

Zeitschrift: Schweizerische Zeitschrift für Forstwesen = Swiss forestry journal = Journal forestier suisse
Herausgeber: Schweizerischer Forstverein
Band: 174 (2023)
Heft: 6

Artikel: Bewirtschaftungseinheiten für mehr Effizienz
Autor: Rath, Lioba / Schweier, Janine / Griess, Verena C.
DOI: <https://doi.org/10.5169/seals-1097171>

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften auf E-Periodica. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Zeitschriften und ist nicht verantwortlich für deren Inhalte. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern beziehungsweise den externen Rechteinhabern. Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen sowie auf Social Media-Kanälen oder Webseiten ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. [Mehr erfahren](#)

Conditions d'utilisation

L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. La reproduction d'images dans des publications imprimées ou en ligne ainsi que sur des canaux de médias sociaux ou des sites web n'est autorisée qu'avec l'accord préalable des détenteurs des droits. [En savoir plus](#)

Terms of use

The ETH Library is the provider of the digitised journals. It does not own any copyrights to the journals and is not responsible for their content. The rights usually lie with the publishers or the external rights holders. Publishing images in print and online publications, as well as on social media channels or websites, is only permitted with the prior consent of the rights holders. [Find out more](#)

Download PDF: 03.05.2026

ETH-Bibliothek Zürich, E-Periodica, <https://www.e-periodica.ch>

Bewirtschaftungseinheiten für mehr Effizienz

Lioba Rath¹, Janine Schweier¹, Verena C. Griess², Leo Gallus Bont^{1,*}

¹ Gruppe Nachhaltige Forstwirtschaft, Eidgenössische Forschungsanstalt für Wald, Schnee und Landschaft, WSL (CH)

² Professur Management Forstlicher Ressourcen, ETH Zürich (CH)

Abstract

Ein gut geführter Forstbetrieb muss bereits während der Planung effiziente Arbeitsabläufe sicherstellen. Vor allem in topografisch anspruchsvollem Gelände oder im stufigen Wald ist es jedoch nicht immer einfach, die operationelle Ausführung auf der Fläche mit der waldbaulichen Planung und Kontrolle zu verbinden. Mit der automatisierten Ausscheidung von Bewirtschaftungseinheiten haben Planende eine leistungsfähige Methode zur Hand, um die individuellen Bedürfnisse des Forstbetriebs in einer optimalen Flächeneinteilung abzubilden.

Keywords: forest planning, uneven-aged forest, decision support system, automations, spatial optimisation, timber harvesting, mountain forest, forest operations, Femelschlag, continuous cover forestry
doi: 10.3188/szf.2023.0355

* Zürcherstrasse 111, CH-8903 Birmensdorf, E-Mail leo.bont@wsl.ch

In der heutigen Waldbewirtschaftung wird es immer wichtiger, vorhandene Effizienzpotenziale auszuschöpfen und Synergien innerhalb einer Forstorganisation auszunutzen. Hierbei spielt unter anderem die Frage eine entscheidende Rolle, wie sich ein grösserer Wald in sinnvolle Bewirtschaftungseinheiten (BWE) zur Planung, Ausführung und Kontrolle (Demingkreis, Plan – Do – Check – Act) der Waldbewirtschaftung aufteilen lässt. Mehrere, zum Teil entgegengesetzte Zielsetzungen müssen mit einem wachsenden Angebot an digital verfügbaren Grundlagendaten zusammengebracht werden. Zur Meisterung dieser Herausforderung wurde eine Methode entwickelt, die es erlaubt, BWE automatisiert auszuscheiden. Die Ausscheidung beruht auf objektiven Kriterien, die individuell kombiniert werden können und somit eine optimale Anpassung an die jeweiligen Bedingungen im Forstbetrieb ermöglichen (Rath et al 2022).

möglichen, dass ein einzelner Eingriff, beispielsweise eine Seillinie, stets innerhalb einer BWE stattfinden kann und gleichzeitig waldbauliche und betriebliche Anforderungen, zum Beispiel Gemeindegrenzen oder Waldfunktionengrenzen, berücksichtigt werden. BWE werden aber zunehmend auch im Femelschlagwald eingerichtet. Die bestandesweise Planung ist im feinen Schweizer Femelschlag oft zu aufwendig beziehungsweise führt zu waldbaulichen Versäumnissen (Eingriffe zu spät oder vergessen) oder zu unrationellen, weil zu kleinen Holzschlägen.

Bei der Ausscheidung von BWE handelt es sich um eine komplexe Fragestellung, da vor allem in grossen Betrieben sehr viele Kombinationen aller Anforderungen denkbar sind. Eine händische Ausarbeitung ist mühsam und aufwendig. Unser Projektziel war es daher, die Einteilung in BWE durch die Eingabe von betriebsspezifischen Zielen zu lenken, aber IT-basiert zu teilautomatisieren.

Bewirtschaftungseinheiten vereinen Planung und Ausführung

Die Aufteilung des Waldes in BWE muss so erfolgen, dass nicht nur waldbaulichen Aspekten, sondern auch der technischen Ausführung und der Kontrolle Rechnung getragen wird. Insbesondere in stufigen Wäldern ohne Bestandesgrenzen und in Gebirgswäldern mit seilgestützter Holzernte ist dies von Bedeutung, da Seillinien den ganzen Hang und nicht nur einzelne Bestände erschliessen. BWE sollen es er-

IT-basierte Berechnung

BWE werden in einer räumlich expliziten mathematischen Optimierung aus kleineren Einheiten, sogenannten Grundeinheiten, zusammengesetzt. Die Optimierung verfolgt im Kern drei Ziele: BWE sollen möglichst kompakte, räumlich zusammenhängende Flächen sein, deren Grenzen im Gelände (z.B. Strassen, Kuppen, Bäche, Gräben) gut definiert beziehungsweise sichtbar sind (Ziel 1). Innerhalb der BWE sollen die Waldbewirtschaftungsschritte technisch

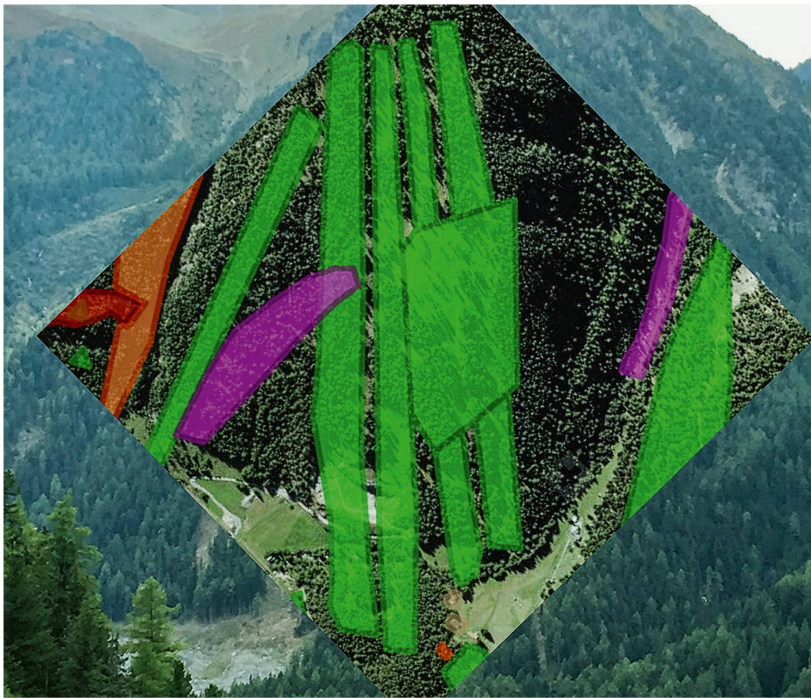


Abb 1 Beispiel von räumlich zu wenig koordinierten Seillinien (Planung ohne Bewirtschaftungseinheiten). Quelle: Riet Gordon

aufeinander abgestimmt sein (Ziel 2), und die Fläche soll möglichst homogene Eigenschaften, zum Beispiel die verwendete Holzerntemethode, die Waldfunktion oder die Gemeindezugehörigkeit, aufweisen (Ziel 3). Je nach Gewichtung dieser Ziele ergeben sich unterschiedliche Lösungen. Als Nebenbedingung kann die Anzahl an BWE beziehungsweise die minimale und maximale Grösse definiert werden. Trotz der Komplexität der Fragestellung ermöglicht die IT-basierte Teilautomatisierung das Analysieren verschiedener Alternativen innerhalb kurzer Zeit sowie den Vergleich der Ergebnisse. Auf dieser Grundlage und mit ihrem Fachwissen können die Nutzerinnen und Nutzer die nach ihrer Einschätzung am besten geeignete Variante der Waldflächeneinteilung zusammenstellen.

Die Optimierung basiert auf der Unterteilung des Waldes in Grundeinheiten. Zu Grundeinheiten werden Waldflächen zusammengefasst, in denen Eingriffe zur Waldbewirtschaftung waldbaulich zwingend aufeinander abgestimmt werden müssen. Ausserdem sollen die Grundeinheiten ebenfalls gleiche Eigenschaften aufweisen (z.B. Waldfunktion, Waldstruktur). Sind beispielsweise für einen Betrieb eine technisch abgestimmte Holzernte und Gemeindegrenzen relevant für die Ausscheidung von BWE, dann sind die Grundeinheiten räumlich zusammenhängende Flächen, die der gleichen Feinerschliessungseinheit zugeordnet werden können und die innerhalb desselben Gemeindegebiets liegen. Ein zentraler Punkt zur Herleitung der Grundeinheiten ist die Modellierung der Feinerschliessung und der Transportgrenzen, die auf der Modellierung der Rückwege der boden-, seil- und luftgestützten Verfahren basiert. Flächen, aus denen zum gleichen Strassenabschnitt

gerückt wird, werden zu einer Feinerschliessungseinheit zusammengefasst. Mit dem Aufbau der BWE auf Grundeinheiten, die von modellierten Rückwegen abhängen, wird sichergestellt, dass Eingriffe zur Bewirtschaftung des Waldes immer innerhalb einer BWE planbar und ausführbar sind.

Meist sind nur wenige Ausgangsdaten nötig, um die BWE zu modellieren. Je nach Ziel der Optimierung variieren diese, Grundlage sind aber oft landesweit frei verfügbare Daten wie Waldfläche, Waldstrassennetz, Topografie, Waldmischungsgrad oder Vorrangfunktion.

Umsetzung im Gebirge

Der Kanton Graubünden suchte im Rahmen der Revision des Betriebsplankonzepts nach einer neuen Planungseinheit. Bisher wurden Betriebsklassen in der Planung verwendet, die anhand von alten Datengrundlagen ausgeschieden wurden. Für die Betriebsklassen stand der Zuwachs des Waldbestands im Vordergrund, die Holzerntemethode wurde nicht berücksichtigt. In der Praxis führte dies dazu, dass Eingriffe mit Seillinien über mehrere Betriebsklassen hinweg stattfanden und räumlich zu wenig koordiniert wurden. So entstanden im Schutzwald unbehandelte Restflächen, die nur mit hohem Kosten- und Ressourcenaufwand zu bewirtschaften sind (Abbildung 1). Aufgrund der temporären Senkung der Schutzwirkung nach jedem Eingriff im Schutzwald und der langen Verjüngungszeiträume im Gebirgswald liegen Eingriffe zeitlich oft weit auseinander. Restflächen laufen so Gefahr, eine lange Zeit oder gar nicht behandelt zu werden.

Am Beispiel des Forstbetriebs Albula (10 500 ha Waldfläche) wurden BWE modelliert, um Planung, Ausführung und Kontrolle der Waldbewirtschaftung besser aufeinander abzustimmen. Für die Modellierung standen für den Kanton Graubünden die Waldfunktion (pro BWE eine möglichst einheitliche Zielsetzung) und die Holzerntemethode (Beachten der Transportgrenzen, Abbildung 2) als Kriterien im Zentrum. Darüber hinaus wurde der Einfluss verschiedener Gewichtungen der beiden Kriterien Holzerteinzugsgebiet und Waldfunktion (jedes einmal prioritär) sowie unterschiedlich grosser BWE verglichen.

Über die Karten der BWE hinaus stehen der Regionalforstingenieurin und den Revierförstern wertvolle Zwischenprodukte der Modellierung zur Verfügung, um die endgültigen, auf objektiven und einheitlichen Grundlagen basierenden Planungseinheiten auszuscheiden (Abbildung 2). Dazu gehören unter anderem eine Karte der möglichen Holzerntemethoden, die Karte der Grundeinheiten und Karten der technisch möglichen Seillinien und Transportrichtungen (Bont et al 2018). Bisher wurde das Gebiet des Forstbetriebs Albula mit über zehn Be-

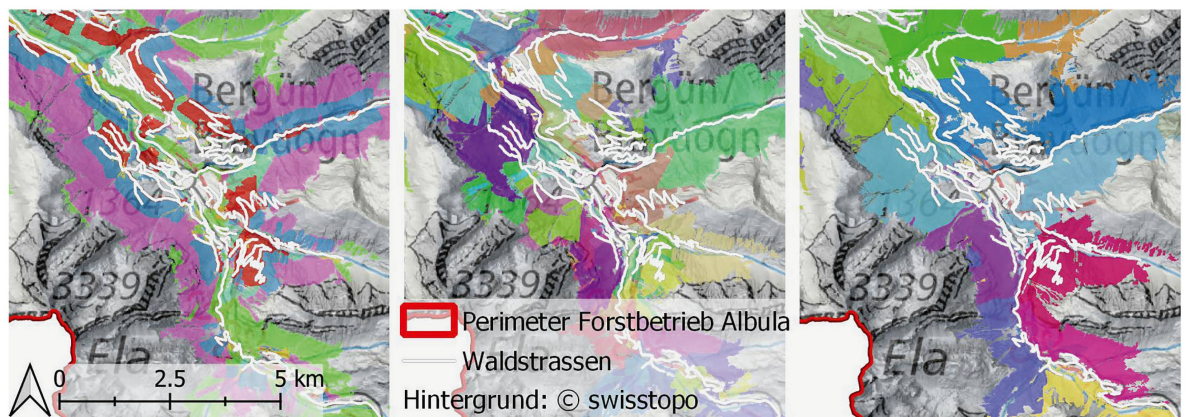


Abb 2 Ausschnitt aus dem Forstbetrieb Albula. Links: Modellierter Holzerntemethode. Mitte: Modellierter Holzernteeinzugsgebiete des gerückten Holzes. Rechts: BWE optimiert aus Grundeinheiten. Jede Farbe stellt eine Methode dar: luftgestützt (hellgrün), konventioneller Seilkran aufwärts (dunkelgrün), konventioneller Seilkran abwärts (violett), Mobilseilkran aufwärts (rot), Mobilseilkran abwärts (blau). Karte: swisstopo

triebsplänen beplant. Mit den BWE als Grundlage für neue Planungseinheiten reduzieren sich die Komplexität und der Aufwand deutlich. Auch bei der Nachhaltigkeitskontrolle werden BWE eine wichtige Rolle spielen. Anstelle von Durchschnittswerten auf Betriebsebene können nun auch räumlich kleiner aufgelöste Aspekte in die Kontrolle einfließen, da Eingriffe immer innerhalb einer BWE erfolgen.

Erfahrung und Ausblick

Ganz wichtig ist, dass BWE an die betriebsspezifischen Ziele angepasst sind. Mit dem Betrieb Albula wurde ein Gebirgsforstbetrieb mit riesigen (mehrere 100 ha grossen) BWE vorgestellt. Im Gegensatz dazu werden in einem Mittellandbetrieb andere Ziele verfolgt. In diesem Fall sind die BWE kleiner, und es kommen andere Kriterien zu Anwendung; es geht dort häufig darum, jeweils eine gesamte BWE innerhalb eines Jahres zu holzen und zu pflegen.

Die Modellierung mit unterschiedlichen Parametern hat gezeigt, dass die IT-basierte Berechnung unter verschiedenen Bedingungen zuverlässig und korrekt abläuft. Dennoch kann eine Modellierung nie die ganze Realität abbilden. Die Resultate hängen stark von der Qualität der berücksichtigten Eingangsdaten ab. Zentral ist dabei der Datensatz der Walderschliessung, der die Befahrbarkeits- und

Tragfähigkeitslimiten der Waldstrassen korrekt wiedergeben muss. Für die Verwendung der Modellergebnisse sind das Fachwissen und die Lokalkenntnisse der Försterinnen und Förster unersetzlich.

Das langfristige Ziel ist es, ein breit anwendbares Tool für die Forstpraxis zu entwickeln. Das Konzept der Ausscheidung von BWE, die vielfältigen Ansprüchen von der technischen Bewirtschaftung bis hin zu waldbaulichen Kriterien genügen, ist ab sofort einsatzbereit.

Eingereicht: 5. Juni 2023, akzeptiert (mit Review): 18. Juli 2023

Dank

An Riet Gordon, Viola Sala und Claudia Bieler (AWN GR) für das Feedback und an die Beteiligten, die den Praxisbezug sicherten. An Peter Ammann und Roberto Bolge für ihre Anregungen im Rahmen des Reviews. Das WSL-Projekt wurde unterstützt von der Konferenz für Wald, Wildtiere und Landschaft (KWL), von der Wald- und Holzforschungsförderung Schweiz (WHFF-CH, Projekt Nummer 2020.12) und vom Kanton Graubünden.

Literatur

- BONT LG, FRAEFEL M, FISCHER C (2018) A Spatially Explicit Method to Assess the Economic Suitability of a Forest Road Network for Timber Harvest in Steep Terrain. *Forests* 9: 169. doi: 10.3390/f9040169
- RATH L, SCHWEIER J, ABBAS SH, GRIESS V, BONT L (2022) Was es braucht, um den Wald effizient zu bewirtschaften. *Wald und Holz* 105 (10): 14–17.

Unités de gestion pour plus d'efficacité

Une entreprise forestière bien gérée doit garantir des processus de travail efficaces dès la planification. Cependant, il n'est pas toujours facile de faire coïncider l'exécution opérationnelle sur le terrain avec la planification et le contrôle sylvicoles, en particulier sur les terrains à la topographie exigeante ou dans les forêts étagées. Avec la délimitation automatisée des unités de gestion, les planificateurs disposent d'une méthode performante pour représenter les besoins individuels de leur entreprise forestière dans une répartition optimale des surfaces.

Management units for more efficiency

A well-managed forestry operation must ensure efficient workflows right from the planning stage. However, especially in topographically challenging terrain or in stepped forests, it is not always easy to combine operational execution on the site with silvicultural planning and control. With the automated selection of management units, planners have a powerful method at hand to reflect the individual needs of the forestry operation in an optimal area division.