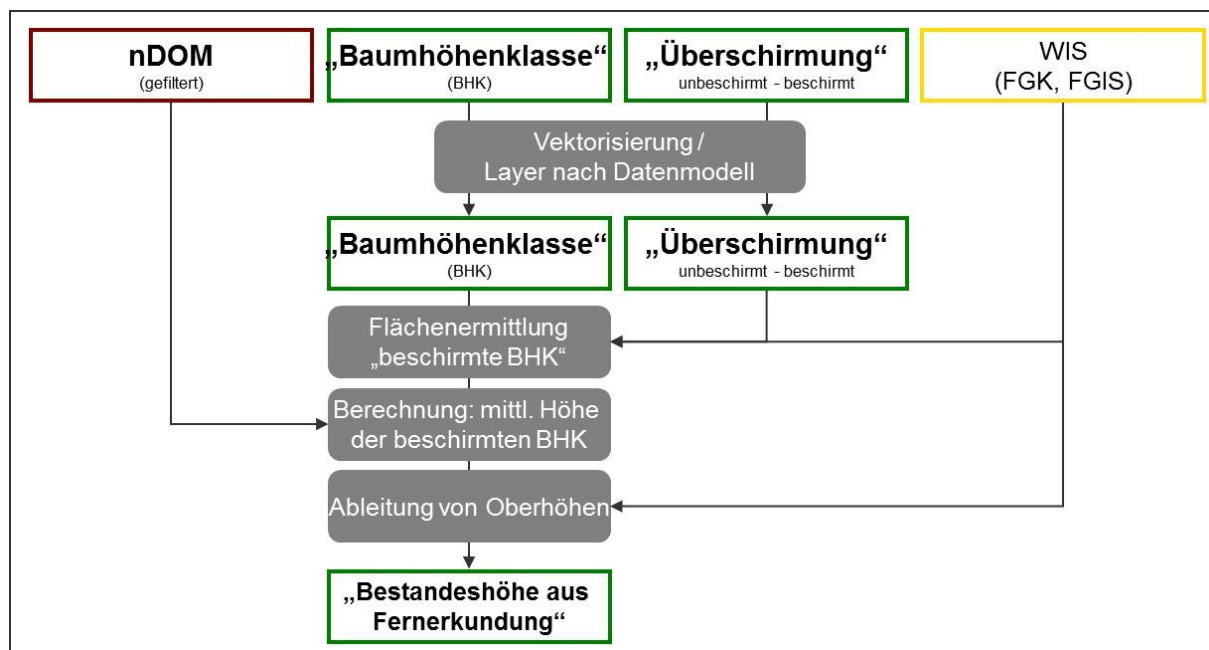


Abb.2: Schema – Ableitung des Parameters „Baumhöhe aus Fernerkundung“

Die Schätzung der Bestandeshöhe aus Laserdaten erfolgte schrittweise:

- Bildung von Bezugsflächen bzw. Befundeinheiten
- Abgrenzung der geschützten Holzbodenfläche
- Berechnung der mittleren Höhe der geschützten Fläche

3.4 Überhälter

Überhälter, Altschirme und Restbestockungen sowie Einzelbäume wurden in aufgelichteten Beständen separiert. 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 (AA WAB) orientiert. Ferner sollte ein Mindestabstand von Einzelbäumen zu benachbarten geschlossenen Bestandesteilen vorliegen.

In den Bestand eingewachsene Überhälter sind in Oberflächenmodellen nicht separierbar, wenn sie die gleiche oder eine geringere Höhe als der sie umgebende Bestand aufweisen. Diese älteren Überhälter müssen nicht kartiert werden. Da eine Trennung von Einzelbaumkronen und Kronen von kleineren Baumgruppen in den Fernerkundungsdaten nicht möglich ist, werden entsprechende Objekte zugelassen.

In der Abbildung 3 wird der Verfahrensablauf zur Erfassung von einzelnen Bäumen und Baumgruppen (Überhälter) dargestellt.

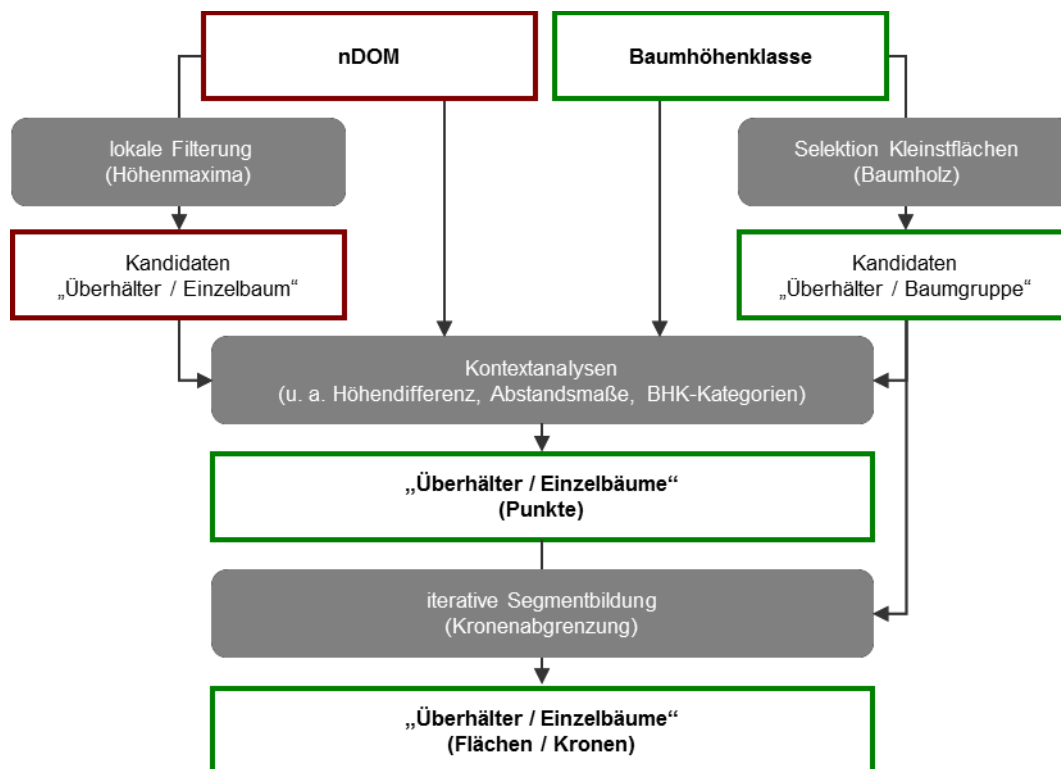


Abb. 3: Schematischer Verfahrensablauf Erfassung von einzelnen Bäumen und Baumgruppen (Überhälter)

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 (BHK) können somit Kriterien angepasst werden, um

Einzelbäume innerhalb ihres lokalen Kontextes zu kartieren. Die Mindesthöhe von Einzelbäumen kann in Abhängigkeit von der BHK variieren.

Das Verfahren für die Auswertung von nDOM-Daten basiert auf den folgenden Auswertungsschritten

- Ermittlung von lokalen Höhenmaxima im nDOM
- Eliminierung von Randfehlern
- Festlegung eines Regelwerks für die Selektion von Einzelbäumen
- Abgrenzung von Einzelbaumkronen
- Ergänzungen von Kleinstsegmenten aus der BHK-Kartierung

3.5 Wuchsklassen und Baumhöhenklassen

Neben Wuchsklassen (WK) in Anlehnung an die Arbeitsanleitung zur bestandesweisen Zustandserfassung und Planung (AA WAB) sollen detaillierte Baumhöhenklassen (BHK) mit geringeren Höhenintervallen unterschieden werden (vgl. Abbildung 5). Da ein wesentliches Abgrenzungskriterium von Wuchsklassen die Bestandesoberhöhe ist, werden vorrangig Höheninformationen der nDOM ausgewertet.

Für die Erfassung von Wuchsf lächen wird konform zur Sächsischen Forsteinrichtungsdienststanweisung AA WAB (SBS 2011) eine Mindestflächengröße von 0,1 ha gefordert. Flächenauswertungen mit Hilfe von Fernerkundungsdaten können insbesondere bei der Erfassung von jüngeren Bestandesteilen zu einer zu geringen Fläche infolge von Überschirmungseffekten der Randbäume führen.

Bestände mit unterschiedlichen Wuchsklassen werden im nDOM flächenscharf abgebildet und sind visuell unterscheidbar. Insbesondere innerhalb von geschlossenen Stangenholz und Baumholzbeständen sind feinere Höhendifferenzierungen erkennbar, so dass zusätzliche Baumhöhenklassen als Subklassen festgelegt werden können. Oberflächen von geschlossenen Beständen sind durch eine mehr oder weniger hohe Variabilität der Höhenwerte charakterisiert, welche auf die unterschiedlich ausgeprägte Kronendachrauigkeit zurückzuführen ist. Im Rahmen der automatischen Ableitung von Wuchsklassen- und Baumhöhenklassen werden entsprechende kontextbezogene Analysen methodisch nachgebildet. Übergänge zwischen unterschiedlich hohen Beständen werden markant abgebildet. Bei stetigen Übergängen ist eine eindeutige Grenzfindung zwischen benachbarten Wuchsklassen nicht sicher möglich.

Wuchsklasse - WK	Baumhöhenklasse - BHK
Anwuchs	< 2 m
Jungwuchs	2 m bis < 6 m
schwaches Stangenholz	6 m bis < 10 m
	10 m bis < 13 m
	13 m bis < 15 m
starkes Stangenholz	15 m bis < 18 m
	18 m bis < 21 m
	21 m bis < 26 m
Baumholz	26 m bis < 30 m
	≥ 30 m
Blöße	Blöße

Abb.4: Zuordnung von Wuchsklassen und Baumhöhenklassen-Kategorien

Für die Kartierung von Wuchsklassen und Baumhöhenklassen wird ein zweistufiges Auswertungskonzept angewandt (vgl. Abbildung 5):

- Stufe 1:
Wuchsklassenkartierung: gemäß den Wuchsklassendefinitionen werden Flächen mit einer Mindestflächengröße abgegrenzt und kategorisiert.
- Stufe 2:
Baumhöhenklassenkartierung: Die Abgrenzung von kleinflächigen Baumhöhenklassen wird schrittweise für jeweils eine Wuchsklassen-Kategorie durchgeführt.

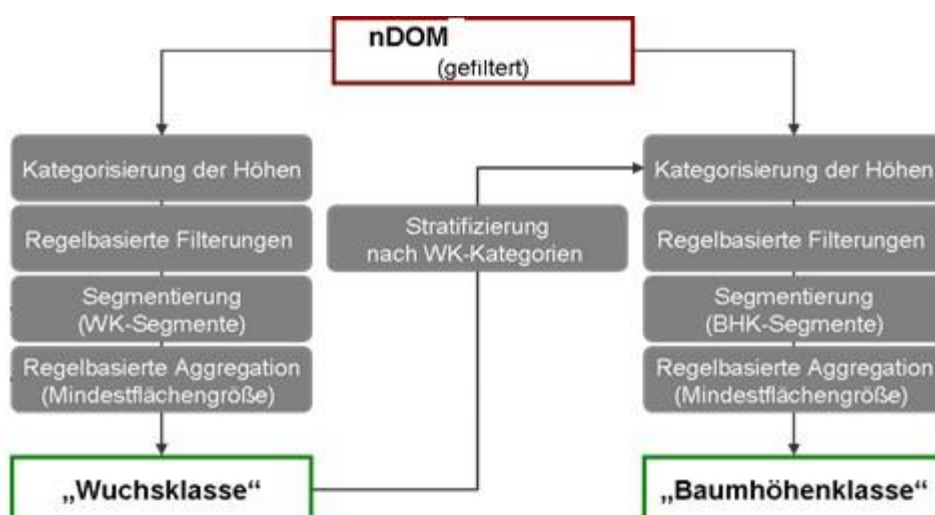


Abb. 5: Schematischer Verfahrensablauf Ableitung der Wuchsklassen / Baumhöhenklassen

3.5.1 Wuchsklassenkartierung

Die Abgrenzung von Wuchsklassen mittels nDOM-Daten erfolgt in fünf Auswertungsstufen.

- Filterung der nDOM-Daten
- Kategorisierung der gefilterten nDOM-Daten - Vorkartierung
- Filterungen der Vorkartierung
- Segmentierung
- Eliminierung und Aggregation von Kleinstflächen – Ergebnis der Wuchsklassenkartierung

3.5.2 Baumhöhenklassenkartierung

Die methodische Vorgehensweise für die Abgrenzungen von BHK-Kategorien entspricht der der Wuchsklassenkartierung. Es erfolgt eine Stratifizierung der Holzbodenfläche mit den Ergebnissen der Wuchsklassenkartierung. Für jede Kategorie werden Baumhöhenklassen aggregiert und abschließend zu einer Gesamtkartierung zusammengeführt.

Das Attribut Baumhöhe wird entsprechend dem vorliegenden Datenmodell folgendermaßen kategorisiert:

Baumhöhe 1:	< 2m
Baumhöhe 2:	2m bis < 6m
Baumhöhe 3:	6m bis < 10m
Baumhöhe 4:	10m bis < 13m
Baumhöhe 5:	13m bis < 15m
Baumhöhe 6:	15m bis < 18m
Baumhöhe 7:	18m bis < 21m
Baumhöhe 8:	21m bis < 26m
Baumhöhe 9:	26m bis < 30m
Baumhöhe 10:	>= 30m
Baumhöhe 11:	Blöße

3.5.3 Ableitung von Baumhöhenklassen in 3m - Stufen

Die gefilterten nDOM-Daten wurden entsprechend ihrer Höhenwerte in Baumhöhenklassen in 3m-Stufen kategorisiert:

BHKL 0:	keine Angabe
BHKL 1:	0 bis 3 m
BHKL 2:	>3 bis 6 m
BHKL 3:	>6 bis 9 m
BHKL 4:	>9 bis 12 m
BHKL 5:	>12 bis 15 m
BHKL 6:	>15 bis 18 m
BHKL 7:	>18 bis 21 m
BHKL 8:	>21 bis 24 m
BHKL 9:	>24 bis 27 m
BHKL 10:	>27 bis 30 m
BHKL 11:	>30 bis 33 m

BHKL 12:	>33 bis 36 m
BHKL 13:	>36 m

Die Kartierungsergebnisse wurden als Rasterdatensatz im TIF-Format mit einer Auflösung von 5 x 5 m² (Waldzustand – Baumhöhenklassen) gespeichert.

3.6 Baumhöhenklasse in Kronendachlücken von Wadflächen der Wuchsklasse

Baumholz (Schichtigkeit)

Die gefilterten nDOM-Daten wurden genutzt, um für Waldflächen der Wuchsklasse Baumholz die Baumhöhenklasse in Bestandeslücken/Kronendachlücken zu beschreiben. Insbesondere in lückigen, stark aufgelichteten Beständen ist diese Differenzierung möglich. Die Daten geben gleichzeitig einen Hinweis auf die Struktur/Schichtigkeit des Bestandes.

Die Baumhöhenklasse wird in Baumholz-Flächen für die Kronendachlücken folgendermaßen kategorisiert:

Baumhöhe 1:	< 2m
Baumhöhe 2:	2m bis < 6m
Baumhöhe 3:	6m bis < 10m
Baumhöhe 4:	10m bis < 13m
Baumhöhe 5:	13m bis < 15m
Baumhöhe 6:	15m bis < 18m
Baumhöhe 7:	18m bis < 21m
Baumhöhe 8:	21m bis < 26m
Baumhöhe 9:	26m bis < 30m
Baumhöhe 10:	>= 30m
Baumhöhe 11:	Blöße

3.7 Baumartengruppen

Die Erfassung der Baumartengruppen als separate Fläche im Baumartenlayer erfolgte konform zur Sächsischen Forsteinrichtungsdienstanweisung ab einer Flächengröße von 0,1 ha. Andernfalls wurde die Baumart als Beimischung ohne Flächenangabe geführt. Die erfassten Einzelbäume und Gruppen werden in einem separaten Layer (Überhälter) gehalten.

Aufgrund der schwierigen Erfassung der Baumarten von jungen Beständen wurde eine Alters- bzw. Baumhöhengrenze für detaillierte Baumartenerfassungen festgelegt. D.h., in jungen Beständen, vor allem bei Jungwuchs erfolgte nur eine Differenzierung in Nadel- und Laubwald. Bei der Baumartenerfassung von Beständen älter als 30 Jahre erwies sich die Einbeziehung des flächendeckend vorliegenden Waldinformationssystems Sachsens (WIS) als hilfreich. Über Plausibilitätskontrollen wurde in Regionen mit geringen Bestandesveränderungen auf die Baumarten aus dem WIS zurückgegriffen.

Im Rahmen der Untersuchungen wurden folgende Baumarten(gruppen) differenziert:

- Kiefer
- Fichte
- Lärche
- Nadelholz, undifferenziert
- Buche
- Eiche
- Birke
- Hartlaubhölzer
- Erle, Esche (Standort, Hangneigungsmodell/DGM)
- Laubholz undifferenziert.

Bei der Baumarten-Klassifizierung handelt es sich um ein hierarchisches Verfahren, das sich in die folgenden Unterauswertungen gliedert:

- Datenvorprozessierung
- Kartierung von Laubholzbeständen und Laubbaumkronen
- Klassifizierung von Baumartengruppen
- Übernahme von geprüften, aktuellen WIS-Einträgen.

Eine Übersicht gibt die Abb. 6, aus der auch die Komplexität des Verfahrens ersichtlich wird.

Bei der Baumartendifferenzierung wurden auch Sentinel-2-Daten einbezogen, die im Rahmen des Copernicus-Programmes den Behörden kostenfrei zur Verfügung stehen. Es wurde getestet, inwieweit die zusätzliche Verwendung von Sentinel-Daten die Baumartenerfassung verbessern kann.

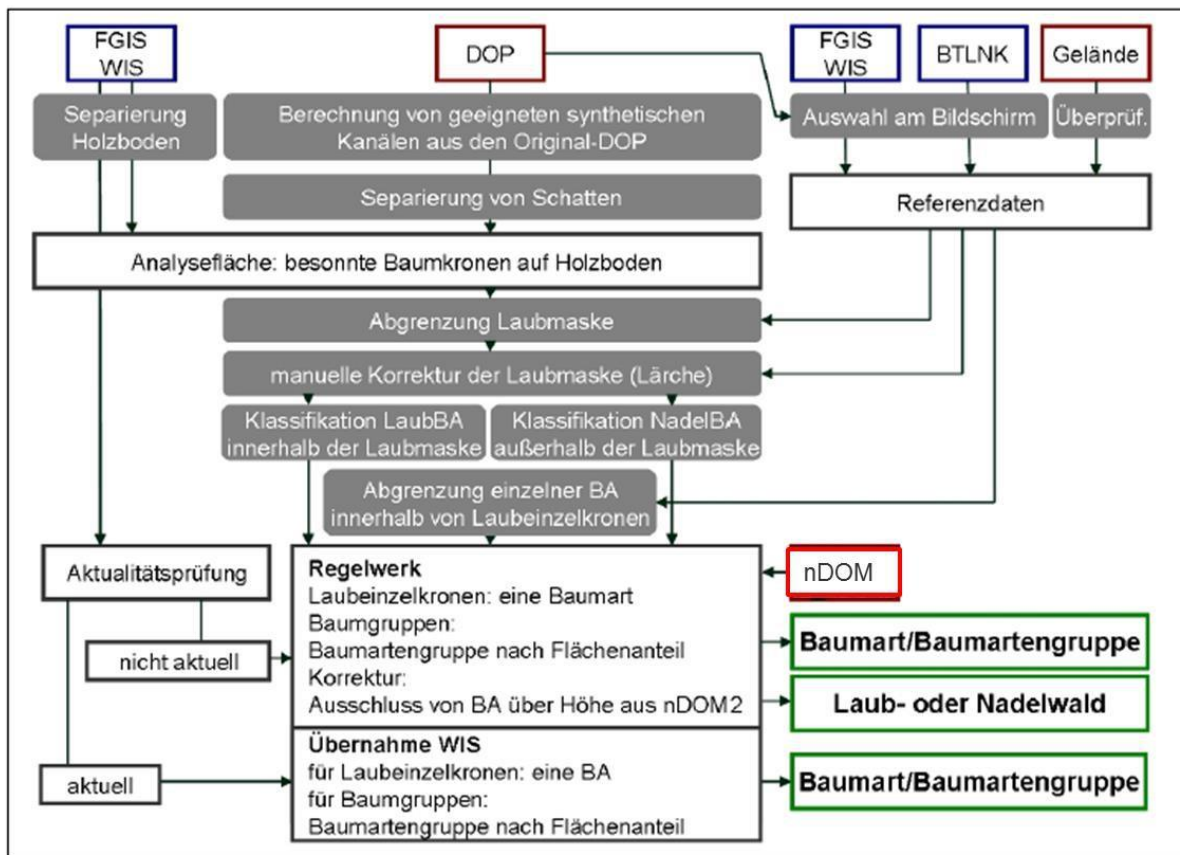


Abb. 6: Schematischer Verfahrensablauf Baumarten(gruppen)trennung

Die vorab festgelegten und vorprozessierten Teilgebiete werden zunächst separat klassifiziert. Die Klassifizierungsergebnisse der ausgewerteten Teilgebiete werden abschließend zu einem Gesamtkartierungsergebnis zusammengeführt.

3.7.1 Datenvorprozessierung

Die Datenvorverarbeitung umfasst:

- Neuprozessierung von 16-Bit-DOP
- Skalierung der DOP
- Maskierung der DOP mit der Holzbodenfläche (Analysefläche)
- Stratifizierung des Bearbeitungsgebietes in Teilgebiete (Kriterien: radiometrisch-spektrale Eigenschaften der DOP, Datenvolumen)
- Ableitung von Indizes und weiteren synthetischen Kanälen als Input für Klassifizierungsverfahren.

3.7.2 Kartierung von Laubholzbeständen und Laubbaumkronen

Mit der alleinigen automatisierten Kartierung von Laubholzbeständen bzw. Laubbaumkronen können nur teilweise die erforderlichen Genauigkeiten erzielt werden. Vielmehr hat sich eine zweistufige Vorgehensweise bewährt, die zunächst eine automatische Vorkartierung vorsieht. Die Zwischenergebnisse werden mittels visueller Luftbildinterpretation und unter Hinzunahme von FGIS-Daten einer Nachkartierung unterzogen.

Unter Verwendung von ERDAS Objective erfolgt eine Vorkartierung von Laubholzflächen. Zur Verringerung von Fehlkartierungen werden neben Orthophotos bzw. abgeleiteten Zusatzkanälen auch Informationen des nDOM eingebunden. Die Nutzung von Vegetationshöheninformationen ermöglicht insbesondere eine verbesserte Trennung von Laubholz und Bodenvegetation. So werden die Ausgangsdaten für die Objective-Auswertung mit den Kategorien „Blöße“ und „Anwuchs“ maskiert, um eine weitere Reduzierung von Fehlkartierungen zu erreichen.

Die Ergebnisse der automatischen Vorkartierung weisen Ungenauigkeiten auf. So können folgende Baumarten aufgrund ihrer spektralen Ähnlichkeiten in den verwendeten DOP des GeoSN großräumig nicht verlässlich getrennt werden:

- Lärchen und Laubbäume
- Birken und Roterlen von Nadelbäumen
- junge Fichten und Laubbäume.

Fehlkartierungen konzentrieren sich auch in aufgelichteten Nadelholzbeständen oder in Blößen. Insbesondere die Trennung von dichter vitaler Bodenvegetation und Laubholz erweist sich als schwierig, wenn eine eindeutige Abgrenzung über das Merkmal „Vegetationshöhe“ bzw. das nDOM nicht erzielt wird. Zusätzlich können die radiometrischen Defizite der GeoSN-DOP zu lokal begrenzten, dann aber erheblichen Fehlkartierungen führen.

Fehlkartierungen von Bodenvegetation treten auch auf, wenn weder das Oberflächenmodell noch die Baumhöhenklassenkartierung eine Trennung ermöglichen. Entsprechende Korrekturen sind auch dann erforderlich, wenn eine räumliche Verzahnung von Laubholzbeständen und vitaler Bodenvegetation vorliegt und im Objective-Auswertungsprozess die Bildung von Mischpolygonen verursacht.

Mittels visueller Luftbildinterpretation und der Einbindung von WIS-Daten werden grobe Fehler eliminiert.

3.7.3 Klassifizierung von Baumartengruppen

Kleinräumig werden vielfach zufriedenstellende Abgrenzungen zwischen Baumartengruppen erreicht. Großräumige Überprüfungen der Ergebnisse lassen erkennen, dass die Trennungsschärfen ausgeprägten lokalen Schwankungen unterliegen.

Der negative Einfluss von reliefbedingten Beleuchtungsunterschieden auf die Klassifizierungsgenauigkeit kann durch die gewählten Klassifizierungsalgorithmen und die Nutzung von Zusatzkanälen begrenzt werden. Eine Ausnahme stellen sehr steile und schroffe Hanglagen dar, die nicht klassifizierbar sind.

Im Klassifizierungsprozess kann eine starke spektrale Heterogenität für die Klassen „Eiche“ und „Buche“ festgestellt werden, die auch zu klassenübergreifenden spektralen Überschneidungen führten. Durch die Einführung eines Eichen-Stratums werden Fehlkartierungen zwischen Eiche und Buche erheblich verringert.

Durch die Zusammenführung von aktuellen und somit übernommenen WIS-Daten (für „plausible“ Flächen) einerseits und Baumartengruppen aus der Baumartenklassifizierung andererseits (für „unplausible“ Flächen), kommt es methodisch bedingt zum Teil zu Mehrfach-Attributierungen von gesplitteten aber homogenen Beständen.

Die spektralen Ähnlichkeiten zwischen jungen Nadelholz- und Laubholzbeständen (Jungwuchs, schwaches Stangenholz) verursachen die stärksten Fehler. Häufige Fehlkartierungen treten vor allem bei zumeist jungen Omorikafichten oder Lärchen auf, die aufgrund ihrer hohen Reflexionswerte starke Überschneidungen mit Laubholzbeständen aufweisen.

Die mittels visueller Luftbildinterpretation korrigierte Laubholz-Maske stellt eine flächenscharfe und verlässliche Kartierung von Laubbaumgruppen und –beständen dar.

3.7.4 Aktualitätsprüfung der WIS-Daten

Im Regelwerk wird die Aktualität der vorhandenen WIS-Daten anhand der Baumhöhen und des Laubholzanteils eines Bestandes überprüft (vgl. Abbildung 7). Von aktuellen WIS-Daten werden die Baumarten für den Baumarten-Layer übernommen und als solche gekennzeichnet. Der Anteil der aktuellen Daten beeinflusst die Güte des Endergebnisses: Je mehr aktuelle Daten, desto genauer die Baumarteninformation.

Das Alter der Bestände kann teilweise aus den Altdaten des WIS übernommen werden. Dazu muss dessen Plausibilität über die Baumhöhe aus den Laserdaten und/oder den aktuellen DOP geprüft werden. Ist das Alter laut vorhandener Bestockung plausibel, so ist das fortgeschriebene Alter aus der Walddatenbank im Attribut ALTER_WDB zu übernehmen. Andernfalls wird das Attribut nicht belegt (leer = keine Angabe bzw. Alter nicht zuordenbar).

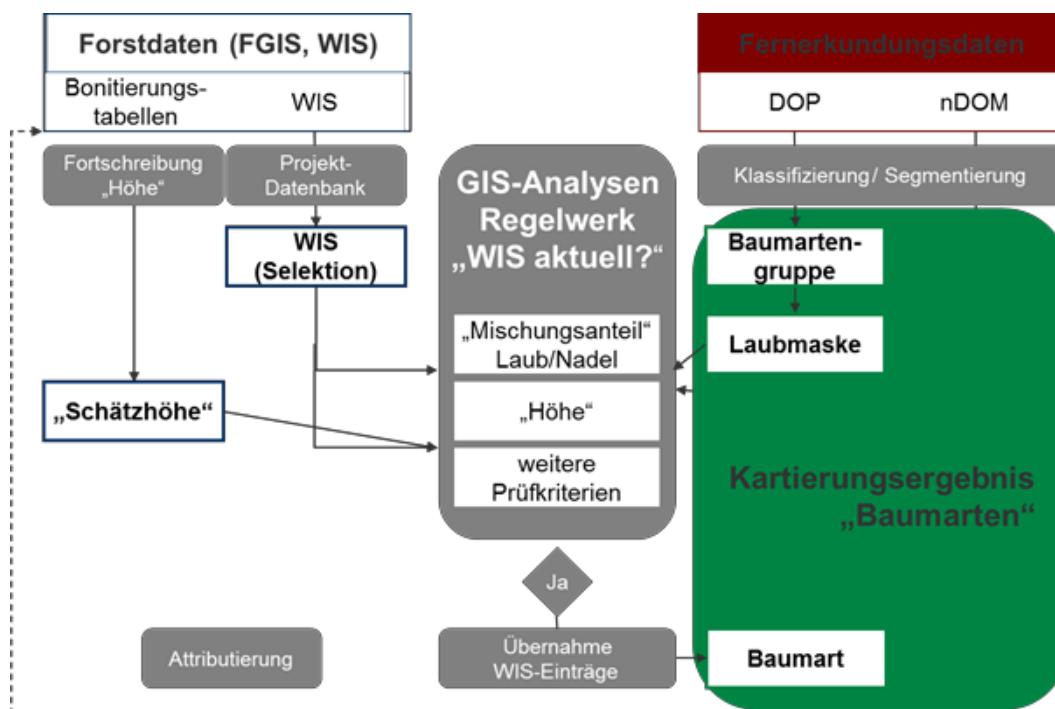


Abb. 7: Regelwerk zur Aktualitätsprüfung mit WIS-Daten

3.7.5 Layer-Erstellung

Als abschließendes Ergebnis liegt ein Vektordatensatz vor, der sich in Laubeinzelkronen, Laub- und Nadelbaumgruppen untergliedert.

Die Ergebnisse aller Teilgebiete müssen zu einem Datenbestand zusammengeführt werden. Je nach Aktualität der WIS-Daten beinhaltet der Datensatz genauere Baumarten (aus WIS- Daten übernommen) oder ungenauere Baumartengruppen (aus DOP-Klassifizierung). Abschließend werden Daten aus dem Baumarten-Layer mit denen der Wuchsklasse und der Überschildung kombiniert.

3.8 Referenzdaten, Verifizierung der Ergebnisse

Es wurden Geländearbeiten zur Validierung der Ergebnisse durchgeführt. Es wurden dazu sowohl Geländeaufnahmen durchgeführt als auch aktuelle Luftbilddaten für die Referenzdatenerhebung genutzt.

4. Bereitstellung der Ergebnisse

Im Ergebnis der Fernerkundungsdatenauswertungen wurden mehrere Layer erstellt, die sinnvoll miteinander kombiniert und mit administrativen/eigentumsbezogenen (Gemeinde, Gemarkung, Flur, Flurstück), forstbetrieblichen (Forstbetrieb, Waldteil, Abteilung) und forstorganisatorischen (Forstrevier) Einheiten verschnitten wurden.

Folgende Layer wurden datenmodellkonform als Shapefile/File-Geodatabase erstellt:

- Wald-/Nichtwald - wz_wald_<jjjj>_f
- Überschildung (beschirmte und unbeschirmte Flächen, Lücken) – wz_schild_<jjjj>_f
- Oberhöhe – wz_baumhoehe_<jjjj>_f
- Wuchsklassen, Baumhöhenklassen – wz_wuchskl_<jjjj>_f
- Baumhöhenklassen in Kronendachlücken von Waldflächen der Wuchsklasse Baumholz - wz_schichtigkeit_<jjjj>_f
- „Überhälter“ (Erfassung von einzelnen höheren Objekten, d.h. Einzelbäumen oder Baumgruppen) – wz_ueberhaelter_<jjjj>_f
- Baumarten, Baumartengruppen – wz_ba_<jjjj>_f
- Baumhöhenklassen in 3m-Stufen als Rasterdaten (Pixelgröße 5 x 5 m²) wz_raster_bhkl

Anlage:

SACHSENFORST, KOMPETENZZENTRUM FÜR WALD UND FORSTWIRTSCHAFT:
Erhebung von Waldzustandsdaten mit Methoden der Fernerkundung für den Gesamtwald Sachsens.

Anlage 1

Kommentierung der Änderungen zum Beschluss des Ministerkabinetts der Ukraine Nr. 848 vom 20. Juni 2007 zum „Verfahren zur Führung des nationalen Waldkatasters und der Waldbuchhaltung“

Einleitung

Im Rahmen der Expertise zum gleichlautenden Thema [EISENHAUER, Februar 2024] auf der Grundlage des Berichtes von REVUTSKYI [2023], wurden die legislativen und administrativen Bedingungen für die Entwicklung eines nationalen Geodatenportals und einer nationalen Geodateninfrastruktur erörtert. Dabei wurde der Bezug zum Sächsischen Geodateninfrastrukturgesetz, zum Gesetz über das Geoinformationswesen und zum Sächsisches Vermessungs- und Katastergesetz hergestellt. Des Weiteren wurde auf das Sächsische Umweltinformationsgesetz und die INSPIRE – Richtlinie der Europäischen Union verwiesen. Die Verpflichtungen für Erhebung und die öffentliche Nutzbarkeit von Geodaten, also auch thematische Informationen zum Waldzustand, basieren auf dem Zusammenwirken dieser Rechtsgrundlagen. Im oben zitierten Bericht wurde darauf umfassend eingegangen. Die entsprechenden Gesetze und Durchführungsbestimmungen wurden mit Quellenangabe (Link) zitiert. Insofern wird im Folgenden nur unmittelbar auf das „Verfahren zur Führung des nationalen Waldkatasters“ und die diesbezüglichen „Erläuterungen zum Resolutionsentwurf des Ministerkabinetts der Ukraine „Über Änderungen des Beschlusses des Ministerkabinetts der Ukraine Nr. 848 vom 20. Juni 2007“ eingegangen.

1. Verfahren zur Führung des Landesforstkatasters und der Waldbuchhaltung

Zu (1.) Es wird auf ein Verfahren verwiesen, welches in seinem Inhalt und Ablauf nur bedingt untersetzt wird. Das betrifft den Verweis auf entsprechende Durchführungsbestimmungen mit administrativem und methodischen Charakter, um die legislativen Grundlagen nicht mit Details zu überfrachten.

Als **Rechtsrahmen** wäre der Verweis auf Regelungen relevant, die vergleichbar sind zum:

- Sächsischen Geodateninfrastrukturgesetz
- Sächsischen Vermessungs- und Katastergesetz
- Sächsischen Gesetz über das Geoinformationswesen
- Sächsischen Umweltinformationsgesetz
- INSPIRE-Richtlinie 2007/2/EG des Europäischen Parlaments und des Rates vom März 2007

Dabei ist es unerheblich, dass es sich um Landesgesetze handelt, da die Ukraine als Zentralstaat keine föderalen Strukturen zu regeln hat. Die genannten rechtlichen

Bezüge in der Gesetzgebung der Ukraine werden unter (21.) und 22. dargestellt. Es wird empfohlen diese Bezüge auf Vollständigkeit zu prüfen.

Zudem sollte das eigentliche Verfahren in einer Durchführungsbestimmung, also auf der administrativen Ebene, festgelegt werden. Das Gesetz bzw. die Gesetze wären auf grundlegende inhaltliche Themen und Zuständigkeiten bei der Erhebung, Pflege, Verwaltung und Nutzung von Geoinformationen zu fokussieren. Potenziell oder real handelt es sich dabei um zwei Gesetze:

- das nationale Geodateninfrastrukturgesetz
 - Zweck des Gesetzes
 - Begriffsbestimmungen
 - Anwendungsbereich
 - Erfassung und Verwaltung von Geodaten
 - Netzdienste und Geoportal der Geodateninfrastruktur der Ukraine
 - Erfassung und Verwaltung von Metadaten
 - Betrieb der Geodateninfrastruktur in der Ukraine
 - Zugang zu den Geodaten und Metadaten sowie den Geodatendiensten
 - Privatrechtliche Entgelte sowie Gebühren und Auslagen, Erteilung von Lizenzen und öffentlichrechtlichen Erlaubnissen
 - Ermächtigung zum Erlass von Rechtsverordnungen
 - Übergangsbestimmungen

Auf wesentliche Regelungen, die bei der Entwicklung der Geodateninfrastruktur bzw. dem Geodatenportal der Ukraine zu prüfen wären, wird um oben zitierten Bericht [EISENHAUER 2024] eingegangen. Deswegen wird an dieser Stelle auf eine Wiederholung verzichtet.

- das Gesetz über das nationale Geoinformationswesen
 - Die Festlegungen dieses Gesetzes beziehen sich im Wesentlichen auf die Übermittlung von Geobasisinformationen aus den Datenbeständen des amtlichen Vermessungswesens durch die Vermessungsbehörden in die Geodateninfrastruktur.
 - Insofern besteht ein unmittelbarer Bezug zum Vermessungs- und Katastergesetz.

Für die administrative Untersetzung in Form einer entsprechenden Durchführungsbestimmung sind folgende Aspekte maßgeblich.

Zu (2.) Bei dem **nationalen Waldkataster** der Ukraine handelt es sich um eine **Geodatenbank** mit Informationen zum Waldfond der Ukraine. Diese beinhaltet die **Datenbasis für ein geographisches Informationssystem (Geoportal)**.

Das **nationale Waldkataster** ist ein Teilbereich der **nationalen Geodateninfrastruktur** und deckt in dieser den Themenbereich Wald im weitesten Sinne ab. Auf die Beziehung des nationalen Waldkatasters zur nationalen Geodateninfrastruktur wird auf den Seiten 7 und 8 des Berichtes von EISENHAUER [2024] eingegangen.

Bei der **Verwaltung des nationalen Waldkatasters** sind auch die Beziehungen **zwischen** den Akteuren zu definieren, die an dessen Pflege beteiligt sind. Es geht folglich darum, nicht nur die Beziehung einer zentralen Stelle zu diesen Akteuren, sondern auch deren Beziehung untereinander zu regeln.

Bei der **öffentlichen Katasterkarte der Wälder**, handelt es sich um **ein Thema des nationalen Geoportals**, was auch im Sinne der begrifflichen wie strukturellen Durchgängigkeit so dargestellt werden sollte.

Für die **Verwaltung des nationalen Waldkatasters** sollte das **Nationale Amt für Waldentwicklung und Waldmonitoring** (SFRA, „Forsteinrichtungsamt“) zuständig sein. Das wäre naheliegend, weil von dieser Institution unter anderem auch die Waldzustandserfassung(en) durchgeführt wird (werden). Hinzu kommt die Erfassung und Laufendhaltung weitere grundlegende Informationen für die Charakteristik von Wäldern, wie zum Beispiel Standortinformationen, Waldfunktionen, störungsbedingte Veränderungen des Waldzustandes etc.

2. Waldbuchhaltung

Zu (3.) Die **Pflege bzw. Laufhaltung, Aktualisierung, Validierung des nationalen Waldkatasters** sollte durch das „Nationale Amt für Waldentwicklung und Waldmonitoring“ (SFRA, „Forsteinrichtungsamt“) erfolgen (vgl. oben sowie EISENHAUER 2023). Insofern das gewollt ist, wäre eine klare gesetzliche Zuordnung dieser Aufgabe zweckmäßig. Die daraus folgende **Konzentration von Kompetenzen** ist aus **Effizienzgründen** essentiell, was sich auf inhaltliche und methodische sowie technische Aspekte (IT-Infrastruktur, Software) bezieht. Hinzu kommt die Notwendigkeit dauerhaft qualifiziertes **Fachpersonal** für den Aufgabenbereich zu akquirieren. Dabei ist von einer limitierten Ressource auszugehen. Auf diese Problematik wurde bereits im Bericht von EISENHAUER [2023] eingegangen.

Die **Laufendhaltung** des nationalen Waldkatasters **„während der Waldbewirtschaftung“** sollte präzisiert werden. Der Bezug zur Waldbewirtschaftung im engeren Sinn ist nur ein mittelbarer. Folgende **einander ergänzende Verfahren bzw. Informationsebenen** sollten in Betracht gezogen werden:

- Die **periodische Aktualisierung auf der Grundlage einer Waldzustandserfassung der Informationen im Waldkataster** mit Methoden der Fernerkundung [vgl. EISENHAUER 2023, 2024] in einem 5-jährigen Befliegungsturnus. Unter den gegebenen Bedingungen ist das methodische Vorgehen wahrscheinlich alternativlos. Auf die Gründe wurde in den zuvor zitierten Berichten eingegangen. Die Entwicklung in Deutschland geht eindeutig in dieser Richtung. In Sachsen ist, bisher als einziges Bundesland, die Erfassung des Zustandes des Gesamtwaldes mit Methoden der Fernerkundung erfolgt. Gegenwärtig wird die Wiederholungsaufnahme vorbereitet. Im Bericht von

EISENHAUER [2024] wurde darauf eingegangen. Es wird empfohlen, dieses Vorgehen zu prüfen und ggf. gesetzlich festzulegen.

- Die **Fortschreibung / Laufendhaltung von Veränderungen des Waldzustandes durch die Aktualisierung von teilflächenbezogenen Waldzustandsinformationen nach dem Vollzug von Bewirtschaftungsmaßnahmen**. Prinzipiell handelt es sich im Verhältnis zum nationalen Waldkataster und nationalem Geoportal um **eine Informationsebene, stark operativ auf das Verhältnis zwischen Forsteinrichtungsplanung, Maßnahmenvollzug und dessen Wirkungen auf den Waldzustand orientiert ist**. Beide Informationsebenen sollten getrennt betrachtet und gepflegt werden (vgl. 4.)

Zu (4.) Diese Festlegung ist problematisch und wahrscheinlich wenig zweckmäßig, weil nur schwer realisierbar. Ein analoges Vorgehen wäre von vornherein als nicht praktikabel zu verwerfen. Eine zentrale Softwarelösung für die Forsteinrichtung könnte eine Grundlage sein, insofern mit dieser neben Waldzustands- und Planungsdaten auch der Planungsvollzug durch die Waldbesitzer / Waldnutzer (Lizenzsystem?) erfolgen kann (Fortschreibung). Sollen auf diese Weise valide Waldzustandsinformationen generiert werden, erfordert das zweifelsohne eine hinreichende „**unmittelbare**“ Kontrolle des Planungsvollzuges im Verhältnis zur Planung und zur vollzogenen Dokumentation. Neben der technischen Umsetzung (Software) wäre die Realisierbarkeit der Kontrolle zu klären. Insgesamt ist von einem erheblichen laufenden (nicht periodischen!) Aufwand auszugehen. Prinzipiell ist zu prüfen, ob es nicht zweckmäßiger wäre, diesen Teil der Waldzustandsinformation, der sich unmittelbar auf die Dokumentation der Wirkung von **operativen** Bewirtschaftungsmaßnahmen auf den Waldzustand und deren **Kontrolle** im Verhältnis zur Forsteinrichtungsplanung bezieht, zumindest **unmittelbar** von der Erhebung von Waldzustandsparametern für das nationale Waldkataster als Teil des nationalen Geoportals zu trennen (siehe oben).

Ein **mittelbarer** Zusammenhang besteht dahingehend, dass periodische Informationen zum Waldzustand, die terrestrisch oder vorzugsweise mit Methoden der Fernerkundung im Turnus von max. 5 Jahren erhoben werden, für eine generelle oder stichprobenartige Kontrolle des Planungsvollzuges der Forsteinrichtung genutzt werden können. Zudem ist bei der Nutzung von Sentinel 2 – Daten auch eine operative jährliche Kontrolle möglich. Diese Kontrolle betrifft die Kernbereiche der Waldbewirtschaftung Nutzung, Durchforstung und Aufforstung ab der Jungwuchsphase.

Fazit: Im Bezug zu (3.) und (4.) wird empfohlen die Führung und Pflege des nationalen Waldkatasters von Instrumenten, die im Kern der Kontrolle des Vollzugs von Bewirtschaftungsmaßnahmen im Verhältnis zur Forsteinrichtung, einschließlich der Erfassung und Sanktion von gravierenden Abweichungen bis hin zu illegalen flächigen Nutzungen, zumindest unmittelbar von der Führung des nationalen Waldkatasters zu trennen. Das nationale Waldkataster sollte, wie bei REVUTSKYI [2023] dargestellt, im 5-jährigen Turnus aktualisiert werden. Davon unbenommen können flächige Störungen des Waldgefüges größeren Ausmaßes („Kalamitäten“)

durch Nutzung von Methoden der Fernerkundung (Sentinel 2) noch im Jahr ihrer Entstehung erfasst und in das nationale Waldkataster eingepflegt werden.

Zu (5.) Im Zusammenhang mit (3.) und (4.), wäre das gleiche Prinzip einer **Trennung** der periodischen **Erhebung von Waldzustandsparametern für die Erstellung und Pflege des nationalen Waldkatasters** von dem **Themenkomplex „Waldzustandserfassung, Waldentwicklungsplanung und Revision des Planungsvollzuges“ (Forsteinrichtung)** zu erwägen. **Die Erhebung von Waldzustandsparametern für die Erstellung und Pflege des nationalen Waldkatasters** ist eindeutig eine **staatliche Aufgabe**. Die **objektiv** erhobenen und weitere daraus abgeleitete Informationen zum Waldzustand können als Referenz für eine Plausibilitätsprüfung und darauf aufbauend auch zur Kontrolle des zweiten Themenkomplexes „Forsteinrichtung“ herangezogen werden. Demgegenüber kann der zweite Themenkomplex „Forsteinrichtung“ den Waldeigentümern, auch hinsichtlich der Finanzierung, mit oder ohne staatliche Subventionierung, übertragen werden (vgl. (4.) und (5.)). Die Beziehung zwischen beiden Themenkomplexen mit dem Ziel einer regelkonformen, nachhaltigen Waldbewirtschaftung wurde dargestellt.

Zu (6.) Das gilt auch im Fall der empfohlenen Trennung beider Themenkomplexe. In beiden Fällen handelt es sich um einem nach nationalem Standard vorgegebene Verfahren mit zum Teil unterschiedlichen Zielen. Diesen Zielen entspricht wiederum ein Set von zu erhebenden Primärdaten und aus diesen abgeleiteten Informationen zum Waldzustand, beides auf der Grundlage eines vorgegebenen nationalen Standards. Beim Themenkomplex Forsteinrichtung könnten unterschiedliche Verfahren, z. B. mit Bezug zur Größe des jeweiligen Forstbetriebes zweckmäßig sein. Das wäre zu prüfen. Beide Themenkomplexe münden ausgehend von definierten Standards (Zielparameter, Methode, Datenmodell) in entsprechende Datenbanken, mit unterschiedlichem Anspruch an die Aktualisierung ein (Waldkataster – periodisch; Forsteinrichtung / Forstbetriebsflächenverzeichnis – fortlaufend). Diese Datenbanken sind zum einem mit dem Waldkataster als Thema des nationalen Geoportals und zum anderen mit forstbetrieblichen geographischen Informationssystemen verknüpft.

Zu (7.) Es wird das Prinzip empfohlen, dass Daten nur einmal, in einer definierten Form (Datenformat) und an definierter Stelle (Institution, Organisationseinheit) erhoben werden. Es ist dementsprechend zweckmäßig den Datenlieferanten standardisierte Anwendungen zur Verfügung zu stellen, um einheitliche, qualitätsgesicherte Daten zu erhalten. Damit wird eine standardisierte Durchgängigkeit bei der Informationsaufbereitung für das nationale Geoportal, einschließlich Darstellungsdienste, als auch für ein forstbetrieblich ausgerichtetes FGIS erreicht.

Zu (8.) Das SFRA übermittelt auf der Grundlage von **definierten Schnittstellen** und **automatisierten Datenflüssen** thematische Geodaten an den Verwalter des nationalen Waldkatasters. Es bedarf einer klaren Festlegung der Rollen. Die Verwaltung (Erstellung, Laufhaltung, technischer Support) des **nationalen Waldkatasters** liegt in der Zuständigkeit des **SFRA**. Das SFRA übermittelt über

definierte Schnittstellen und automatisierte Datenflüsse definierte Informationen zum Waldzustand, zu Nutzungs- bzw. Funktionskategorien in das **nationale Geodatenportal**, zu den Themen Wald, Landnutzung, Schutzgebiete etc. Die **Zuständigkeit für das nationale Geodatenportal** liegt außerhalb der Forstverwaltung. Diese Zuordnung ist konsistent, weil die Informationsbreite des nationalen Geodatenportals weit über den Bereich der Zuständigkeit der Forstverwaltung hinausgeht.

In Sachsen ist zum Beispiel als Ressort das Ministerium für regionale Entwicklung und der nachgeordnete Staatsbetrieb für Geobasisinformation für den Betrieb des Geodatenportals bzw. der Geodateninfrastruktur zuständig. Die Rolle von Sachsenforst entspräche der des SFRA.

3. Staatliches Waldkatastersystem

Zu (9.) Es wäre zu prüfen, inwieweit es zweckmäßig ist, dass die Organisation, welche die Daten mit der Landeswaldinventur (terrestrisch und ggf. mit Methoden der Fernerkundung) erhebt, auch für die Führung des nationalen Waldkatasters zuständig ist. Eine Konzentration im Nationalen Amt für Waldmonitoring und Waldentwicklungsplanung („Forsteinrichtungsamt“), SFRA, sollte erwogen werden, um eine ineffiziente „Diversifizierung“ des Verwaltungsapparates mit allen daraus resultierenden Problemen – Kompetenzzuweisungen, Ressourcenausstattung und Ressourcennutzung, Schnittstellenprobleme etc. zu vermeiden.

Zu (10.) Die monetäre Bewertung von Wäldern (Waldwertermittlung) ist ein anlassbezogener Sachverhalt, z. B. im Zusammenhang mit forstbetrieblichen Bilanzen, dem Kauf und Verkauf von Waldflächen. Diese Vorgänge sind nicht Gegenstand des Nationalen Waldkatasters und sollten von diesem weitgehend entkoppelt werden, das heißt die Waldwertermittlung kann unter anderem auf Informationen aus dem nationalen Waldkataster zurückgreifen. Grundsätzlich könnte es sich um ein eigenständiges, von Forstbetrieben und Waldeigentümern unabhängiges Fachgebiet des SFRA handeln.

Mit Geodaten, Metadaten und Diensten werden unterschiedliche inhaltliche / begriffliche Kategorien – Sachdaten, als Eigenschaften und Geodaten (technische Beschreibung) nebeneinandergestellt. Eine systematische Darstellung wird im Bericht von EISENHAUER (2024) vorgenommen. In diesem Bericht wird auch auf die Implementierung und differenzierte Betrachtung beziehungsweise inhaltliche Untersetzung der Kategorien „Waldfläche“ und „forstwirtschaftliche Betriebsfläche“ eingegangen.

Zu (11.) Maßgeblich ist an dieser Stelle die Beantwortung Grundsatzfrage, ob das nationale Waldkataster auf Waldzustandsinformationen fokussiert ist, oder auch geplante Bewirtschaftungsmaßnahmen und bei deren Vollzug deren Einfluss auf die Veränderung des Waldzustandes abbilden soll. Letzteres ist offensichtlich beabsichtigt. Die Problematik wurde unter dem Punkt „Waldbuchhaltung“ (2) bereits diskutiert.

Es gibt in Deutschland keinen Landesforstbetrieb / Landesforstverwaltung wo dieser Ansatz etabliert wäre. Die Tendenz in Deutschland besteht in einer zeitlichen Verdichtung der periodischen Waldzustandserfassung in Verbindung mit einer stärkeren Implementierung von Methoden der Fernerkundung. Die Dokumentation der Planung von Bewirtschaftungsmaßnahmen bleibt dabei unberücksichtigt und ist ausschließlich Gegenstand der Planungselaborate der Forsteinrichtung. Die Vollzugskontrolle ist Gegenstand der Zwischen- und Hauptrevision (bisher nach 5 bzw. 10 Jahren). Die Vollzugsdokumentation ist Gegenstand der unmittelbaren forstbetrieblichen Steuerung und Basis für den Bericht der Forstbetriebe an das Forsteinrichtungsamt bzw. die Forstbehörden.

Prinzipiell handelt es sich um zwei unterschiedliche Informationsebenen – das **nationale Waldkataster** mit thematischen Informationen zum Waldzustand in hinreichender räumlicher (Teilfläche) und zeitlicher Auflösung (Aktualisierung in der Regel im 5-jährigen Turnus) in unmittelbarer Verbindung mit dem nationalen Geodatenportal und der **Forsteinrichtungsdatenbank** mit Bezug zum **Forstbetriebsflächenverzeichnis** und zur **forstbetrieblichen Dokumentation des Vollzugs von Bewirtschaftungsmaßnahmen** mit vorrangigem Bezug zur Regelung von Forstbetrieben mit dem Ziel einer nachhaltigen Waldbewirtschaftung. **Im ersten Fall handelt es sich vorrangig um eine Informations- im zweiten Fall um eine Regelungs- und Kontrollplattform.**

Zu (12.) Diese Vorgehensweise ist von der **Struktur der Organisation der Forstverwaltung** determiniert. Es spricht viel für die **Konzentration in einem „Nationalen Amt für Waldmonitoring und Waldentwicklung“**, wo Forstbehörden auf die dort verwalteten, gepflegten und unterstützten Informationsplattformen zugreifen können.

Zu (13.) Dieser Punkt ist im Zusammenhang mit (17.) zu sehen, wonach das SFRA „... das nationale Waldkataster führt und dessen Inhaber ist.“ Diese Aussage unter (17.) entspricht der zuvor diskutierten, inhaltlich plausiblen und strukturell effizienten Konzentration der Zuständigkeiten bei der Pflege des nationalen Waldkatasters in unmittelbarer Verbindung mit der Durchführung der nationalen Waldinventur und der Waldzustandserfassung im Rahmen der Forsteinrichtung.

Zu (14., 15.) Die hier eher am Rande angesprochene Software ist für das Gesamtsystem essentiell. Das Thema sollte als eine Kernaufgabe dem SFRA zugeordnet werden. Das bedeutet auch, dass eine Untersetzung durch Fachpersonal gegeben sein muss, die eine qualifizierte Kooperation mit IT- Firma und / oder Firmen die entsprechende GIS-Produkte anbieten, absichert. Die hinreichende Absicherung eigener Kernkompetenzen ist gerade bei diesen Schlüsseltechnologien unerlässlich.

Zu (18. – 22.) Prinzipiell sind diese Regelungen nachvollziehbar und entsprechen denen in Sachsen. Zu klären ist die Beziehung zwischen nationalem Waldkataster und nationalem Geodatenportal sowie dessen Betreiber bzw. Verwalter. Der Zugang zu Waldzustandsinformationen über das nationale Geodatenportal und nicht unmittelbar über das nationale Waldkataster wäre ggf. zu prüfen.

5. Quellen

1. EISENHAUER, D.-R. 2023: Aufbau einer effektiven Organisation und Struktur des Forstplanungsamtes der Ukraine nach Kriegsende (Savchyn – Bericht, SFI / 2022). Kommentare und Hinweise. Unveröffentlicht.
2. HOFFMANN, K. ET AL 2017: Sachsenforst setzt auf Fernerkundung. Sachsens forstliche Praxis nutzt mit großem Erfolg Daten aus der Fernerkundung. LWF aktuell, 4 (2017), 26 – 29.
3. KIRCHHÖFER ET AL 2020: Ableitung von Oberflächenmodellen aus Luftbildern – das Verfahren des F³ - Projektes. www.waldwissen.net
4. KIRCHHÖFER ET AL 2021: Die Ableitung von Holzvorrat und Biomasse aus Luftbildern – das Verfahren des F³-Projektes. www.waldwissen.net
5. REVUTSKYI 2023: Bericht zu Gesetzgebung, institutioneller Verwaltung, öffentlichem Zugang, Finanzierung, technischen Lösungen für das staatliche Forstkataster und die Forstbuchhaltung. Unveröffentlicht.
6. RIEDEL, T., HENNIG P., POLLEY, H., SCHWITZGEBEL, F. 2021: Aufnahmeanweisung für die vierte Bundeswaldinventur (BWI 2022) (2021 - 2022) 2. Auflage, Februar 2021 (Version 1.20). Bonn: Bundesministerium für Ernährung und Landwirtschaft (BMEL), 123 p
7. WHITE ET AL. 2013: The Utility of Image-Based Point Clouds for Forest Inventory: A Comparison with Airborne Laser Scanning. Forests 2013, 4, 518-536; doi:10.3390/f4030518.
8. <https://www.revosax.sachsen.de/vorschrift/11375-Saechsisches-Geodateninfrastrukturgesetz> <http://www.fao.org/3/i8661en.pdf> <https://www.revosax.sachsen.de/vorschrift/11373-Gesetz-Geoinformationswesen>
9. <https://www.revosax.sachsen.de/vorschrift/9851-Saechsisches-Vermessungs-und-Katastergesetz>
10. <https://www.revosax.sachsen.de/vorschrift/1471-Saechsisches-Umweltinformationsgesetz>
11. <https://www.revosax.sachsen.de/>
12. <https://www.gdi-de.org/GDI-DE/Servicefunktionen/Geodatenkatalog.de>
13. <https://inspire-geoportal.ec.europa.eu>
14. <https://geomis.sachsen.de>
15. <https://eur-lex.europa.eu/>