

AFZ

DerWALD

2

20. Januar 2021 www.forstpraxis.de

+ JOBS
Der größte
Stellenmarkt
im Forst
in Kooperation
mit agrajo

WALDARBEIT
Feinerschließung planen

WALDPÄDAGOGIK
Waldjugendspiele weiterentwickeln

WALDSCHUTZ
Der Wald im Klimawandel



Planungsunterstützung für die Feinerschließung

Die Erschließung eines Waldstücks durch ein Wegenetz, Rückewege und Rückegassen ist die Grundlage für dessen bodenschonende und nachhaltige Bewirtschaftung. Das Fraunhofer IFF hat in Zusammenarbeit mit dem Forstbetrieb Oberharz in Sachsen-Anhalt eine digitale Planungslösung für die optimale Feinerschließung entwickelt. Das Planungstool errechnet auf Basis mathematischer Modelle und Algorithmen die umsetzbaren Gassenverläufe.

TEXT: INA EHRHARDT, DENNY SCHMELZ

Sinnvolle Erschließungsstrukturen sind wesentliche Grundlage einer erfolgreichen Bewirtschaftung der Wälder. Sie bilden die Voraussetzung für spätere Pflegemaßnahmen, den Holzeinschlag sowie den Abtransport des Holzes. Das Erschließungsnetz, bestehend aus Grob- und Feinerschließung, sollte in seiner Struktur optimal abgestimmt werden, um eine schonende wie auch ökologisch und ökonomisch erfolgreiche Bewirtschaftung zu ermöglichen. Durch die Groberschließung schafft man zum Abtransport des Holzes ein für Lkw ganzjährig befahrbares Wegenetz mit Anschluss an das öffentliche Wegenetz. Der Feinaufschluss umfasst Rückewege und Rückegassen. Diese ermöglichen den Zugang der Bestände für Forsttechnik und dienen dem Transport des Holzes bis an das ganzjährig durch Lkw befahrbare Wegenetz.

Das Erschließungskonzept hat in seiner Gesamtheit wesentlichen Einfluss auf betriebliche Zielgrößen. Es muss daher nicht nur aktuellen Ansprüchen gerecht werden, sondern langfristig sinnvoll geplant werden. Während die Groberschließung vornehmlich unter Berücksichtigung einmaliger Erstellungs- sowie wiederkehrender Pflege-, Unterhalts- und Instandhaltungsaufwände optimal für den Holzabfluss zu gestalten ist, erfordern Feinerschließungsstrukturen eine besonders vorausschauende Planung im Hinblick auf ökologische und ökonomische Effekte.

Im Rahmen des Feinerschließungskonzepts reicht es nicht mehr aus, die ökologischen Wirkungen auf Boden und Bestand, ökonomische Effek-



Foto: Fraunhofer IFF, V. Kühne

Abb. 1: Einsatz im Forstrevier – Abstimmung von Erschließungsmaßnahmen mit Forstunternehmen

te durch Flächenverluste für den Forstbetrieb sowie die technischen und ökonomischen Auswirkungen auf die Holzernte bei Neuanlage zu berücksichtigen. Im Sinne strategisch langfristiger Planungen müssen auch bestehende Erschließungen vor dem Hintergrund historisch gewachsener Strukturen kritisch hinterfragt werden.

Aus Gründen des Bodenschutzes sollte man Feinerschließungsstrukturen für möglichst lange Zeiträume anlegen. Dabei ist die Bodenverdichtung auf das Wegenetz zu konzentrieren und der

Flächenverbrauch möglichst gering zu halten. Vorhandene Wegestrukturen sind, sofern sinnvoll, bei der Erschließungsplanung zu berücksichtigen und zu integrieren. Ein Grund ist, dass Böden aufgegebener Wege mitunter Jahrzehnte brauchen, um sich zu erholen.

Forschung bringt Innovation in den Forstbetrieb

Wie jedoch kann beurteilt werden, welche vorhandenen Strukturen sinnvoll sind? Eine Antwort auf die Frage, wel-

che dieser historisch entstandenen Wegestrukturen zu erhalten sind, erhielt der Forstbetrieb Oberharz in Sachsen-Anhalt in einem Forschungsprojekt des Fraunhofer-Instituts für Fabrikbetrieb und -automatisierung IFF.

Ziel dieses von der Rentenbank geförderten Projektes unter dem Titel „Gassenaufschluss 2.0“ war die Entwicklung mathematischer Modelle und Algorithmen als Hilfsmittel zur Entscheidungsfindung in der digitalen Feinerschließungsplanung.

Bislang plante auch der Forstbetrieb Oberharz die Erschließung im Wesentlichen auf der Basis von Orts- und Fachkenntnissen. Das ist jedoch nicht nur sehr zeitaufwändig, sondern auf Grund zahlreicher Einflussgrößen auch so komplex, dass ein optimales Ergebnis nur selten erzielt werden konnte.

Im Projektverlauf wurde schnell deutlich, dass sich mit der hier erarbeiteten Software nicht nur Gassen und Feinerschließungsstrukturen viel schneller und besser planen, sondern auch vorhandene Erschließungsstrukturen überarbeiten und digital dokumentieren ließen.

Die Ergebnisse waren so gut, dass der Forstbetrieb bereits begann, die Software direkt in seine Praxis zu überführen und konsequent zu nutzen. Die massiven Kalamitätsfälle infolge von Trockenheit und Borkenkäferbefall sind dort ein weiterer Beweggrund, die betriebliche Einführung zu forcieren.

Die genannten Schäden haben in der jüngsten Vergangenheit ein Ausmaß angenommen, das einerseits das Wiedererkennen bestehender Gassennetze erschwert oder sogar verhindert, andererseits aber auch das Potenzial zu einer grundlegenden Überarbeitung und Neugestaltung der Feinerschließungsstruktur ermöglicht.

Automatisierte Berechnung der optimalen Gasse

Die vom Fraunhofer IFF in Kooperation mit dem Forstbetrieb Oberharz entwickelte Planungslösung für die Feinerschließung errechnet auf Basis komplexer mathematischer Algorithmen alle zulässigen Gassennetzvarianten unter Berücksichtigung definierter technischer, ökologischer und ökonomischer Restriktionen für einen Planungsfall.

„Gasse 2.0 unterstützt die betriebliche Abwägung unterschiedlicher Zielparameter bei der Feinerschließung.“

INA EHRHARDT

Der den Berechnungen zugrunde liegende digitale Planungsfall wird durch das Forstpersonal anhand betrieblicher geodatenbasierter Karten und vorhandener Vor-Ort-Kenntnisse GIS-basiert beschrieben. Er umfasst neben der Angabe der betrachteten Waldfläche insbesondere Informationen zu vorhandenen Wegestrukturen und Hindernissen auf der Fläche.

Für alle berechneten Gassennetzvarianten – dies sind je Planungsfall meist mehrere Tausend – werden die ökologischen und ökonomischen Kenngrößen, wie z. B. Gassendichte, Befahrungssintensität, Erschließungsgrad, Rückeent-

fernung und Flächenverlust, individuell und mathematisch genau ermittelt. Eine visuelle Darstellung aller Lösungsvarianten für den Gassenverlauf auf der Planungsfläche sowie eine erste Bewertung der definierten Restriktionen gibt dem Forstpersonal ein Werkzeug an die Hand, mit dem Entscheidungen zur Festlegung von Gassenverläufen fundiert getroffen und begründet werden können.

Entscheidungen zur Auswahl einer umzusetzenden Variante werden durch die Algorithmen nicht getroffen. Vielmehr obliegt es dem Forstpersonal, eine betriebliche Abwägung der Gewichtung unterschiedlicher Bewertungsgrößen bei der Auswahl vorzunehmen oder gar den Planungsfall zu überarbeiten. Das Forstpersonal wird mit der Planungshilfe also auch in die Lage versetzt, bestehende Feinerschließungsstrukturen mithilfe von Variantenvergleichen zu optimieren.

Hindernisse und Gelände als Herausforderung

Nicht nur Gräben, Bäche, Felsen sind Beispiele für Hindernisse, die das Forstpersonal in der Planung von Gassennetzen berücksichtigen muss. Ebenso relevant sind Schutzzonen und -gebiete, die heute in verschiedenen Kartenwerken digitalisiert beschrieben sind. Forstliche Fachkenntnis erlaubt dem Forstpersonal, diese Hindernisse bei der Erstellung von Planungsfällen relativ einfach zu beschreiben, sodass diese bei der digital unterstützten Gassenerzeugung mitberücksichtigt werden und in den entsprechenden Bereichen keine Gassen geplant werden.

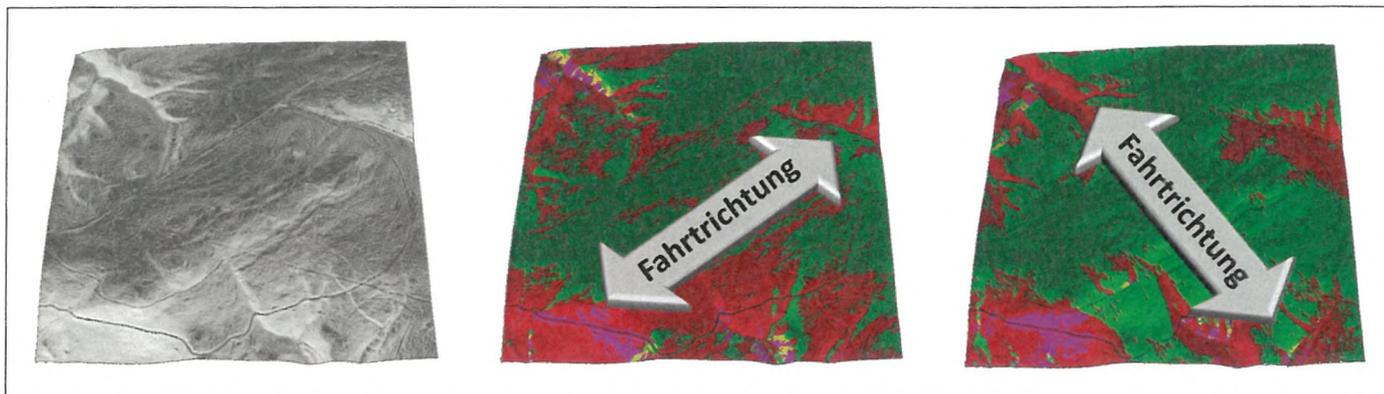
Eine besondere Herausforderung stellte bei der Planung von Erschließungsstrukturen bisher jedoch die Geländebeschaffenheit, speziell die Neigungen im Gelände, dar. Diese führen in Verbindung mit der maximalen Längs- und Querneigung der einzusetzenden Technik dazu, dass Bereiche forstlicher Flächen vollständig oder zumindest für bestimmte Fahrtrichtungen unzugänglich sind. Bei der Planung von Erschließungsstrukturen konnten bislang zugängliche und unzugängliche Bereiche einer Fläche für die forstliche Technik, z. B. basierend auf topografischen Karten, nur mit hohen Ungenauigkeiten abgeschätzt werden.

Schneller ÜBERBLICK

- » **Die Walderschließung** durch Forstwege und Waldwege ist Voraussetzung für eine planvolle, schonende und rentable Bewirtschaftung des Waldes
- » **Die Feinerschließung** von Wäldern sollte aus Gründen des Bodenschutzes für möglichst lange Zeiträume angelegt werden und bereits vorhandene Rückewege und Rückegassen sinnvoll in die Erschließungsplanung integrieren
- » **Das Fraunhofer IFF** entwickelte mathematische Modelle und Algorithmen für die digitale Feinerschließungsplanung, die der Forstbetrieb Oberharz bereits zur Gassenplanung nutzt



3D-Visualisierung



Grafik: I. Ehrhardt

Abb. 2: Verschiedene Varianten der 3D-Visualisierung von Geländemodellen

Neue Möglichkeiten eröffnen hier digitale Höhenmodelle, die den Geländeverlauf mittels Höheninformationen in einem horizontalen Abstand von bis zu 1 m x 1 m (DGM1) beschreiben. Dieses Geländemodell kann dem Forstpersonal mittels einer 3D-Visualisierung (Abb. 2 links) zunächst eine bessere Vorstellung vom Geländeverlauf vermitteln. Eine genaue Identifikation der Bereiche, in denen Längs- und/oder Querneigungsgrenzen forstlicher Technik verletzt sind, ist jedoch auch mit diesen Modellen allein nicht möglich. Um dem Forstpersonal genau in dieser Frage eine Unterstützung zu bieten, entwickelte das Fraunhofer IFF ein Verfahren, bei dem Algorithmen das digitale

Höhenmodell analysieren und für jede beliebige Fahrtrichtung die Neigungsverletzungen berechnen. Im Ergebnis entsteht so ein Modell, dem in einer 3D-Visualisierung mit einer hohen Genauigkeit alle Neigungsverletzungen entnommen werden können. Eine farbliche Kodierung einzelner Gebiete visualisiert dabei die Art des sog. Höhenhindernisses für die Technik (gelb = Längs-, rot = Quer- und violett = Längs- und Querneigungsverletzung). Da in einem Gelände die Neigungsverletzungen richtungsabhängig, d. h. abhängig von der Fahrtrichtung sind, kann das Forstpersonal bei einer Drehung des 3D-Modells in eine jeweilige Fahrtrichtung die Veränderungen

in der Zugänglichkeit der Waldgebiete und Höhenhindernisse für eine Technikvariante deutlich erkennen (Abb. 2 Mitte und rechts). Ein Demonstrationsvideo ist unter

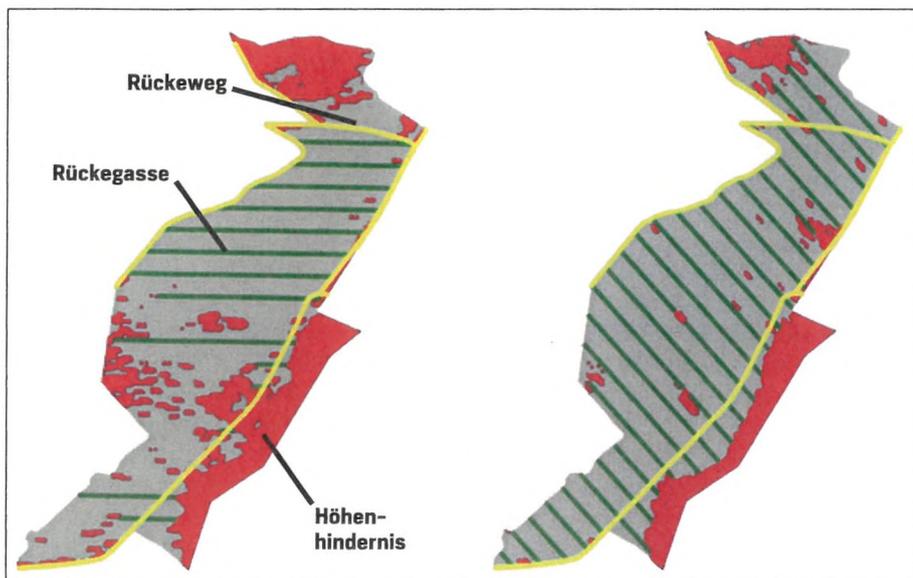
<https://www.holzlogistik.iff.fraunhofer.de/de/forschungsprojekte/gasse20.html> verfügbar.

Die hohe Relevanz richtungsabhängiger Höhenhindernisse in der Gassenplanung wird dadurch unterstrichen, dass schon Geländeneigungen von nur 5 % die zulässige Querneigung forstlicher Standardtechnik verletzen. Dies entspricht einem Höhenunterschied von nur 20 cm auf 4 m Gassenbreite. Auf Basis der 3D-Neigungsmodelle werden daher für alle Fahrrichtungen Höhenhinderniskarten erzeugt. In „Gasse 2.0“ kann damit auch für schwierige Geländebedingungen automatisiert ermittelt werden, welche Varianten den größtmöglichen Zugang zur Fläche und einen hohen Erschließungsgrad gewährleisten. Die hierbei erreichte Detailtreue war für das Forstpersonal so bislang unmöglich (Abb. 3).

Das optimale Gassennetz

Gasse 2.0 ermittelt mathematisch für jeden erstellten Planungsfall die umsetzbaren Aufschlussvarianten und deren Parameter, wie Erschließungsgrad, Flächenverlust, Gassenlänge, Befahrungsdichte und andere mehr. Eine visuelle Darstellung des Gassenverlaufs jeder der mehreren Tausend Lösungsvarianten in Kombination mit ihren individuellen Parametern befreit das Forstpersonal von zeitraubenden

Planung von Rückegassen



Grafik: I. Ehrhardt

Abb. 3: Wirkung von Höhenhindernissen in der Planung mit „Gasse 2.0“

Entscheidungshilfe

Gassennetzvariante	techn. Erschließungsgrad	Ø Transport-Distanz	Verlust an Produktionsfläche	Gesamtkosten
aktuell dargestellt	97,09 %	318,26 m	12120,22 m ²	4,99 €
max. Erschließung	97,11 %	314,25 m	12067,69 m ²	2,5 €
min. Rückeentfernung	23,2 %	225,58 m	3183,43 m ²	225,45 €
min. Verlust an Prod.-fläche	14,3 %	316,2 m	2081,49 m ²	259,85 €
min. Befahrungintens.	28,45 %	261,21 m	4087,68 m ²	216,51 €
Abw. von opt. Gassenrichtung.	87,69 %	347,09 m	10982,87 m ²	42,84 €
min. Kosten	95,96 %	300,88 m	11850,9 m ²	0 €

Gassennetzvariante	techn. Erschließungsgrad	Ø Transport-Distanz	Verlust an Produktionsfläche	Gesamtkosten
aktuell dargestellt	- 0,01 %	+ 4,02 m	+ 52,53 m ²	+ 2,49 €
max. Erschließung	97,11 %	314,25 m	12067,69 m ²	2,5 €
min. Rückeentfernung	- 73,9 %	- 88,67 m	- 8884,26 m ²	+ 222,95 €
min. Verlust an Prod.-fläche	- 82,81 %	+ 1,96 m	- 9986,2 m ²	+ 257,34 €
min. Befahrungintens.	- 68,66 %	- 53,04 m	- 7980,01 m ²	+ 214,01 €
Abw. von opt. Gassenrichtung.	- 9,42 %	+ 32,84 m	- 1084,82 m ²	+ 40,34 €
min. Kosten	- 1,15 %	- 13,37 m	- 216,79 m ²	- 2,5 €

Abb. 4: „Gasse 2.0“ – Entscheidungshilfe für die Auswahl des optimalen Netzes

theoretischen Überlegungen und Berechnungen.

Darüber hinaus liefert „Gasse 2.0“ in einer Vorauswahl die Varianten, welche hinsichtlich der einzelnen Kriterien das beste Ergebnis liefern, und präsentiert diese tabellarisch. Somit ist u. a. das Gassennetz mit dem höchsten Erschließungsgrad direkt mit dem mit der geringsten durchschnittlichen Rückeentfernung vergleichbar. Kompromisslösungen zwischen Varianten können ermittelt werden. Eine farbige Kodierung (rot = schlechter, grün = besser) erleichtert den Vergleich vorausgewähl-

ter Gassennetze über mehrere Kriterien hinweg (Abb. 4).

Um insbesondere die betriebliche Abwägung unterschiedlicher Zielparame- ter zu unterstützen, erlaubt „Gasse 2.0“ die Ermittlung der „Kosten“ jeder Gassennetzvariante. Dem Forstpersonal wird damit auch eine Vorstellung der kostenseitigen Auswirkung der planerischen Entscheidungen verdeutlicht.

Bei der abschließenden Entscheidung und Auswahl einer Umsetzungs- variante sind und bleiben Erfahrungswerte und Expertise des Forstpersonals dennoch unersetzlich.



Dr.-Ing. Ina Ehrhardt

ina.ehrhardt@iff.fraunhofer.de,

leitete das Projekt Gasse 2.0 und ist Expertin für ressourceneffiziente Rohstoffversorgung im Geschäftsfeld Logistik- und Fabrikssysteme des Fraunhofer-Instituts für Fabrikbetrieb und -automatisierung IFF.

Denny Schmelz ist wissenschaftlicher Mitarbeiter im Fraunhofer IFF.