



Forest Policy Report

SFI/2024

Concept for the implementation of a Timber Supply Outlook Study (TSOS) on Ukraine

Heino Polley

Kyiv, Februar 2024



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 (MEPR). 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) project. 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

Summary	4
1. Internationale und deutsche Erfahrungen für Studien zur Holzversorgung	5
2. Beitrag der Eingangsdaten aus der aktuellen RS-Inventur	11
3. Abbildung politischer Szenarien im Modell	12
4. Erforderliche rechtliche, organisatorische und finanzielle Mittel	13
5. Erforderliche Unterstützung durch SFI-Projekt	14
6. Kernaufgaben und erforderliche Projektaktivitäten	14
Anlage 1	15
Anlage 2	20

Summary

Two fundamentally different modelling approaches are used for timber supply modelling: single tree models (e.g. WEHAM in Germany) and matrix models (e.g. the European EFDM). Single tree models are usually closely connected to the respective inventory methodology and can therefore not simply be reused for other national forest inventories. Matrix models use aggregated data. They are therefore completely independent of the inventory methodology and can be used for universal applications. None of these models can predict the future, as the modelled processes are far too complex. The results are not forecasts, but scenarios.

An area-based matrix model can be a feasible option for a Timber Supply Outlook Study (TSOS) for Ukraine. The freely available EFDM is recommended for this purpose. Single-tree models are currently not suitable in Ukraine because the RS inventory does not provide single-tree data. The current RS inventory is a helpful but insufficient data basis for a TSOS. In addition to data gathering, the translation of political objectives into model scenarios is a special challenge for a TSOS. Depending on the expectations and the financial and personnel conditions, a compromise variant or optimum variant for TSOS should be targeted. For the optimum variant, an additional RS inventory is required for an earlier point in time. Thorough expertise with the statistics program R and expert knowledge of forestry are required for scenario modelling with EFDM. Depending on the level of expectations, at least six to 12 months should be estimated for the TSOS.

1. Internationale und deutsche Erfahrungen für Studien zur Holzversorgung

Nationale Waldinventuren können immer nur die Vergangenheit abbilden, denn selbst die neuesten Daten sind nicht mehr ganz aktuell, wenn die Inventurergebnisse publiziert sind. Für walddpolitische und wirtschaftliche Maßnahmen braucht es aber auch immer Informationen über die mögliche Zukunft der Wälder und ihrer Leistungspotenziale. Dafür wurden verschiedene Modelle entwickelt, die Daten der nationalen Waldinventuren oder anderer Datenquellen nutzen. Zwei grundsätzlich unterschiedliche Modellansätze kommen dabei zur Anwendung: Einzelbaummodelle und Matrixmodelle.

Ein umfassender Überblick über die in 22 Ländern Europas und Nordamerikas verwendeten Modelle wurde in der COST-Action FP101 (USEWOOD) erarbeitet und publiziert¹. Kurzinformationen der teilnehmenden Länder enthält Anlage 1.

Einzelbaummodelle

Einzelbaummodelle modellieren das Wachstum, die Entnahme bzw. Mortalität sowie den Nachwuchs für jeden einzelnen Probebaum der Waldinventur. Sie sind meist eng an die jeweilige Inventurmethode gebunden und deshalb nur unter hohem Aufwand für andere nationale Waldinventuren nachnutzbar. Ein Beispiel dafür ist die Waldentwicklungs- und Holzaufkommensmodellierung (WEHAM) in Deutschland.

WEHAM – das Waldentwicklungs- und Holzaufkommensmodell der Bundeswaldinventur

Die erste Version des Waldentwicklungs- und Holzaufkommensmodells der Bundeswaldinventur wurde zwischen 1993 und 1995 in der FVA Baden-Württemberg in enger Abstimmung mit dem Bundesministerium für Ernährung und Landwirtschaft und der Bundesforschungsanstalt für Forst- und Holzwirtschaft (heute Teil des Thünen-Institutes) entwickelt² und auf die Daten der Bundeswaldinventur 1987 angewendet³. Das Modell wurde für die nachfolgenden Inventurzyklen jeweils weiterentwickelt⁴ und wird bis in die Gegenwart verwendet. Besonders umfassend wurde das

¹ Forest Inventory-based Projection Systems for Wood and Biomass Availability, Springer International Publishing, 2017. Editors: Susana Barreiro, Mart-Jan Schelhaas, Ronald E. McRoberts, Gerald Kändler. <https://doi.org/10.1007/978-3-319-56201-8>

² Bösch, B (1995): Ein Informationssystem zur Prognose des künftigen Nutzungspotenzials. In: Forst und Holz, 50(1995)19, S587-593

³ Polley H, Sasse V, Englert H (1996): Entwicklung des potentiellen Rohholzaufkommens bis zum Jahre 2020 für das Gebiet der Bundesrepublik Deutschland. Hamburg: Wiedebusch Kommissions-Verlag, VII, 266 p, Mitteilungen der Bundesforschungsanstalt für Forst Holzwirtschaft, Nr. 183

⁴ https://www.bundeswaldinventur.de/fileadmin/SITE_MASTER/content/Downloads/WEHAM_2012_Modelle_und_Algorithmen_2016_09_01_V21a.pdf

Modell in den Jahren 2015 bis 2017 im Projekt WEHAM-Szenarien^{5 6} genutzt, in dem zusätzlich zum Basisszenario ein Holzpräferenzszenario und ein Naturschutzpräferenzszenario entwickelt wurde. Alle drei konnten jedoch nicht vorhersehen, dass die Trockenjahre 2018 bis 2020 erhebliche Waldschäden verursachen würden, die auch in die Zukunft nachwirken. Solche unvorhergesehenen oder nicht treffsicher modellierbaren Ereignisse gehören für längere Modellzeiträume jedoch zur Normalität. Deshalb sollte sich der verantwortungsbewusste Modellierer nicht zu weit in die Zukunft wagen.

Das Modell ist methodisch und auch softwaretechnisch sehr eng mit der Bundeswaldinventur verknüpft. Das Grundprinzip besteht darin, dass das künftige Wachstum und die Entnahme bzw. Mortalität für jeden einzelnen Probebaum der Waldinventur sowie die Zerlegung der geernteten Stämme modelliert werden. Das Wachstumsmodul verwendet Wachstumsfunktionen, die aus den wiederholt gemessenen Probebäumen abgeleitet wurden. Das Durchforstungsmodul orientiert sich an baumartenspezifischen Grundflächenleitkurven. Das Endnutzungsmodul beruht auf festgelegten Umtriebszeiten oder Zielstärkedurchmessern. Das Sortiermodul verwendet das Schaffkurvenmodell „Bdat“⁷ und zerlegt den Stamm rechnerisch in Fixlängen oder Stammholz und Industrieholz.

Das Modell kann sehr flexibel gesteuert werden indem für jedes Modul viele Parameter spezifisch für 16 Bundesländer, 14 Baumartengruppen (und z. T. 6 Eigentumsarten) festgelegt werden. Das ergibt insgesamt etwa 2.400 Einstellmöglichkeiten und macht die Szenariendefinition sehr komplex und aufwändig. Da die Ergebnisse immer im Zusammenhang mit den Szenarienannahmen betrachtet werden müssen, sind sämtliche Daten der Szenariendefinition auf <https://bwi.info> offengelegt⁸.

Die modellierten Daten werden dann wie die ursprünglichen Stichprobendaten hochgerechnet. Auch für die Präsentation der Ergebnisse wird das Internet-Präsentationstool der Bundeswaldinventur⁹ verwendet. Auf diese Weise können vielfältig detaillierte Ergebnisse zu allen Gruppierungen (z. B. Bundesländer, Eigentumsarten, Baumarten) und vielen Zielgrößen (z. B. Flächen, Holzvorrat, Zuwachs, Nutzungsmenge) der Bundeswaldinventur ausgewiesen werden.

Die enge Verknüpfung von Inventur und Modell bringt im Gesamtpaket viele Vorteile, weil dieselbe Auswertungs- und Präsentationssoftware für beide Zwecke

⁵ <https://www.weham-szenarien.de/>

⁶ Oehmichen K, Klatt S, Gerber K, Polley H, Röhling S, Dunger K (2018): Die alternativen WEHAM-Szenarien: Holzpräferenz, Naturschutzpräferenz und Trendfortschreibung - Szenarientwicklung, Ergebnisse und Analyse. Braunschweig: Johann Heinrich von Thünen-Institut, 88 p, Thünen Rep 59, DOI:10.3220/REP1527686002000

https://literatur.thuenen.de/digbib_extem/dn059875.pdf

⁷ In der aktuellen Version als „TapeS“ <https://cran.r-project.org/web/packages/TapeS/index.html>

⁸ „Szenarien Info“ unter der Ergebnistabelle

⁹ <https://bwi.info/>

genutzt wird. Andererseits erschwert das die Nachnutzung erheblich, weil das Modell nur im Gesamtpaket nutzbar ist. Das gilt im Prinzip auch für die Einzelbaummodelle anderer Länder.

Problematisch ist auch die langfristige Sicherung von Know-how und Service, da nur wenige Personen Insiderwissen besitzen. Wenn diese nicht mehr verfügbar sind, entsteht viel Einarbeitungsaufwand für die Nachfolger. Die wichtigsten Erstentwickler von WEHAM sind inzwischen im Ruhestand.

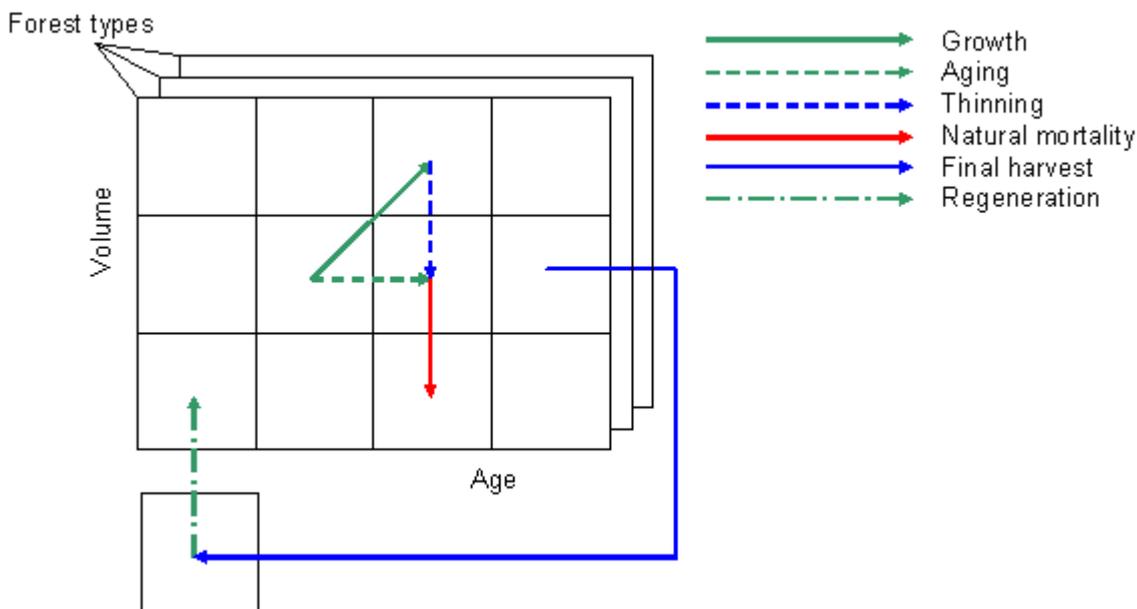
Besondere Herausforderungen:

- **Waldbewirtschaftung:** Während das Wachstum der Bäume recht zuverlässig modelliert werden kann, ist das für die Waldbewirtschaftung schwierig, denn die externen Einflüsse und Handlungsoptionen sind sehr vielfältig. Deshalb werden Handlungsoptionen definiert, die eine wesentliche Grundlage für die Definition von Szenarien sind.
- **Kalamitäten:** Sporadisch auftretende großflächige Schadereignisse sind nicht konkret vorhersehbar. Sie werden nur argumentativ als Unsicherheitsfaktoren berücksichtigt.
- **Klimawandel:** Der Klimawandel kann das Wachstum und die Mortalität der Bäume sowie die Wahrscheinlichkeit von Kalamitäten beeinflussen. Der Einfluss des Klimas auf das Wachstum der Bäume hängt jedoch erheblich von den Bodenbedingungen ab. Das wird aus Mangel an Daten im Modell bislang nicht berücksichtigt.

Matrixmodelle

Matrixmodelle verwenden aggregierte Daten aus Waldinventuren oder anderen geeigneten Datenquellen. Sie sind völlig unabhängig von der Inventurmethode und können deshalb universell eingesetzt werden.

Bei einem Matrixmodell wird die Zusammensetzung des Waldes als Flächenverteilung über Alters- und Volumenklassen dargestellt. Bei der Modellrechnung werden Flächen zwischen Matrixzellen übertragen. Flächen werden durch Alterung in eine höhere Altersklasse, durch Wachstum in eine höhere Vorratsklasse und durch Holznutzung oder Mortalität in eine niedrigere Vorratsklasse verschoben. Endnutzungen werden simuliert, indem die Fläche aus der betreffenden Zelle herausgenommen und als Verjüngungsfläche in der untersten Alters-/Vorratsklasse wieder eingefügt wird. Die Übergangswahrscheinlichkeiten zwischen den Matrixzellen werden am besten aus wiederholten Inventuraufnahmen geschätzt. Üblicherweise werden die Modelle für verschiedene Waldtypen separat gerechnet.



Grundprinzip eines Matrixmodells¹⁰

Eine einfache EXCEL-Anwendung

Das Thünen-Institut hat ein einfaches Matrixmodell als EXCEL-Anwendung realisiert, mit dem ein Business-as-usual-Szenario sehr transparent modelliert wird. Alternative Szenarien sind in diesem einfachen Matrixmodell nicht vorgesehen. Diese Anwendung kann ohne Beschränkung modifiziert und genutzt werden¹¹. Auch andere Matrixmodelle funktionieren nach demselben Grundprinzip.

Die Übergangsmatrix (Transition) wird aus den Daten einer Referenzperiode gebildet. Sie gibt an, wie Flächen einer Matrixzelle vom Anfang der Referenzperiode auf Matrixzellen zum Ende der Referenzperiode übergehen. Diese Übergangswahrscheinlichkeiten werden dann für eine Reihe von Projektionsschritten sukzessive angewendet. Auf diese Weise wird in jedem Projektionsschritt eine neue Flächenmatrix gebildet und so die Entwicklung der Alters-/Vorratsklassenflächen abgebildet. Indem die Flächen mit je-Hektar-Werten (z. B. Vorrat, Zuwachs, Holznutzung) multipliziert werden, können auch die entsprechenden Gesamtwerte modelliert werden. Da immer wieder die Übergangswahrscheinlichkeiten aus der Referenzperiode verwendet werden, wird das Wachstum und die Waldbewirtschaftung aus der Referenzperiode fortgeschrieben (Business-as-usual).

¹⁰ <https://efi.int/knowledge/models/efiscen/approach>

¹¹ Download: <https://cloud.zeitneid.de/index.php/s/0T28AkMeDnSurZi>

EFISCEN – the European Forest Information Scenario Modell

Eine weit bekannte Anwendung ist das European Forest Information Scenario Modell (EFISCEN)¹², das aktuell in Java implementiert und frei verfügbar ist¹³. Der Kern des heutigen EFISCEN-Modells wurde in den späten 1980er Jahren an der Schwedischen Universität für Agrarwissenschaften entwickelt. 1996 wurde das Modell auf das Europäische Forstinstitut (EFI) übertragen und seitdem wurde es vom EFI und von Alterra (Universität Wageningen)¹⁴ weiterentwickelt. Eine wesentliche Einschränkung ist, dass EFISCEN nur für gleichaltrige, bewirtschaftete Wälder entwickelt wurde. Für ungleichaltrige oder unbewirtschaftete Wälder und Schutzwaldsysteme ist EFISCEN weniger geeignet.

EFDM - the European Forestry Dynamics Model

Das European Forestry Dynamics Model (EFDM)¹⁵ ist eine Weiterentwicklung des EFISCEN. Es wurde für das European Commission Joint Research Centre (JRC) entwickelt und als R-Skripte unter der European Union Public Licence (EUPLv1.1) veröffentlicht¹⁶. Anders als EFISCEN ist EFDM auch in einer Version für ungleichaltrige Waldbestände verfügbar¹⁷.

In einer umfangreichen, vom ENFIN koordinierten Pilotstudie aus dem Jahr 2019 wurde das EFDM-Modell in 23 europäischen Ländern getestet¹⁸. Eine neuere Studie aus dem Jahre 2023 berichtet über den Vergleich von EFDM mit dem Kanadischen Carbon Budget Model CBM-CFS3 in Polen¹⁹. Die aktuelle Version ist in einem Referenzmanual vom August 2023 beschrieben²⁰. Eine räumlich explizite Version ist EFDM-geo²¹.

Szenarien werden im EFDM erstellt, indem für jede Matrixzelle die Wahrscheinlichkeit für Durchforstung, für Endnutzung und für keine Nutzung festgelegt wird.

¹² <https://efi.int/knowledge/models/efiscen>

¹³ <https://github.com/EuropeanForestInstitute/efiscen>

¹⁴ <https://www.wur.nl/en/project/european-forest-resource-analysis-tools.htm>

¹⁵ <https://op.europa.eu/en/publication-detail/-/publication/4715d130-0803-4e99-abad-915fec152c7b/language-en>

¹⁶ <https://cran.r-project.org/web/packages/efdm/vignettes/example.html>

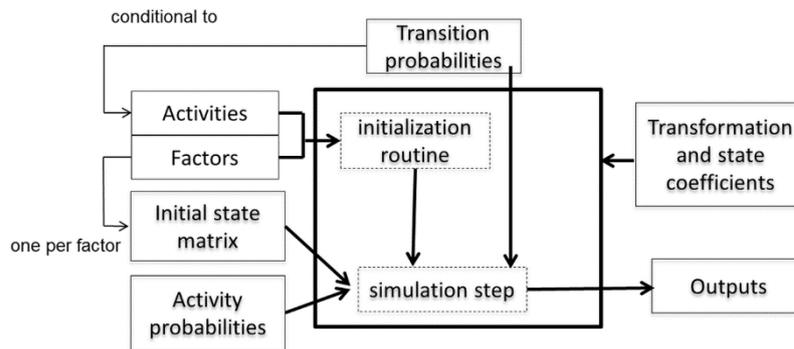
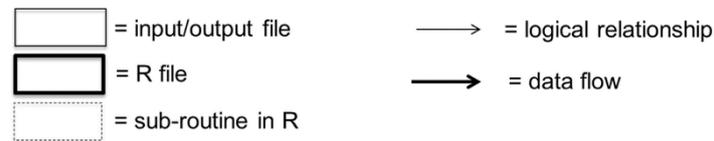
¹⁷ <https://www.mdpi.com/1999-4907/6/5/1500>

¹⁸ <https://annforsci.biomedcentral.com/articles/10.1007/s13595-019-0863-6>

¹⁹ <https://www.mdpi.com/1999-4907/14/3/548>

²⁰ <https://cran.r-project.org/web/packages/efdm/efdm.pdf>

²¹ <https://publications.jrc.ec.europa.eu/repository/handle/JRC104264>



Grundaufbau EFDM

Szenarien sind keine Prognosen

Jedem Entwickler und Nutzer dieser Modelle muss klar sein, dass keines die Zukunft vorhersagen kann. Dafür sind die modellierten Prozesse viel zu komplex. Insbesondere die Waldbewirtschaftung hat vielfältige Handlungsoptionen, die ganz unterschiedlich motiviert sein können. Deshalb gehen die Aktivitäten zur Waldbewirtschaftung nicht als Funktionen, sondern als Annahmen in die Modelle ein. Die Summe aller Annahmen, Funktionen und Modelle bildet ein Szenario. Szenarien sind eine demütige Spielart der Prognosen, bei denen Annahmen unterstellt und deren Konsequenzen modelliert werden. Die in einem Szenario ausgewiesene Holznutzung ist als „potenzielles Rohholzaufkommen“ zu verstehen, das unter den zugrunde liegenden Annahmen realisiert werden könnte und dann die modellierte Waldentwicklung zur Folge hätte. Um die tatsächlich zu erwartende Entwicklung einzugrenzen, werden meist mehrere Szenarien modelliert und verglichen. Die in den Szenarien ausgewiesene potenzielle Holznutzung muss immer im Zusammenhang mit den zugrundeliegenden Annahmen und der sich ergebenden Waldentwicklung gesehen werden. Das muss in der Kommunikation unbedingt beachtet werden. Szenarien können nur eintreten, wenn die Annahmen zutreffen. Szenarien, die zu erwünschten Ergebnissen bezüglich Holzaufkommen und Waldentwicklung führen, können als Orientierung für die Waldbewirtschaftung dienen.

Optionen für eine TSOS in der Ukraine

Für eine TSOS braucht es ein Modell und geeignete Daten. Ein flächenbasiertes Matrixmodell kann eine praktikable Option für eine TSOS für die Ukraine sein. Empfohlen wird dafür das EFDM, weil es in der ENFIN-Community weit verbreitet ist und bei Bedarf relativ einfach Unterstützung vermittelt werden kann. Einzelbaummodelle sind für eine TSOS in der Ukraine aktuell nicht geeignet, weil die RS-Inventur keine Einzelbaumdaten liefert.

Jedoch können mit der aktuellen RS-Inventur die Datenanforderungen auch für ein Matrixmodell nur sehr eingeschränkt erfüllt werden. Eine abgeschlossene terrestrische Nationale Waldinventur würde die Datenlage deutlich verbessern. Eine optimale Datenbasis würde erst eine Wiederholungsinventur liefern.

Zwei erfahrene EFDM-Anwender vom LUKE²² kommen auf Nachfrage zu dem Fazit, dass unter den aktuellen Bedingungen in der Ukraine eine **TSOS mit dem EFDM auf einem sehr einfachen Niveau machbar ist** (Anlage 2).

2. Beitrag der Eingangsdaten aus der aktuellen RS-Inventur

Die aktuelle RS-Inventur ist eine hilfreiche, aber nicht ausreichende Datengrundlage für eine TSOS. Für die Erstellung einer empirisch fundierten Übergangsmatrix, die den Kern jedes Matrixmodells bildet, ist eine zusätzliche RS-Inventur für einen früheren Zeitpunkt (-10 Jahre?) erforderlich. Eine theoretisch mögliche, fiktive Übergangsmatrix würde den Wert der Modellierung erheblich mindern. In der RS-Inventur fehlende Zuwachsdaten können ersatzweise aus Ertragstafeln übernommen werden. Erfahrungsgemäß wird damit der Zuwachs und in der Konsequenz auch das potenzielle Holzaufkommen aber erheblich unterschätzt. Die Altersklassen (20 Jahre) und die Vorratsklassen (50 m³) sind sehr breit. Kleinere Klassen sind zwar möglich, verschlechtern aber die Genauigkeit.

²² <https://www.luke.fi/en>

3. Abbildung politischer Szenarien im Modell

Neben der Datenbeschaffung ist die Übersetzung politischer Zielvorstellungen in Modellszenarien eine besondere Herausforderung für eine TSOS. In Deutschland wurden die Steuerparameter für das WEHAM-Basiszenario über mehrere Testszenarien und Abstimmungsrunden gemeinsam mit Vertretern der Bundesländer festgelegt. Im WEHAM-Szenarien-Projekt war die Szenarienerstellung ein größeres Arbeitspaket, das mit einer breiten Stakeholderbeteiligung²³ realisiert wurde. Dieser aufwändige Abstimmungsprozess verbessert die Akzeptanz der Szenarien bei den Interessengruppen. Während das Basis-Szenario maßgeblich vom BMEL kommuniziert und vertreten wurde, werden die alternativen Szenarien vor allem als wissenschaftliches Projekt des Thünen-Instituts angesehen.

Ansätze für denkbare pessimistische, realistische und optimistische Waldentwicklungs-Szenarien in der Ukraine hat Liubov Poliakova in ihrem Bericht vom Januar 2024²⁴ beschrieben. Diese leiten sich aus der wirtschaftlichen Situation des Landes, den Folgen des Klimawandels, der Kreislaufökonomie und des Holzmarktes sowie der finanziellen Anreize für den Forstsektor ab. Zu berücksichtigen sind insbesondere kriegsbedingte Zugangsbeschränkungen und Degradation der Wälder, Mangel an forsttechnischer Ausrüstung, Entwicklung der Waldfläche und Baumartenzusammensetzung, Umtriebszeiten und Durchforstungsregime, Wiederaufforstung, Naturgefahren, Walderschließung, illegaler Holzeinschlag und Bioökonomie. Aus diesen allgemeinen Überlegungen müssen einige wenige mit dem Modell der Wahl abbildbare Szenarien definiert werden. Leider sind die Möglichkeiten einer adäquaten Modellsteuerung im Vergleich zu den komplexen gesellschaftlichen Zielvorstellungen ziemlich beschränkt.

Im EFDM werden Szenarien definiert, indem für jede Zelle der Alters-/Vorrats-Matrix die Wahrscheinlichkeit für Durchforstung, Endnutzung oder keine Nutzung angegeben wird. Indem das Modell für Waldtypen (dominierende Baumarten) getrennt gerechnet wird, können die Aktivitäten für diese spezifisch festgelegt werden. Wenn das Modell auch für Oblaste oder Ökoregionen getrennt gerechnet wird, können auch regionale Besonderheiten berücksichtigt werden. Dabei vervielfältigt jede Differenzierung den Aufwand.

²³ <https://www.weham-szenarien.de/aktuelles/1-workshop>

<https://www.weham-szenarien.de/aktuelles/2-workshop>

<https://www.weham-szenarien.de/aktuelles/3-workshop>

²⁴ Report of a National Short-Term Expert on elaboration a concept for the implementation of a Timber Supply Outlook Study for Ukraine for "Technical Support to Forest Policy Development and National Forest Inventory Implementation". Country: Ukraine, Project-No.: W-UKR 21-01

4. Erforderliche rechtliche, organisatorische und finanzielle Mittel

Der Auftrag für eine Holzaufkommensmodellierung leitet sich in Deutschland aus dem Bundeswald-gesetz §41a²⁵ ab. Von der Bundeswaldinventur wird dort erwartet, dass sie „einen Gesamtüberblick über die großräumigen Waldverhältnisse und forstlichen Produktionsmöglichkeiten liefern“ soll. Das hat vor allem Bedeutung als Begründung für die Finanzierung dieser Aufgabe. Für ein wissenschaftliches Projekt wäre die gesetzliche Grundlage keine Voraussetzung, wenn die Finanzierung gesichert ist.

Für die Entwicklung einer TSOS in der Ukraine muss ein Ausgleich zwischen den Erwartungen und den finanziellen sowie personelle Bedingungen gefunden werden. Folgende Varianten sind vorstellbar:

- **Kompromiss-Variante** ohne zusätzliche RS-Inventur: Auf der Basis von Ertrags-tafeln und forstlichem Erfahrungswissen wird eine fiktive Alters-/Vorrats-Matrix für einen zweiten Zeitpunkt konstruiert. Zusammen mit der aus der aktuellen RS-Inventur abgeleiteten Matrix bildet das den Input für die Szenarienentwicklung mit EFDM. Dieses Vorgehen hat jedoch mehr den Charakter einer Pilot-studie, da nur die Ausgangssituation der Wälder evidenzbasiert in das Modell eingeht. Alles andere ist fiktiv.
- **Optimal-Variante** mit zusätzlicher RS-Inventur (paired data): Mit der für die aktuelle RS-Inventur entwickelten Methodik wird eine zusätzliche RS-Inventur mit früheren Satellitendaten erstellt. Werden wie für die derzeitige Inventur Sentinel-2 Daten verwendet, kann rückwärtig ein Zeitraum von 5 Jahren genutzt werden (2017, 2018). Die Pixeldaten der beiden Zeitpunkte werden als Input für EFDM verwendet. Daraus kann eine Übergansmatrix generiert werden, die die reale Entwicklung in der Referenzperiode abbildet. Unsicherheiten können sich jedoch aus Qualitätsunterschieden der unterschiedlich alten Satellitenda-ten ergeben.

Es wird eingeschätzt, dass der Aufwand für die Optimal-Variante nicht erheblich größer ist als für die Kompromiss-Variante. Die eigentliche Modellierung ist dieselbe, nur die Datenbeschaffung unterscheidet sich. Einerseits darf bei der Kompromiss-Variante der Aufwand für die Konstruktion einer einigermaßen plausiblen fiktiven Alters-/Vorrats-Matrix nicht unterschätzt werden. Andererseits wird der Aufwand für zusätzliche RS-Inventur bei der Optimal-Variante deutlich geringer sein, als bei der aktuellen RS-Inventur, da die entwickelte Methodik wiederverwendet wird.

²⁵ <https://www.gesetze-im-internet.de/bwaldg/BJNR010370975.html>

Voraussetzungen für die Szenarien-Modellierung mit EFDM sind gründliche Arbeitserfahrungen mit dem Statistikprogramm R²⁶ und forstliches Fachwissen.

5. Erforderliche Unterstützung durch SFI-Projekt

Die Unterstützung durch das SFI-Projekt könnte ähnlich angelegt werden, wie bei der aktuellen RS-Inventur: Ein erfahrener Projektleiter aus Deutschland, inhaltliche Federführung durch einen fachlich versierten nationalen Experten der Ukraine und fachliche Beratung und Unterstützung durch nationale und internationale Experten. Je nach inhaltlichem Anspruch und gewählter Variante sind dafür mindestens sechs bis 12 Monate zu veranschlagen.

6. Kernaufgaben und erforderliche Projektaktivitäten

Folgende Arbeitsschritte sind erforderlich:

1. Klärung der Erwartungen an eine TSOS und Entscheidung für die Kompromiss- oder Optimal-Variante
2. Entscheidung über Differenzierung nach Waldtypen und / oder Regionen
3. Einarbeitung in die EFDM-Software
4. Datenbeschaffung und Aufbereitung für das Modell
5. Definition von Szenarien
6. Aufbereitung der Modellergebnisse
7. Projektbericht
8. Kommunikation der Ergebnisse

Falls erforderlich kann fachliche Unterstützung aus der ENFIN-Community organisiert werden.

²⁶ <https://www.r-project.org/>

Anlage 1

National Woody Biomass Projection Systems based on Forest Inventory²⁷

Austria: The distance independent simulator *PROGNAUS* was developed using sample tree and plot data from the Austrian NFI. *CALDIS* is a recent version of *PRORNAUS*. The modules, structure and growth models for both simulators are comparable, but *CALDIS* additionally integrates climate variables and uses longer time-series of data from Austrian NFI covering the years 1981-2009.

Bulgaria: Bulgaria has a long tradition of preparation of Forest Management Plans (FMP) and long-term forest resource projections. FMP's are prepared in 10-year cycles and mainly focus on timber resources. For multifunctional forest management planning and evaluation, a new National Forest Inventory based on a statistical design would be helpful. Policy processes and documents also stress the need to start developing a Bulgarian NFI, but so far it has not been implemented.

Canada: The National Forest Carbon Monitoring Accounting and Reporting System (*NFCMARS*) is an example of a program that can provide strategic assessments of forest sources across all of Canada. The *NFCMARS* is usually used for science, policy analysis, and reporting about carbon dynamics in Canada's 2.3 million km² of managed forest but can also be used to predict future biomass resource availability.

Czech Republic uses Forest Management Plans' and National Forest Inventory data for providing forest and forestry information at national level. Each of these data sources provides significantly different values of key variables (e.g. growing stock, forest area). However, the official national predictions are only based on Forest Management Plans' that are regularly done since 1983 using the Timber Harvest Prediction (*THP*) tool which simulates the growing stock and the volumes available for harvest in Czech forests.

Denmark: Scenario models for projecting woody biomass resources from Danish forests have been developed. The results provide insights on the effects of multiple silvicultural measures and how they both individually and collectively influence forests and development of both potential harvest and resources in the forest in terms of living biomass and carbon pools. Scenario modelling uses estimates from the National Forest Inventory as direct input for national scale simulations, and the results are key input to current discussions on future forest policy and strategic development of forest management in both private and public forests in Denmark.

Estonia: Two types of forest inventories are used: (1) Stand-wise Forest Inventory (SFI), and (2) sample plot-based National Forest Inventory (NFI). About 80% of Estonian

²⁷ Extracts from the book "Forest Inventory-based Projection Systems for Wood and Biomass Availability". Springer International Publishing, 2017. Editors: Susana Barreiro, Mart-Jan Schelhaas, Ronald E. McRoberts, Gerald Kändler. <https://doi.org/10.1007/978-3-319-56201-8>

forests are inventoried by SFI. NFI data are used mostly for country-level forestry statistics, whereas SFI data are used for long-term forest resource projections. The models used for stand simulation and growth projections, as well as for forest management methodology, are published in Estonian law as guidelines. There is no forest simulator available for public use, although private companies have constructed proprietary software that is included in their information systems.

Finland: Framework based on the Finnish National Forest Inventory (NFI) data and the use of Finnish forestry dynamics model *MELA*. The approach is based on integrated stand-level simulation and forest area-level optimisation. The stand simulator uses non-spatial empirical sub-models for individual trees.

France: Two types of large-scale forest dynamics models are currently used in France for forest resource projections: an age-class based approach for forests where stand age can be assessed, and a diameter-class approach for forests where this is not the case, or meaningful. Diameter and age-class models are used in projection studies depending on the type of forests to be simulated. The age-class model applies to even-aged forests only while the diameter-class model can be used regardless of whether the stand is even-aged or uneven-aged, pure or mixed.

Germany: *WEHAM* ("**W**aldentwicklungs- und **H**olzaufkommensmodell": forest development and wood supply model) is a simulation tool specifically designed to work with German NFI data. The simulator consists of three components: (1) the growth module, (2) the management module, and the (3) grading module. *WEHAM* is used as the core instrument for nationwide future forest resource assessments, sustainability checks and various ecological, economic and political planning purposes. *WEHAM* gives a 40-year overview of the potential timber supply, sub-divided with respect to factors such as tree species, ownership, assortments, federal states, or other regional units. Moreover, the projections provide estimates for future forest development including the evolution of growing stocks, age classes and species composition. The results of *WEHAM* are also used for the assessment of reference data for the Kyoto-protocol. Although *WEHAM* provides a plausible and reasonable prediction of potential timber supply and forest development, simulation outputs must be interpreted carefully because of limitations in the modelling approach that may affect the validity of results. To overcome shortcomings, *WEHAM* has been upgraded for the analysis of data for the third NFI.

Hungary: The amount of wood to be harvested in a given period of time (10, 30 or 100 years) is calculated by yield controls, which allows implementation of yield regulation as well. For 10-year projections both thinning and final felling volumes are considered, whereas 30-year and 100-year projections only take into account final felling volume.

Iceland: The first national projection was conducted in 2004 and was aimed to develop means for accounting annual greenhouse gas fluxes related to forest and forestry, with special focus on the CO₂ emission/removals and how different

afforestation rates could affect these findings. A modified and improved version of the same model was applied in 2011 to make a long-term projection of growing stock and potential wood removals in Iceland under a business-as-usual scenario.

Ireland: The most recent woody biomass projection dates from 2011. A forecast based on input data from three different sources which projects harvested volumes up to 2028. Research into forecasting methodologies and their application in Ireland is currently underway. One objective of the project is to analyse the possibility of generating a reliable forecast of production from privately owned forests using the existing National Forest Inventory plot data.

Italy: Currently, woody biomass resource projection procedures based on detailed input variables have not been tested at the national scale. Nevertheless, some local and regional models have been developed to assess ecologically and technically-logistically exploitable forest resources. In particular, *r.green.biomassfor* model, a Geographic Information System (GIS) based tool developed and tested in the Province of Trento, is regarded as suitable for implementation with data available at the country level.

Lithuania: Large-scale forestry scenario simulator *Kupolis* is built upon detailed Stand-wise Forest Inventory (SFI) and reliable NFI data on growing stock volume and gross mean annual increment. It allows long-term (>30 years) projections of forest utilization providing output data suited for 10–20 years of forest management planning. The projections are based on: the area control method to estimate the allowable annual cut; regression modelling of stand growth; and control of wood utilization, striving to balance harvest and increment. *Kupolis* is an operational tool used to predict the forest resource development and wood utilization. The annual budget of final cuttings is re-optimized at each step using the principles of dynamic programming. The budget should fulfil the requirements of sustainability for a full rotation period at level of the analysed forest management unit, such as a state forest enterprise. Other forestry activities are modelled using iterative simulations of a different type of forest management programs at stand level. The use of *Kupolis* ranges from a forest compartment to the whole country. Even though the simulator uses input data fitting the formats of Lithuanian SFI, the aggregated data from NFI can be incorporated, under the condition that the description of strata matches the structure and contents of the SFI database.

The Netherlands: There is no regular program for making projections for the forest-based sector. In 2005, the Dutch Ministry for Agriculture, Nature and Food safety requested a projection for demand and supply of wood for the period 2005–2025, aiming at mapping risks and opportunities for forest owners as well as the woodworking industries. This study includes resource projections using two models, one is the individual tree-based model *ForGEM* and the other is the large-scale scenario model *EFISCEN*. Both models used data from the 5th National Forest Inventory (2001–2005) as a starting point.

Norway: In recent years there have been a number of reports aiming at characterizing the local or national biomass supply situation in Norway, but no countrywide projections have been reported on a regular basis. Most of the existing woody biomass resource projections are long-term projections based on the Norwegian NFI and conducted using forest scenario analysis tools such as GAYA [NorFor, SGIS] and AVVIRK2000. Both GAYA and AVVIRK2000 are deterministic simulation models. Growth projections are based on the development of the “average tree”, i.e., the development of a tree with diameter at breast height equal to the basal area mean diameter, and with height equal to the mean height weighted by basal area. A new open-source individual-tree framework for forest development scenarios, called “sitree”, is being developed in Norway. The new framework will include modules for estimating vegetation and soil carbon, and will allow for estimation of uncertainty through Monte Carlo simulations.

Portugal: SIMPLOT, a regional simulator that uses National Forest Inventory (NFI) data as input was developed to assess woody biomass availability as well as carbon stock changes in Portuguese forests under alternative scenarios of wood and biomass demands, fire occurrence, Land Use Changes (LUC) and forest management. SIMPLOT forecasts have been used to assist in policy making as well as in the establishment of forest management strategies aiming at increasing forest productivity, and ultimately reverse the increasing import trends.

Romania: Due to the recent implementation of the Romanian NFI and the lack of growth models, no predictions have yet been made. However, efforts are now underway to develop the first growth models. For the time being, allowable cuts are defined every 10-years based on forest management plans which, in turn, are based on forest growth methods by age class and normalization of the size and structure of the production forests.

Spain: Many growth models as well as several forest growth simulators have been developed in Spain for regional level application, but mainly for monospecific, even aged stands. Most of the models focus on productive conifers such as *Pinus sylvestris* or *Pinus pinaster*, or on productive broadleaf species such as *Betula alba* or *Populus* sp.

Sweden: NFI data has been and is still used for long-term projections at the regional and national levels. Each plot is used as a projection unit, and the data have been used to construct models for forest development. The development on the plots is simulated using a long-term simulator for a specified period of time, and the plot condition is then assumed to reflect the condition for the area represented by the plot. In recent decades the HUGIN-simulator has been used for long-term forest projections in Sweden. HUGIN includes features such as allowing the user to control forest management at different developmental stages, to set aside protected areas, and to increase or decrease harvest levels in cleanings and final fellings. HUGIN includes models for features and attributes such as growth, mortality, ingrowth,

damages and biomass. The last long-term projection was finished in 2008. Outcomes for several different “what-if” scenarios were obtained: Reference (business-as-usual), Production (improved management), Protection (increased protected area) and Production+Protection (combined). The effects of climate change were included in all scenarios.

Switzerland: To project future development of forests in Switzerland, the stochastic single tree forest simulator *Massimo 3* was used. The model includes empirical modules for growth, management, mortality and regeneration and to large extends, it is based on data from the Swiss National Forest Inventory (NFI). It therefore runs on every NFI plot in Switzerland. The model was applied under multiple management scenarios defined by a group of experts from the Swiss forest sector. Using output obtained by running *Massimo 3* under these scenarios, the woody biomass available in Switzerland under different harvesting regimes and costs were assessed. Modelled scenarios are used to estimate the Swiss potential wood supply, and the sustainable wood supply is estimated by reducing the maximal wood supply by ecological and socioeconomic factors.

United States of America: The Forest Vegetation Simulator (*FVS*) is the most widely used forest resource projection system, particularly by federal and state government agencies. *FVS* is an empirical, distance-independent, individual-tree forest growth modelling system that is constructed, maintained and updated by the U.S. Forest Service. The system is initiated with stand-level information and tree lists that can be obtained from the inventory database. The large-tree diameter increment and mortality models are the most important components and drive much of the system. Extensions in the form of integrated modules or independent programs have been developed for a variety of specialized applications including fire and fuels, insects and pathogens, climate change, and carbon accounting. The availability of NFI data in *FVS*-ready format has increased the utility of *FVS* for applications such as projections on National Forest lands, assessment of management alternatives and timber harvest methods, and large-scale forest health assessments. Application possibilities have been further enhanced via linkages between *FVS* and other software systems, databases, and geographic information systems.

Anlage 2

Comments from Kari Korhonen and Minna Rätty (LUKE, Finland) on the application of EFDM in Ukraine²⁸

Both volume and age classes are wide. Would the earlier satellite inventory you referred to be dated to 20 years ago to match the widths of age classes? Otherwise, the growth estimation can be tricky. For the modelling you need to estimate the growth (=transitions between age and volume classes). In principle, if you have the satellite image classification as maps from two time points, you can derive from these maps how forest develop as a function of time. You just should separate those forest that have not been managed (or destroyed) between the two time points.

If the growth estimation is based on changes between satellite maps from two times, there are many uncertainties, as you know, related to the map products. On top of that, you should separate forests into different categories: not managed during the interval, harvested: clear cut and thinned/volume only partially removed, and other changes. These other changes can be damaged stands or land use changes.

An alternative to the map-based transition estimation is to use existing growth models or field plots If you have growth models, then could also manage with only one satellite inventory on top of which you can create "the second observation pairs" with the growth models, and then use the EFDM's automatic transition estimation. But of course, with this method you cannot estimate rate of land use changes or harvests, only the growth of not managed forests. Altogether, I think the analysis is doable on a very coarse level with the EFDM.

²⁸ Personal information from 08.02.2024