



Forest Policy Report

SFI/2022

# Technische Unterstützung für die nationale Waldinventur in der Ukraine Heino Polley

Freiburg, December 2022



## **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**

Heino Polley

### **Disclaimer**

This paper is published with assistance of SFI but under the solely responsibility of the author Heino Polley 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.	<a href="#"><u>ZUSAMMENFASSUNG</u></a>	1
2.	<a href="#"><u>RÜCKBLICK AUF DIE AKTIVITÄTEN IN DEN JAHREN 2017-2020</u></a>	2
2.1	<a href="#"><u>ALLGEMEINE BERATUNG</u></a>	2
2.2	<a href="#"><u>SPEZIELLE BERATUNG</u></a>	4
3.	<a href="#"><u>HINWEISE ZUR AUFNAHMEANWEISUNG</u></a>	6
4.	<a href="#"><u>PROJEKTZIELE 2022 BIS 2024</u></a>	8
5.	<a href="#"><u>ANLAGE 1 Schlüsselfaktoren für eine erfolgreiche nationale Waldinventur</u></a>	10
6.	<a href="#"><u>ANLAGE 2 Lehren aus 40 Jahren nationale Waldinventur in Deutschland</u></a>	12
7.	<a href="#"><u>ANLAGE 3 Evaluationskriterien für nationale Waldinventuren</u></a>	15
8.	<a href="#"><u>ANLAGE 4 Designentscheidungen für eine nationale Waldinventur</u></a>	18
9.	<a href="#"><u>ANLAGE 5 Konzentrische Probekreise</u></a>	19

# 1.ZUSAMMENFASSUNG

---

Da die aktuell mit der Waldinventur in der Ukraine befassten Personen im bisherigen Beratungsprozess noch nicht beteiligt waren, wird ein Überblick zu den allgemeinen und speziellen Hinweisen aus der Vorbereitungsphase in den Jahren von 2017 bis 2020 gegeben. Diese beziehen sich auf die administrative Vorbereitung der Waldinventur sowie auf das Inventurdesign, die Inventurdurchführung und das Qualitätsmanagement. Darüber hinaus werden einige Hinweise zur aktuellen Aufnahmeanweisung für die Feldarbeiten gegeben. In Anlagen werden Erfolgsfaktoren, Evaluationskriterien und Lehren aus 40 Jahren Bundeswaldinventur in Deutschland erläutert.

Wie schon in den zurückliegenden Jahren, soll im SFI-Projekt<sup>1</sup> weiterhin allgemeine und spezielle Beratung zur Nationalen Waldinventur geleistet werden. Diese orientiert sich am Bedarf der Ukraine in der aktuellen Situation und konzentriert sich in diesem Projektteil insbesondere auf die terrestrische Stichprobeninventur. Damit wird auch ein Beitrag zur Bereitstellung von Hilfsdaten für eine fernerkundungsbasierte Waldinventur geleistet. Diese wird gegenwärtig als Ergänzung zur terrestrischen Stichprobeninventur konzipiert, weil die terrestrischen Aufnahmen wegen des russischen Überfalls auf die Ukraine erheblich behindert sind.

Im Jahr 2023 sind parallel zu den laufenden Feldaufnahmen methodische Grundlagen für die Auswertung der Daten zu entwickeln. Das betrifft zunächst vor allem die Ableitung von je-Hektar-Werten für die Probepunkte, da diese zeitnah als Trainings- und Validierungsdaten für die fernerkundungsbasierte Waldinventur benötigt werden.

Voraussetzung für eine erfolgreiche Arbeit im Projekt ist eine vertrauensvolle Kommunikation aller Beteiligten.

---

<sup>1</sup> <https://www.sfi-ukraine.org.ua/en/>

## 2. RÜCKBLICK AUF DIE AKTIVITÄTEN IN DEN JAHREN 2017-2020

---

Die technische Unterstützung für die nationale Waldinventur in der Ukraine wurde vom Deutsch-Ukrainischen Agrarpolitischen Dialog<sup>2</sup> initiiert, organisiert und finanziert.

### 2.1 Allgemeine Beratung

Der langfristig angelegte Beratungsprozess umfasste den gegenseitigen Informationsaustausch, Variantendiskussionen und praktische Hinweise. Dabei wurden insbesondere die langjährigen Erfahrungen aus der Bundeswaldinventur in Deutschland sowie die im European National Forest Inventory Network (ENFIN)<sup>3</sup> diskutierten Erfahrungen anderer europäischer Länder berücksichtigt.

Nach gegenseitiger Information über den Stand der nationalen Waldinventuren in Deutschland und der Ukraine<sup>4</sup> wurde der Beratungsbedarf analysiert. Die allgemeine Beratung umfasste insbesondere folgende Schlüsselfragen, die nach und nach geklärt werden konnten<sup>5</sup>:

2. Legalisierung
3. Finanzierung
4. Institutionalisierung
5. Operationalisierung

Nach dem Überfall Russlands auf die Ukraine ist die Umsetzung jedoch erheblich erschwert. Insbesondere die Finanzierung ist nicht mehr im erforderlichen Umfang gewährleistet, das Zentrum für Waldinventur ist personell geschwächt und die Feldaufnahmen sind vielerorts nicht möglich.

Die dafür notwendigen politischen Prozesse wurden durch Öffentlichkeitsarbeit und Mitwirkung bei der Erstellung von Textentwürfen unterstützt. In diesem Zusammenhang sind eine Informationsbroschüre<sup>6</sup> und eine Internet-Homepage<sup>7</sup> entstanden. Alle Entscheidungen zur nationalen Waldinventur in der Ukraine liegen stets bei den zuständigen Stellen des Landes.

Allgemeine Hinweise für die Vorbereitung und Durchführung nationaler Waldinventuren enthalten Anlagen 2 „Schlüsselfaktoren für eine erfolgreiche nationale Waldinventur“, Anlage 3 „Lehren aus 40 Jahren nationaler Waldinventur in Deutschland“ und Anlage 4 „Evaluationskriterien für nationale Waldinventuren“.

Der Beratungsansatz orientierte sich an den damals gerade neu publizierten Empfehlungen der FAO für das nationale Waldmonitoring. Inzwischen hat die FAO zusätzlich auch eLearning-Module zur Vorbereitung und Durchführung Nationaler Waldinventuren im Internet veröffentlicht.

---

<sup>2</sup> <https://www.apd-ukraine.de/de/uber-das-projekt>

<sup>3</sup> European National Forest Inventory Network, <http://www.enfin.info/>

<sup>4</sup> Storozhuk V, Polley H (2017) Forest inventories - status quo in Ukraine, record of Germany and guidelines by FAO: agricultural policy report. Kiew: APD, 52 p

<https://www.apd-ukraine.de/de/lisokoristuvannya/lisopolitichni-zviti>, abgerufen am 30.12.2022

<sup>5</sup> Inception report Technical Support to Forest Policy Development and National Forest Inventory Implementation. UNIQUE-IAK. 14.01.2022

<sup>6</sup> National Forest Inventory: How forest policy contributes to public acceptance of forest use; Kyiv August 2018

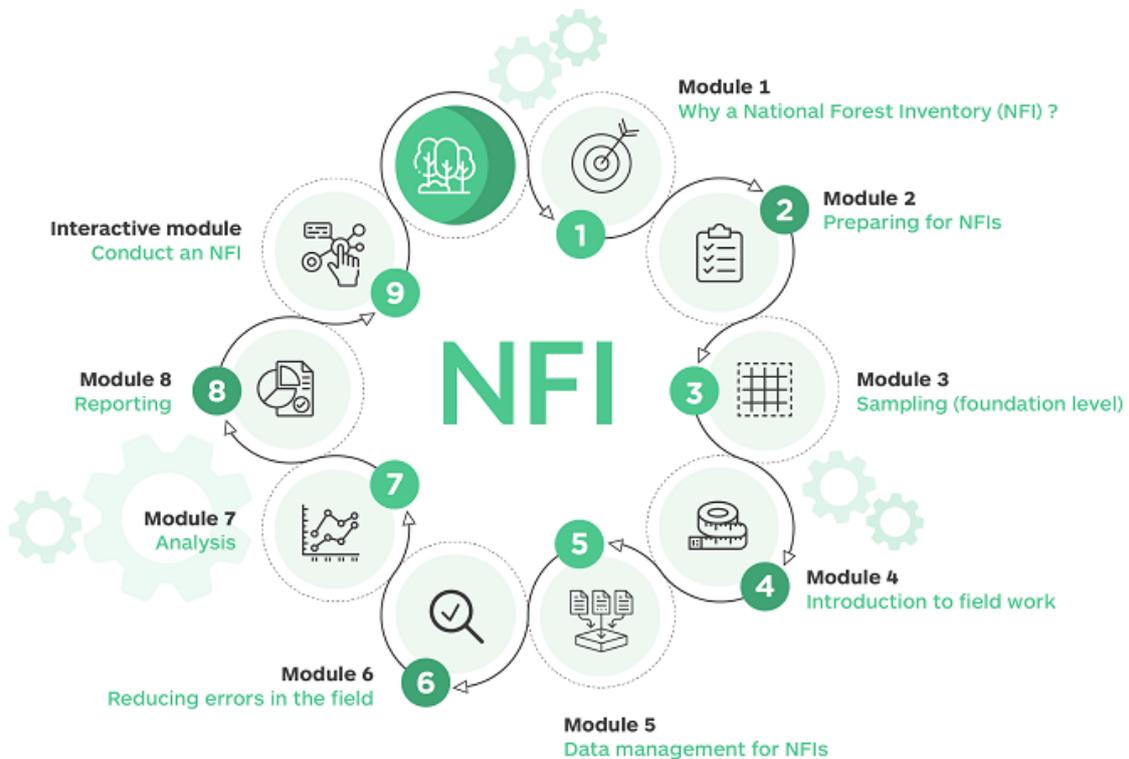
<https://www.apd-ukraine.de/de/lisokoristuvannya/publikatsiji-shchodo-lisokoristuvannya>

<sup>7</sup> [www.nfi.org.ua](http://www.nfi.org.ua), abgerufen am 30.12.2022.

**Table 1: Principles of the Voluntary Guidelines on National Forest Monitoring**

Governance principles	Principle 1: Country ownership and responsibility
	Principle 2: Legal and policy basis
	Principle 3: Landscape view
	Principle 4: Institutionalization of NFM
	Principle 5: Research infrastructure and capacity building
Scope principles	Principle 6: Participatory discussion process
	Principle 7: Satisfaction of national information needs
Design principles	Principle 8: Integration of and consistency with existing information sources
	Principle 9: Flexible approach
	Principle 10: Multi-purpose approach
	Principle 11: Feasibility including cost-efficiency
Data principles	Principle 12: A well-defined data and information-sharing policy
Overall principles	Principle 13: Credibility through transparency and quality
	Principle 14: Collaboration at the international level

FAO Voluntary Guidelines on National Forest Monitoring (2017) <sup>8</sup>



FAO eLearning modules on National Forest Inventory<sup>9</sup>

<sup>8</sup> Voluntary Guidelines on National Forest Monitoring, FAO 2017.  
<https://www.fao.org/documents/card/en/c/3ba84dd8-5ba2-4905-8737-b1636915c988>

<sup>9</sup> FAO eLearning modules on National Forest Inventory  
<https://www.fao.org/national-forest-monitoring/areas-of-work/nfi/modules/en/>

## 2.2 Spezielle Beratung

Folgende spezielle Themen wurden behandelt:

1. Stichprobendesign
2. Plotdesign
3. Zeit- und Kostenkalkulation
4. Software für die Datenerfassung
5. Qualitätsmanagement

**Stichprobendesign:** Räumliche Verteilung und zeitliche Abfolge der Datenerhebung

Die Inventurtrakte sind gleichmäßig und doch zufällig über das Inventurgebiet verteilt. Dazu ist das Inventurgebiet in Inventurquadrate mit 4.950 m Seitenlänge aufgeteilt, in denen jeweils ein Inventurtrakt zufällig positioniert ist. Der Inventurplan sieht vor, dass jedes Jahr 20 % der Trakte in systematischer Reihenfolge erfasst werden sollen. Dabei entstehen lange Fahrstecken zwischen den Trakten (ca. 25 km Luftlinie), da vier Inventurquadrate „übersprungen“ werden.

*Anmerkungen:*

*Die Stichprobendichte ist in der Ukraine geringer als bei der Bundeswaldinventur in Deutschland. Die Bundeswaldinventur verwendet ein Basisnetz von 4 km x 4 km mit der Option für eine zweifache oder vierfache Verdichtung in den Bundesländern. Die Verdichtungen des Stichprobennetzes berücksichtigen die regional unterschiedlichen Waldanteile und den spezifischen Informationsbedarf in den Bundesländern.*

*Der Stichprobenplan mit der zufälligen Positionierung der Trakte in systematisch ausgelegten Inventurquadraten in der Ukraine kommt der Theorie einer Zufallsstichprobe näher als das systematische Stichprobennetz in Deutschland und vielen anderen Ländern. Es ist auch besser gegen eine unbeabsichtigte Offenlegung der Stichprobenkoordinaten geschützt.*

*Die jährliche Erfassung jedes fünften Inventurtraktes ist von Vorteil, wenn Zwischenergebnisse für die gesamte Ukraine während des Inventurzyklus hochgerechnet werden sollen. Das verursacht jedoch zusätzlichen logistischen Aufwand und ist störanfällig. In Deutschland können die Inventurtruppe die Reihenfolge der Traktaufnahmen selbst festlegen. Sie haben damit maximale Flexibilität in der Arbeitsorganisation und letztendlich mehr Effizienz.*

Die Clusterung von vier Inventurplots in einem Inventurtrakt entspricht dem üblichen Standard für nationale Großrauminventuren. Damit wird das Verhältnis von Anmarschzeit und Arbeitszeit am Probepunkt verbessert. Allerdings sind die Trakte mit 420 m Seitenlänge relativ groß. Das hat lange Laufwege (1.680 m) und entsprechende Laufzeiten (ca. 1 h) zwischen den Plots eines Traktes zur Folge.

Fazit: Das Stichprobendesign bedingt relativ lange unproduktive Wegezeiten zum und im Trakt. Das darf bei der Zeitkalkulation nicht unterschätzt werden.

**Plotdesign:** Datenerhebung am Probepunkt

Das Aufnahmeverfahren sollte so gestaltet sein, dass unter den üblichen Bedingungen ein Trakt an einem Arbeitstag abgearbeitet werden kann, um ein mehrfaches Aufsuchen zu vermeiden. Wesentlichen Einfluss auf den Zeitaufwand am Probepunkt hat die Größe und Abstufung der Probekreise. Um die Anzahl der erfassten Probebäume zu reduzieren, wurde zusätzlich zu den ursprünglich vorgesehenen Probekreisen mit 50 m<sup>2</sup> und 500 m<sup>2</sup> ein weiterer Probekreis mit 250 m<sup>2</sup> für den Durchmesserbereich von 15 cm bis 30 cm eingefügt (Anlage 5).

Anmerkung:

*Die in Zentimeter vorgegebenen Probekreisradien ergeben nicht exakt die nominellen Probekreisflächen. Besonders groß ist die Abweichung bei den kleineren Probekreisen. Deshalb sollten bei der Auswertung nicht die nominellen Probekreisflächen, sondern die rechnerische Fläche  $\pi * r^2$  verwendet werden.*

## **Software** für die Datenerfassung

Für das Datenmanagement und insbesondere die Datenerfassung im Wald wurden im Wesentlichen zwei Lösungen diskutiert:

- **Field Map<sup>10</sup>**: Leistungsfähiges professionelles Komplettpaket mit Hard- und Software, das schon bei früheren Aufnahmen im Sumy Oblast (2008-2012) und im Ivano-Frankivsk Oblast (2009-2015) eingesetzt wurde. Relativ teuer und hohe Anforderungen an Nutzer und Administration.
- **Open Foris<sup>11</sup>**: Von der FAO entwickelte Opensource-Software für die Waldinventur, die in vielen Ländern erfolgreich eingesetzt wird – u. a. auch bei der nationalen Waldinventur in Georgien. Kostenfreie Lizenzen, relativ einfach anwendbar und aktive Nutzer-Community.

Eine Nachnutzung der Bundeswaldinventur-Software ist nicht möglich, da die Anpassung sehr aufwändig wäre und eine laufende Wartung nicht gewährleistet werden könnte. Eine Eigenprogrammierung wurde wegen des Entwicklungs- und Testaufwandes nicht empfohlen.

Ein wichtiger Bestandteil einer guten Datenerfassungssoftware sind integrierte Plausibilitätsprüfungen zur Verbesserung der Datenqualität. Die Software muss ergonomisch gestaltet sein, einfache Installation und Updates ermöglichen und Sicherheit vor Datenverlust gewährleisten.

Das gesamte Datenmanagement muss vor dem praktischen Einsatz gründlich getestet werden.

## **Zeit- und Kostenkalkulation**

Einen Überblick, wie Zeit- und Kostenaufwand von Inventurdesign und Organisation abhängen, gibt Anlage 4. Nachdem der Datenbedarf sowie die Stichprobedichte und das Plot-/ Clusterdesign festgelegt sind, beeinflussen der Zeitplan sowie die Größe und technische Ausstattung der Inventurteams den Kostenaufwand. Grundsätzlich gilt, dass bei kürzerem Inventurturnus mit mehr Inventurteams eine teure technische Ausstattung ein größerer Kostentreiber ist, als bei einem längeren Inventurturnus.

## **Qualitätsmanagement**

Die wichtigsten Elemente des Qualitätsmanagements sind:

- eine klare Aufnahmeanweisung,
- die gründliche Schulung der Aufnahmetrupps,
- Plausibilitätsprüfungen in der Software für die Datenerfassung,
- Kontrollaufnahmen an mindestens 5 % der Probepunkte,
- zur Sorgfalt motivierende Leistungsanforderungen an die Inventurtrupps,
- klare Regeln für den Umgang mit Qualitätsmängeln,
- unabhängige Kontrolle der Auswertungssoftware,
- Überprüfung der Inventurergebnisse.

---

<sup>10</sup> <https://www.fieldmap.cz/>

<sup>11</sup> <https://openforis.org/>

### 3.HINWEISE ZUR AUFNAHMEANWEISUNG

Die Aufnahmeanweisung ist die Grundlage für die Schulung und Arbeit der Inventurtrupps. Sie ist auch eine Dokumentation für die Entwicklung der Datenerfassungs-Software sowie für die spätere Entwicklung einer Folgeinventur. Die Aufnahmeanweisung hat auch Bedeutung für die korrekte Interpretation der Inventurergebnisse. Sie muss umfassend, eindeutig und verständlich sein. Wenn sich im Laufe der Schulungen oder der Datenerhebung Unklarheiten ergeben, müssen diese behoben werden. Das sollte sich aber auf redaktionelle Änderungen beschränken. Inhaltliche Änderungen während einer laufenden Inventur sind unbedingt zu vermeiden, da das die Datenkonsistenz gefährdet.

Da die Aufnahmeanweisung<sup>12</sup> erst im Sommer 2022 übermittelt wurde, konnten folgende Hinweise nicht rechtzeitig vor Beginn der Feldaufnahmen gegeben werden:

- Der Titel „Методичні Вказівки ...“ (methodische Leitlinien) gibt die Bedeutung des Dokuments nicht angemessen wieder. Das Dokument soll ja konkrete Handlungsanweisungen geben und nicht nur Leitlinien, an denen sich das Handeln orientiert. International ist dafür der Begriff „Field Instruction“ oder „Field Manual“ üblich.
- Es fehlt eine aussagefähige Walddefinition. Diese ist die wichtigste Grundlage für die Durchführung der Waldinventur und für die Interpretation und internationale Vergleichbarkeit der Ergebnisse. Viele nationale Waldinventuren verwenden die Walddefinition der FAO<sup>13</sup>. Andere haben eigene nationale Walddefinitionen. Üblicherweise folgen die Walddefinitionen einem einheitlichen Muster:
  - o Mindest-Flächengröße (und Breite), Mindest-Kronenbedeckung, Mindest-Höhe der Bäume, nicht zum Wald gehört ..., zusätzliche Beschreibungen.
- Die im Kapitel 4.2 der Aufnahmeanweisung vorgesehene Verschiebung des Stichprobenmittelpunktes, falls eine Fixierung nicht möglich ist, führt zur Verfälschung der Zufallsstichprobe. Das kann zu einer systematischen Unterrepräsentierung flachgründiger Standorte führen. Eine bessere Lösung wäre eine exzentrische Markierung des Probepunktes. Dabei wird ein Ersatzpunkt fixiert und von dort aus Azimut und Entfernung zum Stichprobenmittelpunkt gemessen.
- In der Definition 10.4.1 „Koordinaten des Baumes – Entfernung“ fehlt die Festlegung, dass die Entfernung horizontal zu messen ist. Bei der anschließenden Messanleitung für das Vertex-Messgerät ist das jedoch korrekt dargestellt. Zudem ist der Messpunkt am Baum („до найближчої точки стовбура на висоті 1,3 м“) ungünstig definiert. Damit verringert sich die Entfernung mit wachsendem Brusthöhendurchmesser und knapp außerhalb des Probekreises stehende Bäume könnten bei einer Folgeinventur unzulässigerweise in den Probekreis hineinwachsen. Besser wäre eine Messung bis zur Stammachse. Eine rechnerische Korrektur ist möglich, indem zu der vorgeschriebenen Messung der Baumradius addiert wird.
- Wie Probekreise am Waldrand behandelt werden, geht aus der Aufnahmeanweisung nicht hervor. Üblicherweise werden bei Waldinventuren nur die Probeflächen erfasst, deren Mittelpunkt im Wald liegt. Dann ist eine „Spiegelung“ bei der Aufnahme oder eine

<sup>12</sup> Методичні вказівки з проведення польових робіт з національної інвентаризації лісів України. Версія 1.10 від 03.06.2022. Die Anmerkungen beziehen sich auf die deutsche Grobübersetzung, in der möglicherweise nicht alles exakt wiedergegeben ist.

<sup>13</sup> Zum Beispiel in: Global Forest Resources Assessment - Terms and Definitions. FAU, Rome 2018, page 10.

<https://www.fao.org/3/I8661EN/i8661en.pdf>

“Forest: Land spanning more than 0.5 hectares with trees higher than 5 meters and a canopy cover of more than 10 percent, or trees able to reach these thresholds in situ. It does not include land that is predominantly under agricultural or urban land use. Explanatory notes ...

”

rechnerische Korrektur anhand der eingemessenen Grenzlinie nötig, um Waldrandsituationen korrekt zu repräsentieren.

- Der für die Messgrößen angegebene Qualitätsstandard „In xx % der Fälle keine Aufzeichnungsfehler“ ist für ein aktives Qualitätsmanagement ungeeignet, da Fehler nicht konkret benannt, sondern nur summarisch beschrieben werden. Auf dieser Grundlage ist eine aktive Einflussnahme zur Qualitätssicherung nicht möglich.

## 4. PROJEKTZIELE 2022 BIS 2024

---

Im Eröffnungsbericht vom Januar 2022 sind folgende Projektziele für die nationale Waldinventur benannt:

1. Supporting quality assurance, control procedures, and the implementation of the NFI.
2. Analysis methods and advancement options
3. Supporting development and implementation of an analysis system.
4. Supporting the data analysis after the first two years of field work and the preparation of the draft report on preliminary NFI results as defined in the "Order on NFI Conducting".
5. Training and capacity building at CNFI.
6. Supporting NFI related dissemination.

Wegen des Überfalls Russlands am 24.02.2022 können die Arbeiten zur nationalen Waldinventur in der Ukraine nur mit Einschränkungen fortgeführt werden und die Projektziele sind zu überprüfen. Große Teile des Inventurgebietes sind wegen Kampfhandlungen, Minengefahr, russischer Besetzung oder Radioaktivität nicht zugänglich. Solange eine instabile Lage herrscht, ist eine langfristige Planung nicht möglich. Gleichwohl sollten kurzfristig mögliche Aktivitäten realisiert werden, um einen vollständigen Abbruch der begonnenen nationalen Waldinventur in der Ukraine zu verhindern. Auf Arbeitsebene ist eine regelmäßige, vertrauensvolle Kommunikation zwischen allen Beteiligten einzurichten. Dabei ist der Beratungsbedarf zu ermitteln und zielgerichtet Unterstützung zu leisten. Dabei sollen – wie bisher - allgemeine und spezielle Fragen behandelt werden.

In einer Videokonferenz am 14. Dezember 2022 wurde über die bisherigen Arbeitsergebnisse sowie Ressourcen und Unterstützungsbedarf für die Waldinventur in der Ukraine diskutiert. Dabei wurde deutlich, dass ganz elementare Defizite bestehen, so zum Beispiel Finanzierung der Gehälter für das Personal sowie Fahrzeuge und Arbeitsschutzbekleidung für die Inventurtrupps; aber auch Gerätebatterien, Bandmaße, Speicherkarten und SIM-Karten mit Vertrag. Im Zentrum für Waldinventur waren am Jahresbeginn 2022 nur 15 von 25 Personalstellen besetzt. Davon sind aktuell 4 vakant wegen Militärdienst. Zwei Inventurtrupps waren im Einsatz. Die Inventurkontrollen wurden von der Inventurleitung durchgeführt. Die vielen elementaren, kriegsbedingten Probleme überdecken derzeit eine gründliche Auseinandersetzung mit speziellen methodischen Fragen.

Da die Feldaufnahmen durch den russischen Überfall auf die Ukraine erheblich erschwert und in weiten Gebieten derzeit nicht möglich sind, ist ein planmäßiger Abschluss nach fünf Jahren sehr unwahrscheinlich. Deshalb soll nun eine Methodik entwickelt werden, wie grundlegende Informationen über den Wald in der Ukraine mit weniger Feldaufnahmen ermittelt werden können. Dazu wird vom SFI-Projekt eine Konzeptstudie für eine fernerkundungsbasierte Waldinventur erstellt. Dafür sollen die terrestrischen Daten der Waldinventur sowie Forsteinrichtungsdaten als Trainings- und Validierungsdaten genutzt werden.

Das ist eine völlig andere Herangehensweise, mit dem die ursprünglich gesetzten Ziele der nationalen Waldinventur nicht in vollem Umfang erfüllt werden können. Gleichzeitig ermöglicht das aber flächendeckende Kartendarstellungen, die mit einer Stichprobeinventur nicht möglich sind. Welche Potenziale die fernerkundungsbasierte Waldinventur für die Ukraine hat, wird eine Konzeptstudie des SFI-Projektes zeigen. Von den verschiedenen Fernerkundungsdaten werden bei nationalen Waldinventuren insbesondere multispektrale Satellitendaten genutzt, die kostengünstig zur Verfügung stehen (z. B. Sentinel 2).

Die folgende Darstellung gibt einen grundlegenden Vergleich der beiden Inventuransätze.

<b>Terrestrische Stichprobeninventur</b>	<b>Multispektrale Satellitendaten</b>
<p>Grundlage sind direkt an Stichprobenobjekten im Wald erhobene Daten, die bestimmte Waldeigenschaften unmittelbar (z. B. Baumart oder Waldtyp) oder über mathematische Modelle (z. B. Holzvorrat aus Brusthöhendurchmesser und Baumhöhe) beschreiben. Die Stichprobe umfasst nur einen sehr kleinen Teil der Grundgesamtheit und kann nur in größeren Zeitabständen erhoben werden.</p> <p>Aus den Stichprobendaten werden Informationen für die Grundgesamtheit hochgerechnet („geschätzt“). Der dabei auftretende Stichprobenfehler kann aus den Daten selbst geschätzt werden. Er hängt von der Varianz der Stichprobendaten und dem Stichprobenumfang ab.</p> <p><b>Der kritische Punkt bei der terrestrischen Stichprobeninventur ist die Hochrechnung von der Stichprobe auf die Grundgesamtheit. Dafür sind genügend Stichprobendaten erforderlich.</b></p>	<p>Grundlage ist die vom Satelliten gemessene spektrale Rückstrahlung für viele einzelne Pixel, die das gesamte Inventurgebiet abdecken –auch multitemporal. Alle gemessenen Daten sind Proxydaten (Stellvertreter) für die eigentlichen Zielgrößen.</p> <p>Über Transferfunktionen (z. B. „k-nearest neighbors algorithm“) werden aus den Satellitendaten Informationen zum Wald für jeden Pixel und somit letztendlich für die gesamte Inventurfläche ermittelt. Für die Entwicklung und Validierung der Transferfunktionen sind Fremddaten - z. B. aus einer terrestrischen Stichprobeninventur - erforderlich.</p> <p><b>Bei der Nutzung von Satellitendaten liegt die besondere Herausforderung in der Herleitung der Waldinformation zu den Pixeln. Dafür sind neben den Satellitendaten auch Trainings- und Validierungsdaten aus anderen Quellen nötig.</b></p>

Trotzdem sollte die Datenerhebung auf der terrestrischen Stichprobe nach Möglichkeit fortgesetzt werden. Damit wird auch die Datengrundlage für die satellitengestützte nationale Waldinventur verbessert. In dem Zusammenhang wäre eine hinreichende Abdeckung aller vorkommenden Waldtypen von Vorteil, wenn das logistisch leistbar ist. Perspektivisch sollte auch am Ziel einer vollständigen terrestrischen Stichprobeninventur festgehalten werden, da die satellitengestützte Waldinventur viele Fragestellungen nicht beantworten kann. Wenn die Feldaufnahmen völlig eingestellt würden, besteht die Gefahr, dass die derzeit bestehenden Strukturen aufgelöst werden und ein Neustart schwierig wird. Allerdings verringert ein sehr langer Erhebungszeitraum die Aktualität und somit den Wert der Daten.

Parallel zu den laufenden Feldaufnahmen sind im Jahr 2023 methodische Grundlagen für die Auswertung der Daten zu entwickeln - soweit das noch nicht geschehen ist. Dafür ist ein IT-Konzept zu erarbeiten und umzusetzen. Das betrifft zunächst vor allem die erste Aggregations-ebene (Ableitung von je-Hektar-Werten für die Probepunkte), weil diese auch als Trainings- und Validierungsdaten für die fernerkundungsbasierte Waldinventur benötigt werden. Dafür sind zum Beispiel geeignete Volumen- und Biomassefunktionen nötig. Ein weiterer Schritt ist dann die Hochrechnung von der Stichprobe auf die Grundgesamtheit. In dem Zusammenhang ist zunächst vor allem über die zu nutzende Software zu entscheiden.

# ANLAGE 1

---

## Schlüsselfaktoren für eine erfolgreiche nationale Waldinventur

Die folgenden Erfolgsfaktoren sind wichtig für die Implementierung einer nationalen Waldinventur.

### 1. Die Politik erkennen den Informationsbedarf

Die Erkenntnis, dass umfassende Informationen über den Wald auf nationaler Ebene für eine erfolgreiche Forstpolitik unerlässlich sind, ist eine entscheidende Voraussetzung für die Etablierung einer nationalen Waldinventur als staatliche Aufgabe. Der notwendige politische Rückhalt und die entsprechende Bereitschaft zur Finanzierung entstehen nur, wenn der Informationsbedarf von den Entscheidungsgremien anerkannt wird. Dafür ist die Unterstützung des Projekts durch verschiedene Interessengruppen förderlich. Die nationale Waldinventur muss daher in einen möglichst großen Zusammenhang gestellt werden. Ihre Daten sind nicht nur für die Forstwirtschaft wichtig, sie sind auch für viele andere gesellschaftliche Bereiche relevant. Dazu gehören z.B. die Holzverarbeitende Industrie, Arbeitsplätze und Einkommen auf dem Land, Bioenergie, Biodiversität und Naturschutz, Klimaschutz und internationale Abkommen.

In Deutschland war ein befürchteter Holz-mangel sowie ein breiter gesellschaftlicher Disput über das Waldsterben Anfang der 1980er Jahre wichtige Impulse für die Einrichtung einer nationalen Waldinventur. Heutzutage könnten Probleme des Klimawandels, des illegalen Holzeinschlags und der nachhaltigen Entwicklung die Motivation für eine nationale Waldinventur fördern.

### 2. Wissenschaftler und Interessenvertreter entwickeln gemeinsam Konzepte

Gleichzeitig muss aufgezeigt werden, wie die benötigten Informationen gewonnen werden können. Es müssen Konzepte für die nationale Waldinventur entwickelt werden. Dabei können Erfahrungen aus anderen Ländern hilfreich sein. Allerdings müssen die nationalen Gegebenheiten berücksichtigt werden. Unterschiedliche Lösungen sind möglich. Die Konzepte sollen gemeinsam mit den zukünftigen Datennutzern entwickelt werden, um deren Bedürfnisse bestmöglich zu erfüllen. Darüber hinaus wird ihre Lobbyarbeit die Realisierung der nationalen Waldinventur unterstützen. Nur wissenschaftlich fundierte Konzepte, die von der Politik unterstützt werden, haben eine gute Chance auf Verwirklichung.

### 3. Legalisierung, Finanzierung, Institutionalisierung

Als staatliche Aufgabe braucht die nationale Waldinventur eine gesetzliche Grundlage. Diese sollte spezifisch sein, aber gleichzeitig eine gewisse Freiheit in der inhaltlichen Ausgestaltung zulassen. Eine staatliche Stelle sollte beauftragt und mit einem eigenen Budget ausgestattet werden. Meistens wird das Budget zu klein sein. Dann müssen die richtigen Prioritäten gesetzt und Rationalisierungsmöglichkeiten ausgeschöpft werden. Kontinuität des Personals, zumindest im Kernbereich, ist notwendig um das Know-how langfristig zu erhalten.

### 4. Waldinventur muss relevante Informationen liefern

Die Waldinventur muss die erwarteten Informationen liefern. Nur wenn sie die Erwartungen erfüllt, wird ihre Fortführung die notwendige Unterstützung finden.

Für die abschließende Datenkontrolle, die Auswertung sowie Prüfung, Analyse und Aufbereitung der Ergebnisse ist ausreichend Zeit einzuplanen. Da alle Ergebnisse zueinander passen müssen, können die Ergebnisse erst veröffentlicht werden, wenn alle

# ANLAGE 1

---

wesentlichen Auswertungen abgeschlossen sind.

Bei einigen Fragen wird die Inventur an ihre Grenzen stoßen. Dann ist es wichtig, den Informationsgehalt der Daten mit viel Kreativität zu nutzen. Es können Konflikte zwischen wissenschaftlicher Genauigkeit und Informationsbedarf entstehen. Sie sollten von Fall zu Fall geklärt werden. Unsicherheiten sind ehrlich zu kommunizieren.

## 5. Öffentlichkeitsarbeit zur Verbreitung der Ergebnisse

Die Information muss dorthin gelangen, wo sie gebraucht wird. Deshalb sind die Ergebnisse der Waldinventur für Interessenten in Forst- und Holzwirtschaft, Politik, Wissenschaft und breiter Öffentlichkeit gezielt und verständlich aufzubereiten.

Für die Verbreitung der Ergebnisse sind verschiedene Kanäle zu nutzen: Printmedien, Internet, eigene Symposien, Beiträge zu Stakeholder-Veranstaltungen, Medienarbeit.

## 6. Vertrauenswürdigkeit, Objektivität und Neutralität

Die Vertrauenswürdigkeit der Waldinventur ist sehr wichtig für ihren langfristigen Fortbestand. Es wird Zweifel und Kritik an den Ergebnissen geben, insbesondere wenn diese von anderen Daten abweichen. Deshalb müssen die Methoden wissenschaftlich korrekt sein und veröffentlicht werden.

Die Waldinventur hat die Aufgabe, die Politik auf wissenschaftlicher Grundlage zu beraten. Deshalb müssen die Ergebnisse neutral und objektiv dargestellt werden. Die Wissenschaft muss frei von politischen Interessen sein.

## 7. Reagieren auf neuen Informationsbedarf

Wenn die nationale Waldinventur etabliert ist, muss sie auf neue Informationsbedürfnisse reagieren. Dazu muss die Entwicklung der gesellschaftlichen Anforderungen genau beobachtet werden, um neue Trends rechtzeitig zu erkennen. Dies gelingt am besten, wenn ein enger Kontakt zu den Interessengruppen besteht.

## 8. Entwicklung der wissenschaftlichen Zusammenarbeit

Externes Wissen muss erschlossen und genutzt werden, um die eigene Expertise zu ergänzen. Zu diesem Zweck sollten Netzwerke aufgebaut und gepflegt werden. Die Waldinventur muss sich bekannt machen und geeignete Partner für gemeinsame Projekte finden. Diese erweitern den wissenschaftlichen Horizont und bieten jungen Wissenschaftlern Karrieremöglichkeiten.

## 9. Kontinuierlicher Aufbau von Kapazitäten

Mit wiederholten Inventuren und zunehmender Bekanntheit der Inventur nehmen Umfang und Komplexität der Aufgaben zu. Daher müssen die personellen Ressourcen mittelfristig ausgebaut werden.

## 10. Methoden sollten sorgfältig weiterentwickelt werden

Wo nötig und möglich, müssen die Methoden weiterentwickelt werden. Dies gilt für Messtechnik, Software und Datenverarbeitung, statistische Methoden und Fernerkundung. Die Vergleichbarkeit mit früheren Erhebungen muss aber immer gewährleistet sein.

## ANLAGE 2

---

### Lehren aus 40 Jahren nationale Waldinventur in Deutschland

Folgende grundlegende Erfahrungen aus der nationalen Waldinventur (Bundeswaldinventur) in Deutschland wurden erläutert:

1. Die nationale Waldinventur löst kein Problem, aber sie unterstützt wichtige Entscheidungsfindungen.

Am 27. Juli 1984 wurde der § 41a „Bundeswaldinventur“ in das Bundeswaldgesetz eingefügt. Das war genau die Zeit, als die politische Diskussion über das Waldsterben in Deutschland ihren Höhepunkt hatte. Aber in Fachkreisen hat Diskussion schon zehn Jahre früher begonnen. Der Anlass für die Bundeswaldinventur war nicht das Waldsterben, sondern die Sorge um die künftige Holzversorgung. Da der politische Druck wegen des Waldsterbens groß war, wurde noch vor der Bundeswaldinventur im Jahre 1983 die Waldzustandserfassung gestartet und einige Jahre später dann in vielen weiteren Ländern als Level I Monitoring eingeführt. Das ist die erste Lehre: Ein Monitoring-System wird eingerichtet, wenn es ein drängendes Problem gibt. Zwar löst das Monitoring keine Probleme, aber es unterstützt die Prozesse zur Lösungsfindung.

2. Die nationale Waldinventur ist mehr als ein statistisches Design.

Es gibt viele Lehrbücher über die Waldinventur. Aber diese konzentrieren sich zumeist auf die mathematisch statistischen Grundlagen. Doch zu einer nationalen Waldinventur gehört viel mehr als ein statistisches Design. Seit 2017 gibt es die „Voluntary Guidelines on National Forest Monitoring“ der FAO. Diese geben einen Überblick darüber, was für eine nationale Waldinventur alles nötig ist. Und in der Tat sind das die Schritte, die wir auch in Deutschland absolvieren mussten. Und wir erleben auch, dass dieser Prozess nie abgeschlossen ist. Alles muss sich weiterentwickeln: Die Lebensdauer einer Software ist meistens viel kürzer als ein Inventurzyklus. Ständig gibt es wissenschaftliche Publikationen über neue Methoden der Waldinventur. Die Finanzierung muss immer wieder neu geklärt werden. Auch die Institutionen haben stets ihre Dynamik und der rechtliche Rahmen kann sich ändern.

3. Die nationale Waldinventur ist ein Kompromiss zwischen Anforderungen und Limitierungen.

Die Erwartungen an die nationale Waldinventur sind immer größer als ihre Möglichkeiten. Und deshalb ist eine nationale Waldinventur immer ein Kompromiss zwischen Anforderungen und Begrenzungen.

Wegen der Vielzahl der Probepunkte summiert sich jede zusätzliche Minute bei den Feldaufnahmen in Deutschland zu einem Personenarbeitsjahr für die gesamte Inventur. Deshalb wird ein zusätzlicher Zeitaufwand an den Probepunkten kaum akzeptiert. Wenn wir neue Attribute erfassen wollen, müssen wir woanders Zeit einsparen.

Natürlich wäre es schön, wenn die nationale Waldinventur jedes Jahr aktuelle Daten liefern könnte. Aber das kann eine periodische Inventur nicht leisten. In Deutschland haben wir alle zehn Jahre eine reguläre Bundeswaldinventur und in der Zeit dazwischen erfassen wir eine reduzierte Anzahl von Merkmalen auf einer Unterstichprobe. Diese Zwischeninventur ist vor allem für die Treibhausgas-Berichterstattung wichtig. Aber sie zeigt auch die wichtigsten Trends der Waldentwicklung.

## ANLAGE 2

---

### 4. Ein leistungsfähiges Datenmanagement ist das Rückgrat der nationalen Waldinventur.

Ohne eine leistungsfähige Datenverarbeitung ist eine nationale Waldinventur nicht möglich. Die IT-Systeme müssen den lückenlosen Datenfluss von der Messung im Wald bis zur Information auf dem Bildschirm des Nutzers gewährleisten. Dazu gehören die Datenerfassung auf mobilen Geräten, Datenverarbeitung und Aggregation auf zentralen Servern und die Verbreitung der Ergebnisse im Internet. Eine besondere Herausforderung ist dabei die Langfristigkeit der nationalen Waldinventur.

Einerseits steigen die Anforderungen an das Datenmanagement und andererseits werden die IT-Systeme leistungsfähiger. Darum mussten wir bislang für jede Inventur neue Software entwickeln. Nur für die Zwischeninventuren konnten wir weitgehend die Software der vorherigen regulären Bundeswaldinventur nutzen.

Wir haben mit proprietären Datenformaten für die erste Bundeswaldinventur 1987 begonnen. Dann haben wir zu einfachen dBase und Access Datenbanken gewechselt. Zum Teil haben wir mit MySQL Datenbanken gearbeitet. Gegenwärtig ist MS SQL Server unser wichtigstes Datenbanksystem. Die Auswertung ist überwiegend mit SQL-Abfragen, Prozeduren und Funktionen realisiert. Zunehmend kommt auch die freie Statistiksoftware „R“ zum Einsatz. Das IT-System sollte während des Inventurzyklus möglichst nicht geändert werden.

### 5. Der Wert von Zeitreihen ist ein Hindernis für Innovationen.

Ein sehr wichtiges Anliegen der nationalen Waldinventur ist die Ermittlung von Trends und Veränderungen der Wälder sowie des Holzzuwachses. Darum sind wir sehr restriktiv bezüglich methodischer Änderungen. Wir vermeiden Änderungen von Definitionen. Wir nutzen wie schon vor 30 Jahren keine Kluppe sondern ein Umfangsmaßband zur Messung des Brusthöhendurchmessers, denn die beiden Messverfahren liefern nur für kreisrunde Stammquerschnitte identische Werte. Für die Auswahl der Probestämme nutzen wir weiterhin die Bitterlich-Winkelzählprobe.

Es besteht jedoch ein wachsender Informationsbedarf und so haben wir beispielsweise eine Tothholzerfassung, eine Naturnähe-Klassifizierung und die Bewertung von Natura 2000 Waldlebensraumtypen eingeführt. Auf der anderen Seite besteht Bedarf nach mehr Effizienz und wir haben die Messungen der Baumhöhen und der oberen Durchmesser reduziert. Wenn wir verbesserte Methoden (z. B. neue Biomassefunktionen) anwenden, berechnen wir die alten Daten mit neuen Methoden neu, um korrekte Schätzungen der Änderungen zu erhalten.

### 6. Akzeptanz, Vertrauen und Kommunikation bringen die Wirkung.

Die nationale Waldinventur produziert eine riesige Menge an Zahlen und es ist eine besondere Herausforderung, daraus klare Botschaften abzuleiten und diese an die Zielgruppen zu kommunizieren. Erstens müssen die Menschen überhaupt wissen, dass es diese Waldinventur gibt. Zweitens müssen die Interessenten die Informationen finden, die sie suchen. Und drittens müssen sie die Zahlen richtig verstehen und interpretieren und vielleicht Zusammenhänge begreifen. Und sehr wichtig für die Akzeptanz und Wirksamkeit einer nationalen Waldinventur ist es, dass die Menschen den Daten vertrauen. Dazu müssen sie verstehen oder zumindest einen Eindruck bekommen wie

## ANLAGE 2

---

die Daten entstehen. Und es liegt in unserer Verantwortung, stets wissenschaftlich basiert zu berichten und uns bei politischen Interpretationen zurück zu halten.

7. Die nationale Waldinventur unterstützt politische Prozesse, muss aber unabhängig sein.

Die Waldinventur sollte Politik unterstützen, doch darf sie nicht selbst Politik machen. Als staatliche Aufgabe muss sie für alle Interessengruppen – nicht nur für den unmittelbaren Auftraggeber – offenstehen. Die Verbindung zwischen Information und Aktion ist die Kommunikation.

8. Hohe Ambitionen erfordern eine kritische Masse an wissenschaftlichem Personal.

Die Bundeswaldinventur ist mit einer erheblichen personellen Unterausstattung für die zentrale Koordinierung und die wissenschaftliche Betreuung gestartet. Dieses Defizit konnte nur durch wissenschaftliche Kooperation und Erfahrungsaustausch auf nationaler und internationaler Ebene sowie Outsourcing bestimmter Aufgaben bewältigt werden. Erst nach dem erfolgreichen Abschluss der zweiten und dritten Bundeswaldinventur hat sich die Situation nach und nach verbessert. Dabei hat auch eine Rolle gespielt, dass die Bundeswaldinventur wichtige Daten zum Treibausgasmonitoring und zur Biodiversität der Wälder liefern kann.

9. Fernerkundungsdaten können eine wertvolle Ergänzung, aber noch keinen Ersatz für terrestrische Waldinventurdaten sein.

Potenziale werden vor allem in der Anwendung von Kleingebietsschätzern gesehen. Dabei werden terrestrische Waldinventurdaten mit Hilfsinformationen aus Satellitendaten oder Luftbildern kombiniert und somit der Standardfehler der Stichprobenschätzung reduziert. Damit kann die Schätzgenauigkeit auf Ebene der Bundesländer verbessert werden. Auch für größere Landkreise sollen Aussagen ermöglicht werden.

10. Nationale und internationale Zusammenarbeit ist notwendig, um die Kompetenzen zu stärken.

Wegen vielfältiger Aufgaben zur Inventurdurchführung bleibt nicht genügend Zeit für eigene Forschung zur Inventurmethodik und zu speziellen Auswertungsansätzen. Viel Erfahrung und wissenschaftliche Fachkompetenz auf dem Gebiet der nationalen Waldinventuren ist im European National Forest Inventory Network ENFIN gebündelt.

## ANLAGE 3

---

### Evaluationskriterien für nationale Waldinventuren

Die folgenden Bewertungskriterien wurden für das European National Forest Inventory Network (ENFIN) vorbereitet aber bislang nicht weiter diskutiert. Sie können zur Selbstreflexion über den Entwicklungsstand einer nationalen Waldinventur dienen und Anregungen für Verbesserungen liefern.

- 1 Zuverlässigkeit der Durchführung
  - 1.1 Rechtliche Grundlagen
    - 1.1.1 Angemessenheit
    - 1.1.2 Operationalität
    - 1.1.3 Aktualität
  - 1.2 Politische Unterstützung
    - 1.2.1 Ministerien
    - 1.2.2 Parlament
    - 1.2.3 Parteien, Organisationen, NGO
  - 1.3 Institutionelle Organisation
    - 1.3.1 Stabilität
    - 1.3.2 Reputation
    - 1.3.3 Sichtbarkeit
  - 1.4 Finanzierung
    - 1.4.1 Umfang
    - 1.4.2 Verlässlichkeit
  - 1.5 Qualifiziertes Personal
    - 1.5.1 Anzahl der Festangestellten und Zeitarbeitskräfte
    - 1.5.2 Qualifikation
    - 1.5.3 Besetzung von Schlüsselpositionen
    - 1.5.4 Altersstruktur und Geschlecht
  - 1.6 Wissenschaftliche Vernetzung
    - 1.6.1 Koordinierte Aktivitäten
    - 1.6.2 Gemeinsame Projekte
- 2 Informationsgehalt
  - 2.1 Informationsangebot
    - 2.1.1 Zielattribute
  - 2.2 Informationstiefe
    - 2.2.1 Klassifizierungsattribute
    - 2.2.2 Räumliche Auflösung
  - 2.3 Aktualität
    - 2.3.1 Berichtszyklus
    - 2.3.2 Alter der Daten zum Zeitpunkt des Berichtes
  - 2.4 Bedarfsorientiert

## ANLAGE 3

---

- 2.4.1 Beteiligung von Interessenvertretern
- 2.4.2 Nutzerzufriedenheit
- 2.4.3 Verwertung der Ergebnisse
- 2.4.4 Verfügbare Auswertungen
- 2.4.5 Service und Unterstützung für die Nutzer
- 2.5 Verlässlichkeit
  - 2.5.1 Statistische Gewissheit
  - 2.5.2 Verlässlichkeit der Modelle
  - 2.5.3 Bewertung der Methoden
  - 2.5.4 Validierung der Ergebnisse
- 2.6 Entwicklungsmöglichkeiten
  - 2.6.1 Reaktion auf neue Anforderungen
  - 2.6.2 Nutzung des wissenschaftlichen und technischen Fortschritts
- 2.7 Zugänglichkeit der Ergebnisse
  - 2.7.1 Internet
  - 2.7.2 Druck
  - 2.7.3 Ausführlichkeit
  - 2.7.4 Verständlichkeit
- 2.8 Nachvollziehbarkeit
  - 2.8.1 Veröffentlichung der Methoden
  - 2.8.2 Politik der offenen Daten
- 3 Verbreitung der Ergebnisse
  - 3.1 Veröffentlichungen auf politischer Ebene
  - 3.2 Eigene Veröffentlichungen
  - 3.3 Wissenschaftliche Veröffentlichungen
  - 3.4 Zielgruppenspezifische Publikationen
  - 3.5 Medienpräsenz
  - 3.6 Präsentationen, Konferenzen, Messen
- 4 Gesellschaftliche Wirkung
  - 4.1 Politik
    - 4.1.1 Forstwirtschaft
    - 4.1.2 Holzverarbeitung
    - 4.1.3 Naturschutz
    - 4.1.4 Sonstiges
  - 4.2 Wirtschaft
    - 4.2.1 Forstwirtschaft
    - 4.2.2 Holzverarbeitung
    - 4.2.3 Andere
  - 4.3 Bildung

## ANLAGE 3

---

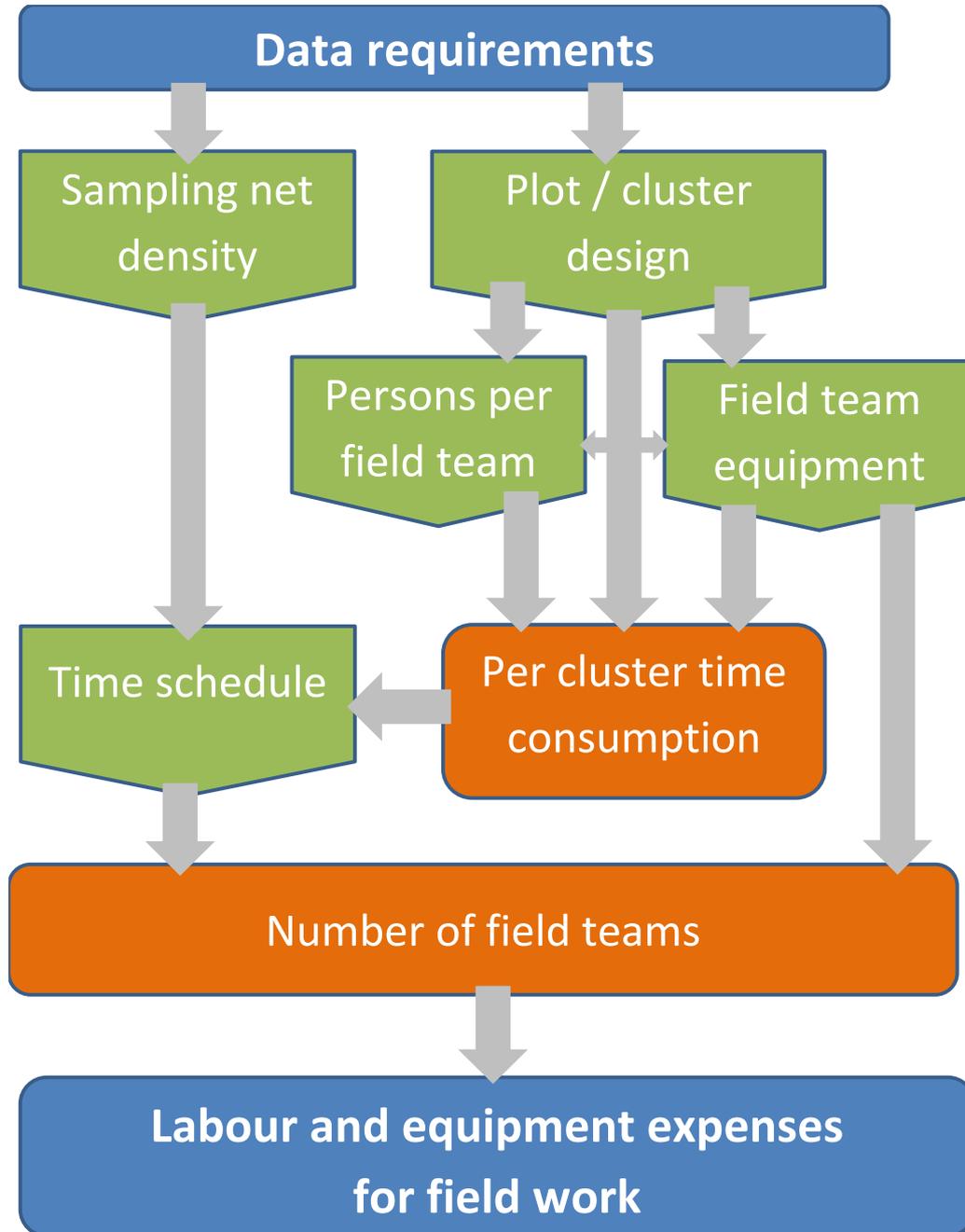
- 4.4 Öffentliches Bewusstsein für den Wald
  - 4.4.1 Themen von besonderem öffentlichem Interesse
- 4.5 Akzeptanz
  - 4.5.1 Zifrierungen
  - 4.5.2 Kritik, Polemik

### 5 Effizienz

- 5.1 Kosten der Felderhebungen
  - 5.1.1 Stunden pro Parzelle, Parzellen pro Tag
  - 5.1.2 Kosten pro Parzelle
- 5.2 Kosten für Management und wissenschaftliche Arbeit
  - 5.2.1 Kosten pro Jahr
- 5.3 Kosten für Fernerkundung
- 5.4 Stichprobendesign
  - 5.4.1 Stichproben-Cluster pro 1000 km<sup>2</sup> Wald
  - 5.4.2 Stichproben-Punkte pro 1000 km<sup>2</sup> Wald
  - 5.4.3 Optimierung des Stichprobendesigns
- 5.5 Plotdesign
  - 5.5.1 Objekte pro Stichproben-Punkt
  - 5.5.2 Attribute pro Objekt
- 5.6 Messgeräte
  - 5.6.1 Kosten
  - 5.6.2 Produktivität
  - 5.6.3 Genauigkeit
- 5.7 Datenverarbeitung
  - 5.7.1 Datenbank-System
  - 5.7.2 Rechteverwaltung
  - 5.7.3 Datensicherheit
  - 5.7.4 IT-Personal
  - 5.7.5 Hardware
  - 5.7.6 Software
- 5.8 Externe Daten
  - 5.8.1 Unentgeltlich
  - 5.8.2 Kostenpflichtig
- 5.9 Forschung und Innovation
  - 5.9.1 Eigene Arbeiten
  - 5.9.2 Nutzung fremder Leistungen

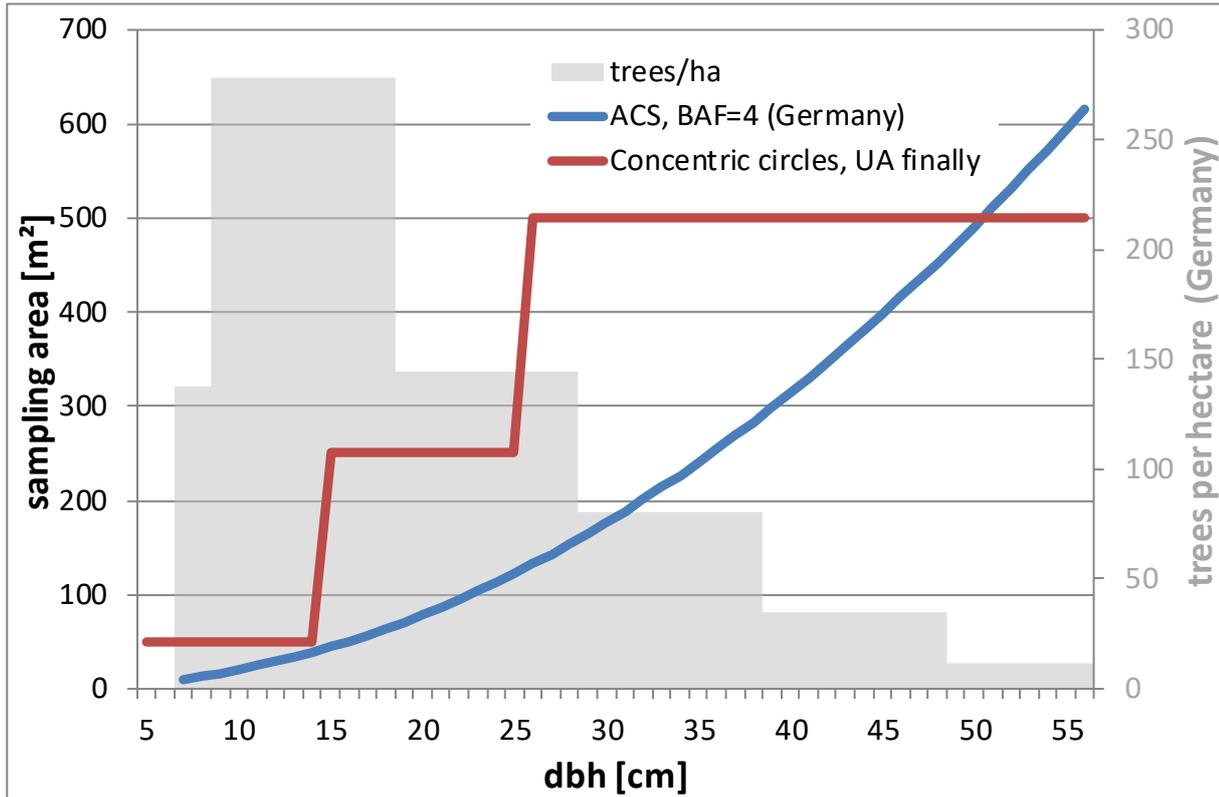
## ANLAGE 4

### Designentscheidungen für eine nationale Waldinventur



# ANLAGE 5

## Konzentrische Probekreise



Reduzierung des Messaufwandes im stammzahlreichen Durchmesserbereich zwischen 15 und 25 cm durch Einfügung eines zusätzlichen Probekreises mit 250 m².