



Eidgenössische Technische Hochschule Zürich
Swiss Federal Institute of Technology Zurich



Eidg. Forschungsanstalt für Wald,
Schnee und Landschaft WSL

Waldabgrenzung mithilfe von 3D Fernerkundungsdaten am Beispiel der Walddefinition des Schweizerischen Landesforstinventares

Masterarbeit

Eidgenössische Technische Hochschule, Zürich
Departement Umweltsystemwissenschaften, D-USYS
Masterstudiengang Umweltnaturwissenschaften

Verfasser: Samuel Küng

Studierendenummer: 14-917-991

16. September 2019 (FS 2019)

Supervisorin: Monika Niederhuber, Professur für forstliches Ingenieurwesen,
ETH Zürich

Co-Supervisor: Christian Ginzler, Gruppe Fernerkundung, WSL Birmensdorf

Zusammenfassung / Abstract

Seit 1983 werden Daten für das Schweizerische Landesforstinventar (LFI) erfasst. Grundlage der Datenerhebung ist ein systematisches Stichprobennetz, das über die gesamte Schweiz reicht. Fundamentaler Bestandteil dieser Aufnahmen ist der Wald-/Nichtwald-Entscheid. Anhand diesem wird auf den Stichprobeflächen überprüft, ob die LFI-Walddefinition erfüllt ist oder nicht. Die Schlüsselkriterien der LFI-Walddefinition sind minimale Höhe, minimaler Deckungsgrad, minimale Breite eines Waldstückes und die Bodennutzung.

Mit der räumlich expliziten Modellierung einer Waldmaske aus 3D-Fernerkundungsdaten anhand der LFI-Walddefinition wird ein Datensatz erstellt, der die entsprechende Waldfläche auch ausserhalb der Stichprobenflächen abbildet. Die Waldmaske wird als wichtige Grundlage für räumliche Untersuchungen und Analysen für das LFI als auch für den Forst -und Umweltbereich gesehen.

Vereinzelte Ansätze zur Modellierung von Waldmasken aus Fernerkundungsdaten wurden bereits publiziert. Für die Schweiz existiert bereits eine Waldmaske (Waldmaske 2017), welche die LFI-Walddefinition berücksichtigt. Ziel der vorliegenden Untersuchung ist es, die Methode der bestehenden Waldmaske weiter zu entwickeln und in Form der Waldmaske 2019 zu präsentieren. Hierzu wird ein Ansatz verwendet, der Gehölze anhand Einzelbaum-Koordinaten abgrenzt und mit einer gezielten Verwendung von Puffern die minimale Breite eines Waldstückes, welche im LFI vom Deckungsgrad abhängig ist, überprüft. Anhand der Methode der Waldmaske 2019 wird zusätzlich überprüft, ob das Verwenden von Vegetationshöhenmodellen aus LiDAR-Daten (LiDAR-VHM) oder aus Luftbilddaten (VHM-LFI) bessere Ergebnisse erzielt. Die Modellierung der Waldmaske 2019 wurde auf den Kanton Bern beschränkt, für welchen aktuelle LiDAR-Daten mit einer hohen Punktdichte verfügbar sind. Um die Ergebnisse zu vergleichen, wurden die bereits existierende Waldmaske 2017 sowie Referenzdaten des LFI verwendet.

Die Resultate sind vielversprechend. Die Waldmaske 2019 weist eine Gesamtgenauigkeit (overall accuracy) von 97 % auf. Sie unterscheidet sich nicht signifikant von der Waldmaske 2017. Einerseits bedeutet dies, dass keine Verbesserung im Vergleich zur Waldmaske 2017 erzielt werden konnte. Andererseits zeigt dies auf, dass die Waldmaske 2019 ohne Ergänzungen und Nachbearbeitungen im Vergleich mit der ergänzten und nachbearbeiteten Waldmaske 2017 ein vergleichbares Resultat erzielt hat. Ebenfalls konnte gezeigt werden, dass die Wahl der Datengrundlage des Vegetationshöhenmodells (LiDAR-VHM oder VHM-LFI) beim Modellieren der Waldmaske 2019 keine signifikanten Unterschiede verursacht.

Inhaltsverzeichnis

Zusammenfassung / Abstract.....	I
Inhaltsverzeichnis.....	II
Abbildungsverzeichnis.....	V
Tabellenverzeichnis.....	VI
Abkürzungen.....	VII
1. Einleitung.....	1
2. Grundlagen / Stand des Wissens.....	3
2.1 Das Schweizerische Landesforstinventar.....	3
2.2 Walddefinitionen.....	6
2.2.1 Waldgesetz Bund.....	6
2.2.2 Waldgesetz Kanton Bern.....	6
2.2.3 Walddefinition Schweizerisches Landesforstinventar.....	7
2.3 Daten der Fernerkundung.....	7
2.4 Verfahren zur automatischen Waldabgrenzung.....	8
2.5 Die Waldmaske 2015.....	9
3. Untersuchungsgebiet.....	11
4. Daten.....	12
4.1 Fernerkundungsdaten.....	12
4.1.1 VHM-LFI.....	12
4.1.2 LiDAR - Daten Kanton Bern.....	13
4.1.3 Unterschiede der verwendeten Fernerkundungsdaten.....	13
4.2 Waldmaske 2017 und Waldmaske 2017 roh.....	14
4.3 Referenzdaten.....	14
4.3.1 LFI-Waldflächendaten Kanton Bern.....	14
4.3.2 LFI-Daten aus der terrestrischen Inventur.....	14
4.3.3 LFI-Luftbildinterpretationsdaten.....	15
4.3.4 Verwendetes Koordinatensystem.....	15
4.4 Software / Hardware.....	16
5. Methoden.....	17
5.1 Abfolge der einzelnen Arbeitsschritte.....	17
5.1.1 Raster-Vegetationshöhenmodelle erstellen.....	18
5.1.2 Einzelbaumdetektion.....	18
5.1.3 X-, Y-, Z- Koordinatenspalten ordnen.....	18
5.1.4 Überführung in das .laz- Format.....	18
5.1.5 Einzelbaum-Punkte in Kacheln aufteilen.....	19
5.1.6 Einzelbaum-Punkte in Waldflächen und Waldlücken überführen.....	19

5.1.7 Separation von Waldflächen und Waldlücken	20
5.1.8 Modellierung Deckungsgrad und Wald-Mindestbreite.....	20
5.1.9 Verwendete LFI-Definitionen	22
5.2 Auswertungsverfahren	23
5.2.1 Flächenbilanz	23
5.2.2 Vergleich mit LFI-Stichprobenflächen	24
5.2.3 Waldrand-Auswertung	26
5.2.4 Gebüschwald-Auswertung	26
6. Resultate.....	27
6.1 Quantitative Resultate	27
6.1.1 Flächenbilanz	27
6.1.2 Vergleich mit LFI-Stichprobenflächen	31
6.1.3 Waldrand-Auswertung	35
6.1.4 Gebüschwald-Auswertung	35
6.1.5 Zusammenfassung der quantitativen Resultate.....	36
6.2 Qualitative Resultate	38
6.2.1 Auswahl guter Beispiele	38
6.2.2 Auswahl von Fehldetektionen	39
7. Diskussion.....	40
7.1 Ausgewählte Resultate	40
7.2 Vereinfachte Modellierung der LFI-Walddefinition	43
7.3 LiDAR - und Image Matching - Eingangsdaten	45
7.4 Zeitliche Unterschiede zwischen Datenaufnahmen.....	45
7.5 Automatisiertes Verfahren und manuelle Ergänzung / Nachbearbeitung	46
7.6 Datenhandhabung.....	47
7.7 Methoden.....	47
8. Schlussfolgerung.....	49
9. Ausblick.....	50
Dank.....	51
Literaturverzeichnis.....	52
Abbildungsquellen.....	56
Geodatenquellen.....	56
Anhang	57
Anhang 1 batchfiles LASGRID	57
Anhang 1.1 batchfile LASGRID, Image Matching.....	57
Anhang1.2 batchfile LASGRID, LiDAR	58
Anhang 2 Modell Einzelbaumdetektion	59

Anhang 3 batchfile TXT2LAS.....	62
Anhang 4 batchfile LASTILE	63
Anhang 5 batchfile LASBOUNDARY	64
Anhang 6 GIS-Modell Separation von Waldflächen und Waldlücken.....	65
Anhang 7 GIS-Modell Mindest-Deckungsgrad und Deckungsgrad-abhängige Wald-Mindestbreite	69
Anhang 8 Weitere Resultate-Tabellen	98
Anhang 8.1 Waldmaske 2019 LiDAR V8	98
Anhang 8.2 Waldmaske 2019 IM V8	99
Anhang 8.3 Waldmaske 2017	100
Anhang 9 Luftbildinterpretation und terrestrische Inventur im LFI.....	101
Eigenständigkeitserklärung ETH Zürich	104