

A topographic map showing contour lines, roads, and green shaded areas. The map is oriented with a blue vertical line running through the center. The text is overlaid in red on the map.

Neue Methoden und Grundlagen in der OL-Kartografie

Kärtlertagung vom 24.11.2012

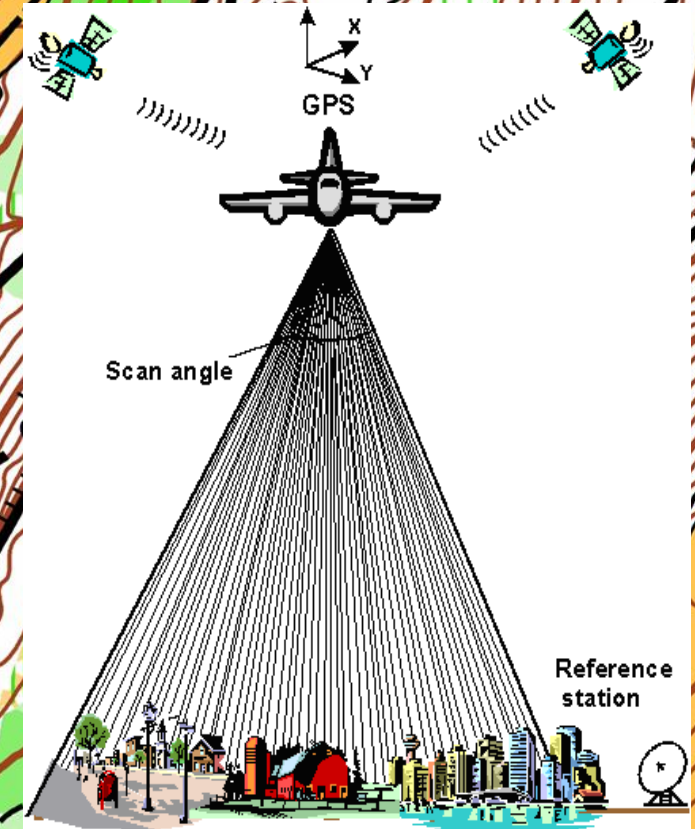
Maturarbeit von Simon Guldimann

Zielsetzung meiner Maturarbeit

- Themenwahl
- Zwei neue Kartierungshilfen praktisch testen
 - Als Grundlage eine Vegetationskarte
 - Als Hilfsmittel einen Tablet-PC und Laserdistanzmessgerät
- Test beim Erstellen der OL Karte Bürenflue

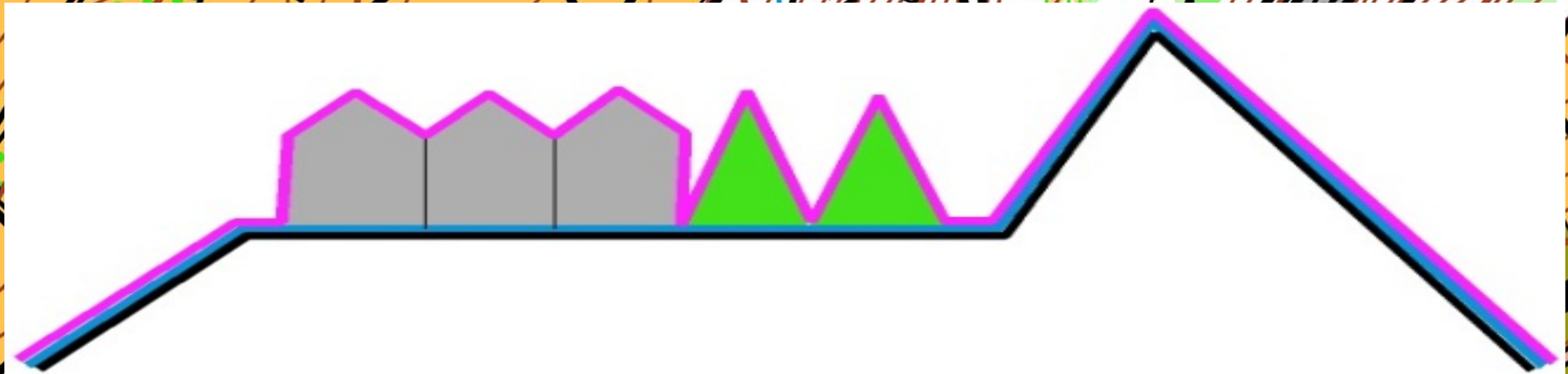
Airborne-Laserscanning

- Befliegung eines Gebietes mit Kleinflugzeug
- Laserimpulse werden ausgesendet und die Reflexionszeit gemessen
- Punktdichte: ca. 1 Punkt pro m^2
- Punkte: Vektordaten (XYZ-Koordinatensystem)



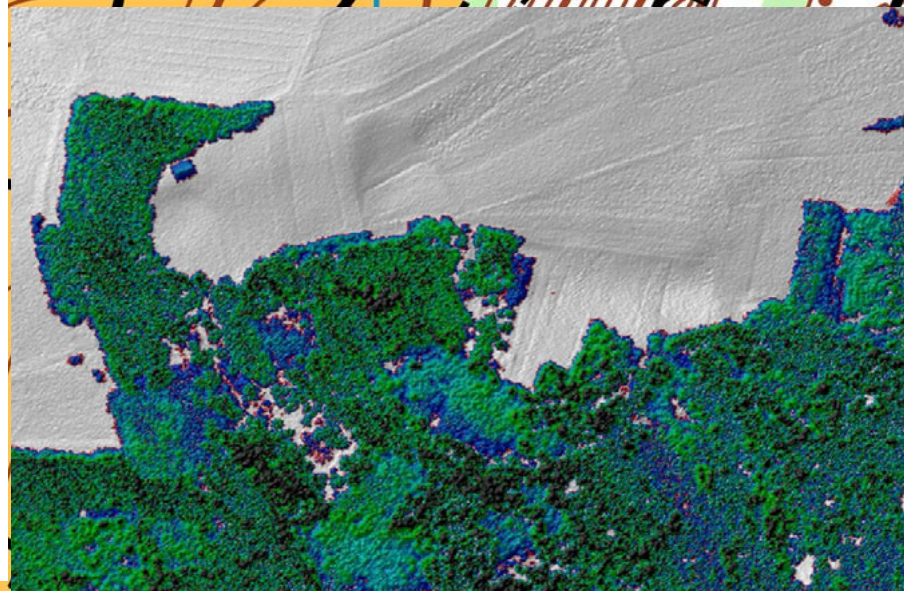
Digitales Terrain Modell (DTM) und Digitales Oberflächenmodell (DOM)

- Aus Laserscanning Rohdaten: DTM und DOM werden abgeleitet
- DTM: Relief
- DOM: Oberfläche inklusive Gebäude, Vegetation



Vegetationskarte

- Differenzrechnung DOM und DTM
- Baumhöhe als Resultat
- Farbgebung nach Baumhöhe

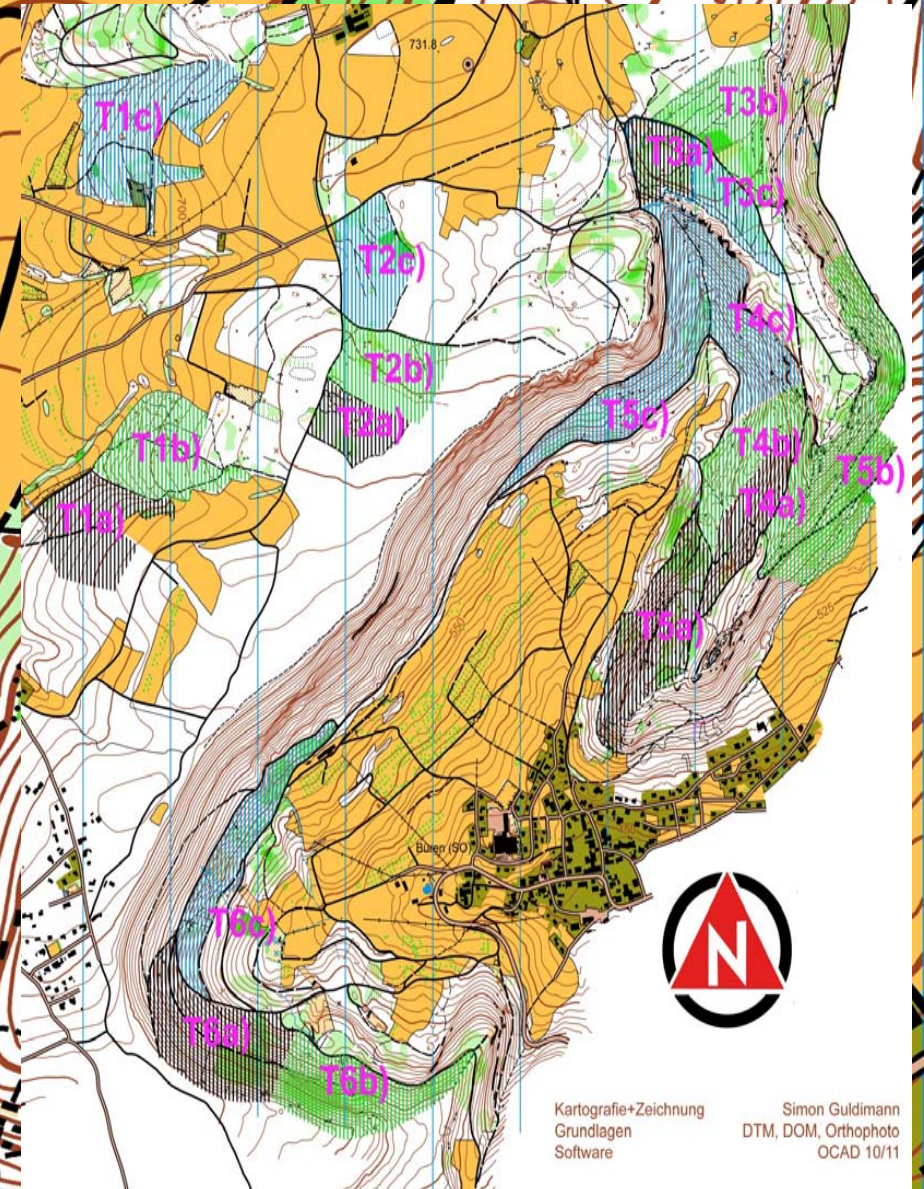


Laserdistanzmessgerät und Tablet-PC

- Laserdistanzmessgerät:
 - Distanzmessung mittels Laserimpuls
 - Azimutmessung
- Datenverarbeitung im Wald mit Tablet-PC
- Direkte Plazierung von Objekten in der Karte (OCAD 11)
 - Referenzpunkt muss definiert werden

Testgebiete

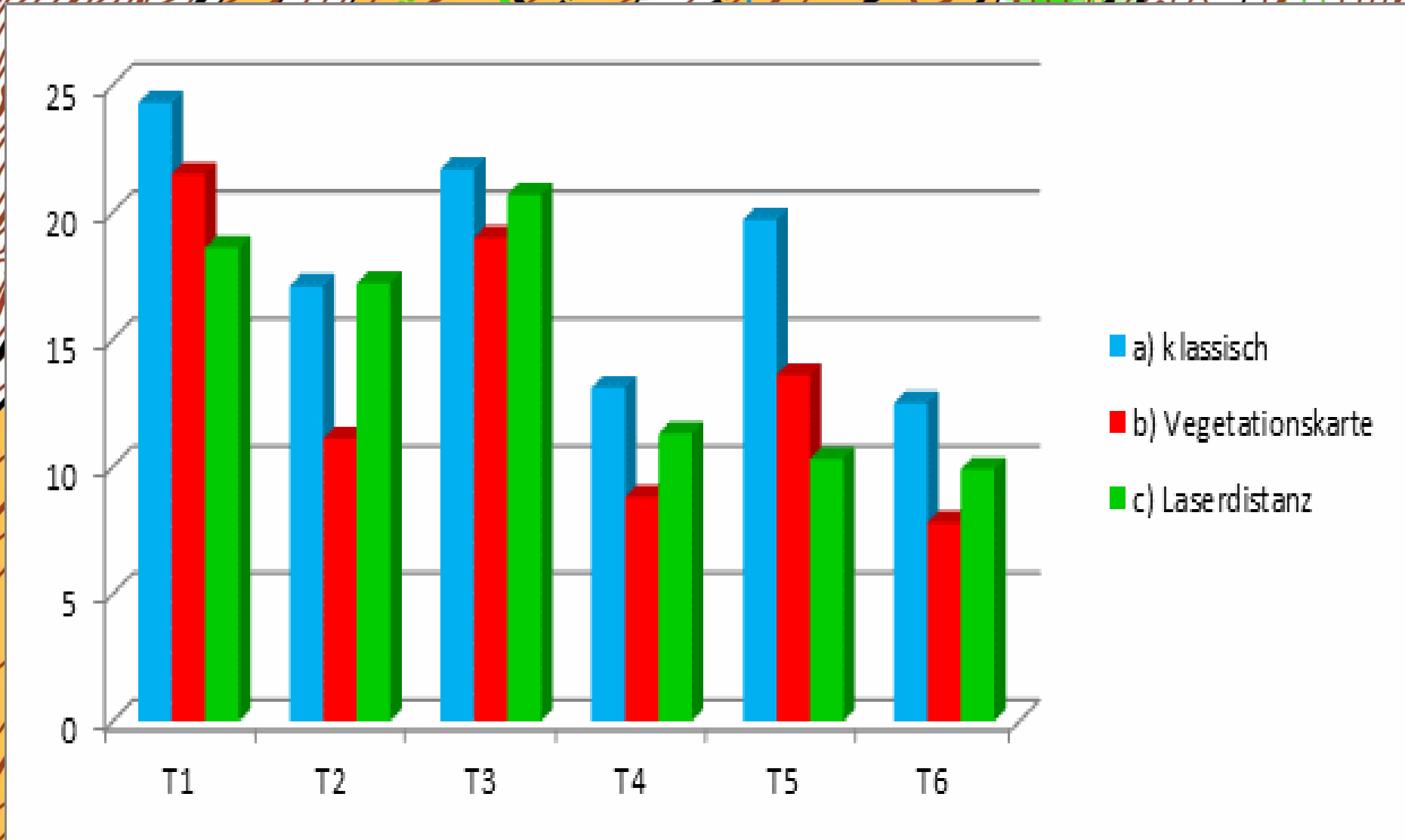
- 6 Testgebiete mit unterschiedlichem Geländetyp
- Variante A: klassische Hilfsmittel (Orthophoto, DTM, AV-Plan)
- Variante B: zusätzlich Vegetationskarte
- Variante C: zusätzlich Tablet-PC und Laserdistanzmessgerät
- Zeitaufwand für die Testgebiete wird gemessen
- Aufwand des Testgebietes wird eingeschätzt



Testgebiete, Geländetypen

- Testgebiet 1: leicht abfallender Hang mit wenigen, kleinen Dickichten
- Testgebiet 2: flach, mit Kahlschlägen und Dickichten
- Testgebiet 3: flach, unübersichtliche Dickichte (schlechte Sicht)
- Testgebiet 4: steiler Hang (offen)
- Testgebiet 5: steiler Hang, mit kleineren Dickichten
- Testgebiet 6: steiler Hang, mit grossen Dickichten

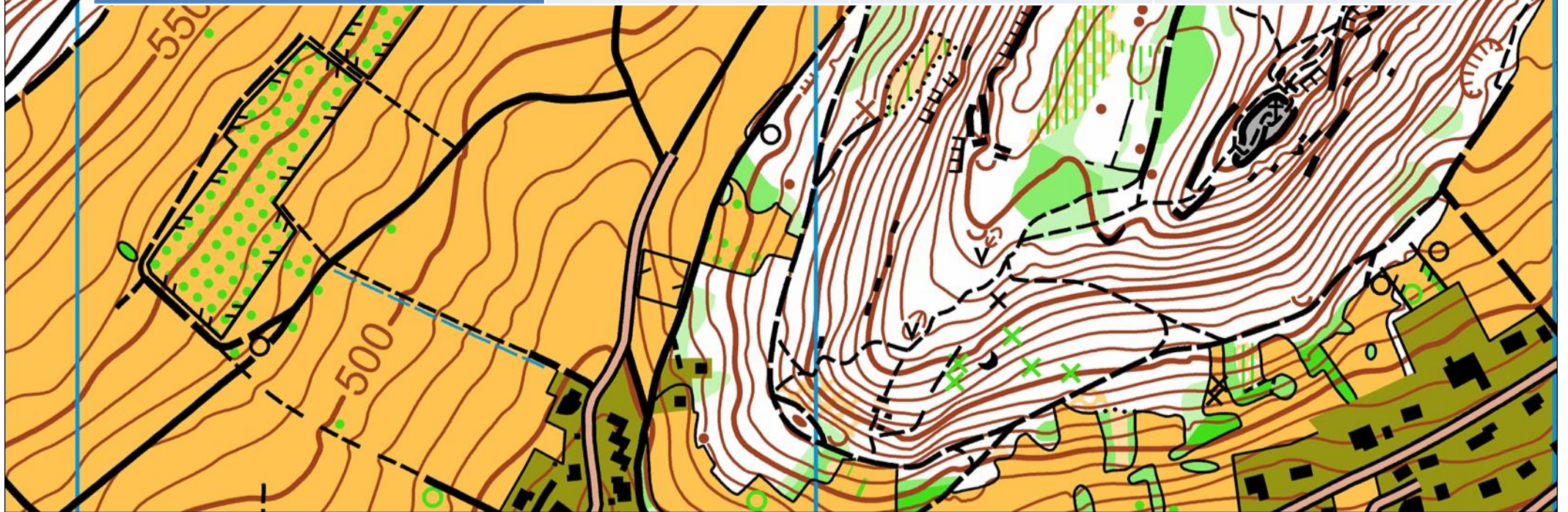
Zeitbedarf für die verschiedenen Testgebiete



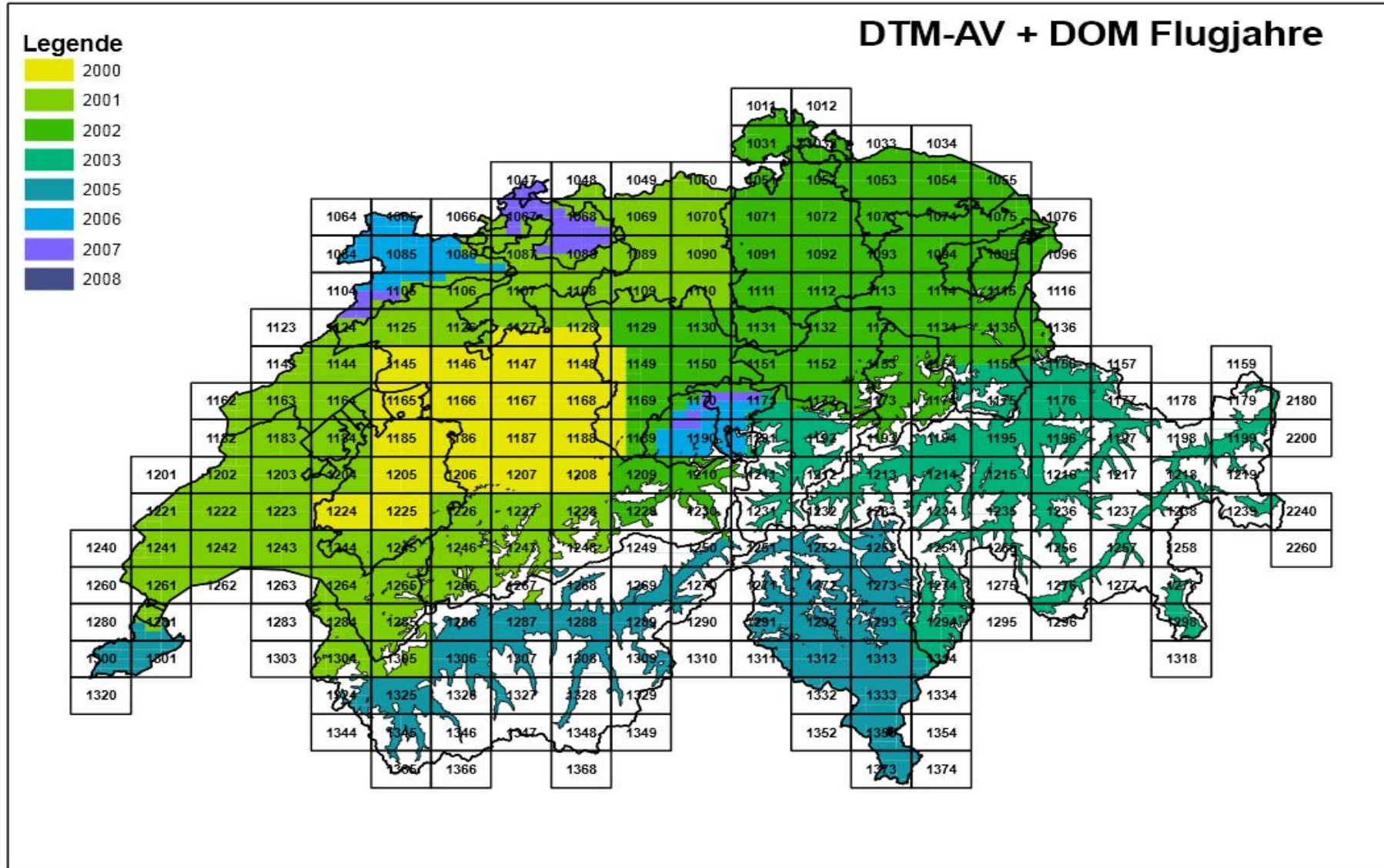
Test- gebiet	Geländetyp	Eignung Vegetationskarte	Eignung Tablet-PC
1	Dickicht (nur kleine), Leicht abfallender Hang	gut	sehr gut
2	Komplexe Dickichtsituation, unübersichtlich, flaches Gelände, offene Partien	sehr gut	sehr schlecht
3	Flaches Gelände, diffuse Dickichte (unübersichtlich, nur in Bodennähe), schlechte Sicht	eher schlecht	mässig
4	Fast kein Dickicht, gute Sicht, steiler Hang	schlecht (fast kein Dickicht)	gut
5	Sehr steile Hänge, einige eher kleine Dickichte, viel Felsen	sehr gut	mässig
6	Grosse Dickichte, unübersichtlich, steiler Hang	gut	Eher schlecht

Zeitbedarf bei der Digitalisierung

	Gesamtfläche der jeweiligen Beispiele	Zeitbedarf zur Verarbeitung zuhause (total)	Zeitbedarf zur Verarbeitung zuhause pro km ²
Klassische Kartierung	0,4434km ²	340min	767min
Tablet-PC-Kartierung	0,2371km ²	90min	380min

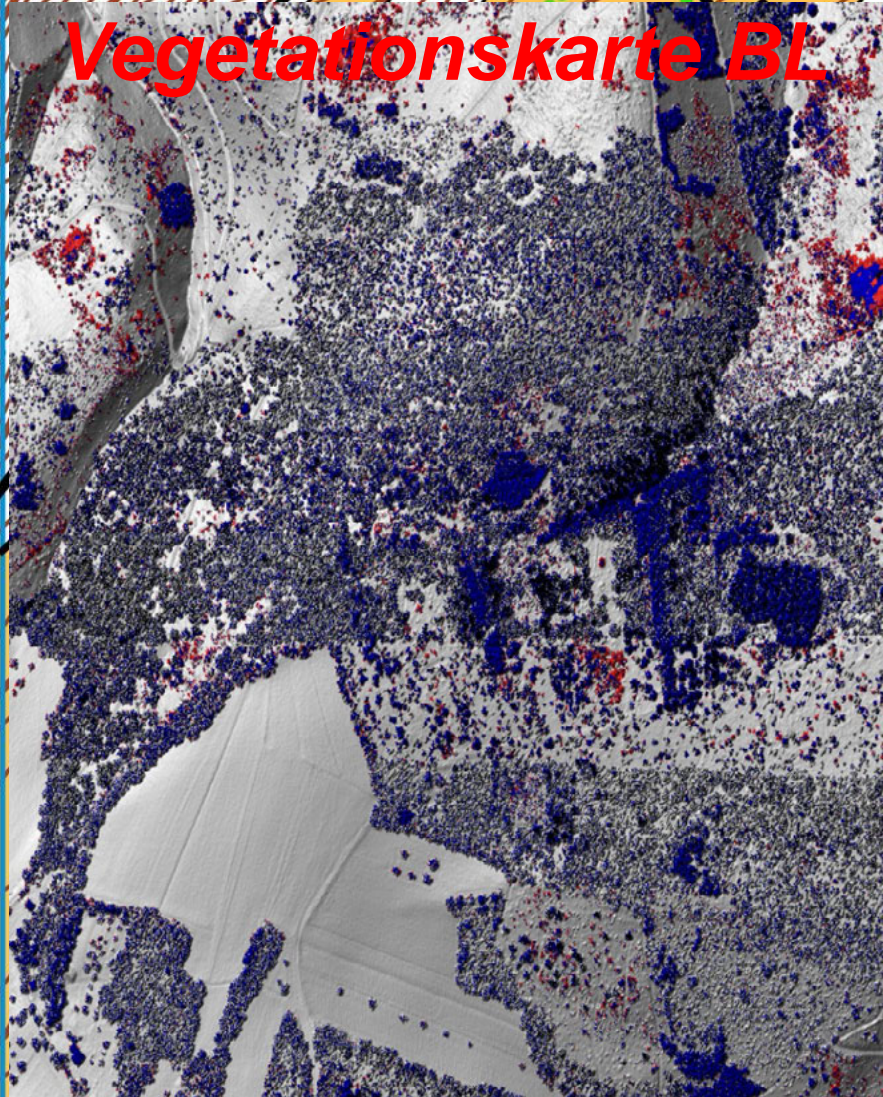


Laserscanningdaten Aktualität

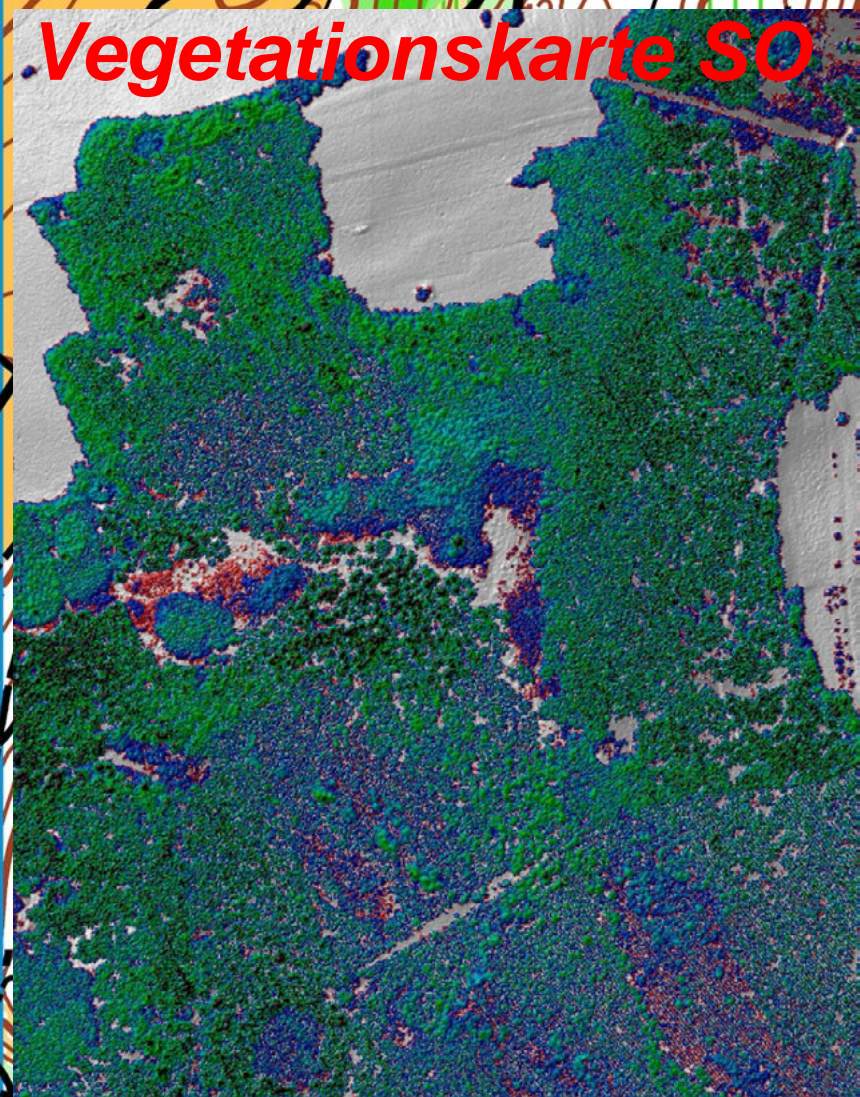


Unterschiedliche Vegetationskarten durch unterschiedliche Flugperioden

Vegetationskarte BL



Vegetationskarte SO



Fazit Vegetationskarte

- Generell ist die Verwendung sinnvoll
- Kosten müssen in Relation zum Nutzen gesetzt werden
- Aktualität und Flugperiode
- Je nach Geländetyp mehr oder weniger sinnvoll
- Besonders im flachen Gelände kann viel Arbeit gespart werden

Fazit Tablet-PC und Laserdistanz

- In offenem Gelände gut einsetzbar
- Bei schlechter Sichtweite schlecht geeignet
- Besonders in steilen Hängen kann viel Zeit eingespart werden (bei guter Sicht)
- Kostenaufwand, Einarbeitungszeit
- Sicherheitskopien müssen erstellt werden

GPS Kartierung als Alternative (auch mit Tablet-PC)

A topographic map showing contour lines, green vegetation, and a red text overlay. The map features brown contour lines indicating elevation, with labels for 500 and 550 meters. Green areas represent vegetation, and a red text overlay reads "Danke für die Aufmerksamkeit!". The map also shows a road, a stream, and various symbols for buildings and other features.

Danke für die Aufmerksamkeit!



NEUE METHODEN UND GRUNDLAGEN IN DER OL-KARTOGRAPHIE

SIMON GULDIMANN, 3B

MATURARBEIT 2012, GYMNASIUM MÜNCHENSTEIN

BETREUUNG: RENÉ SOLLBERGER

INHALTSVERZEICHNIS

ABSTRACT	3
VORWORT	4
1. EINLEITUNG	4
2. KURZE EINFÜHRUNG IN DIE OL-KARTOGRAFIE	5
3. TECHNISCHE GRUNDLAGEN	6
3.1 HÖHENMODELLE	6
3.1.1 AIRBORNE LASERSCANNING	
3.1.2 DIGITALES TERRAINMODELL UND DIGITALES OBERFLÄCHENMODELL	
3.2 VEGETATIONSKARTE	7
3.3 LASERDISTANZMESSGERÄT UND TABLET-PC	8
4. METHODE	9
4.1 TESTGEBIETE	9
4.2 ZEITBEDARF BEI DER DIGITALISIERUNG	11
4.3 KOSTENAUFWAND UND AKTUALITÄT DER LASERSCANNINGDATEN	11
5. RESULTATE	12
6. AUSWERTUNG	12
6.1 TESTGEBIET 1	13
6.1.1 CHARAKTERISIERUNG DES TESTGEBIETES	
6.1.2 VERGLEICH MIT UND OHNE VEGETATIONSKARTE [1A)MIT 1B)]	
6.1.3 VERGLEICH DIGITAL UND KLASSISCH [1B) MIT 1C)]	
6.2 TESTGEBIET 2	14
6.2.1 CHARAKTERISIERUNG DES TESTGEBIETES	
6.2.2 VERGLEICH MIT UND OHNE VEGETATIONSKARTE [2A)MIT 2B)]	
6.2.3 VERGLEICH DIGITAL UND KLASSISCH [2B) MIT 2C)]	
6.3 TESTGEBIET 3	15
6.3.1 CHARAKTERISIERUNG DES TESTGEBIETES	
6.3.2 VERGLEICH MIT UND OHNE VEGETATIONSKARTE [3A)MIT 3B)]	
6.3.3 VERGLEICH DIGITAL UND KLASSISCH [3B) MIT 3C)]	
6.4 TESTGEBIET 4	17
6.4.1 CHARAKTERISIERUNG DES TESTGEBIETES	
6.4.2 VERGLEICH MIT UND OHNE VEGETATIONSKARTE [4A)MIT 4B)]	
6.4.3 VERGLEICH DIGITAL UND KLASSISCH [4B) MIT 4C)]	
6.5 TESTGEBIET 5	18

6.5.1 CHARAKTERISIERUNG DES TESTGEBIETES	
6.5.2 VERGLEICH MIT UND OHNE VEGETATIONSKARTE [5A)MIT 5B)]	
6.5.3 VERGLEICH DIGITAL UND KLASSISCH [5B) MIT 5C)]	
6.6 TESTGEBIET 6	20
6.6.1 CHARAKTERISIERUNG DES TESTGEBIETES	
6.6.2 VERGLEICH MIT UND OHNE VEGETATIONSKARTE [6A)MIT 6B)]	
6.6.3 VERGLEICH DIGITAL UND KLASSISCH [6B) MIT 6C)]	
6.7 FAZIT DER TESTGEBIETE	21
6.7.1 ZEITÜBERSICHT ÜBER ALLE TESTGEBIETE	
6.7.2 VEGETATIONSKARTE	
6.7.3 TABLET-PC UND LASERDISTANZMESSGERÄT	
6.7.4 ÜBERSICHT ÜBER DIE EIGNUNG DER BEIDEN METHODEN	
7. ZEITBEDARF BEI DER DIGITALISIERUNG	23
8. KOSTEN	23
8.1 KOSTEN TABLET-PC UND LASERDISTANZMESSGERÄT	23
8.2 KOSTEN LASERSCANNING DATEN	24
9. LASERSCANNING DATEN IN DER SCHWEIZ	25
9.1 FLUGJAHR UND FLUGPERIODEN DER LASERSCANNINGDATEN	25
9.2 BEISPIEL MIT ANDEREM DATENTYP IN BASELLAND	27
9.2.1 VERGLEICH DER UNTERSCHIEDLICHEN VEGETATIONSKARTEN (BL UND SO)	
9.2.2 VERGLEICH DER VEGETATIONSKARTE BL MIT DER OL-KARTE «SCHÖNMATT»	
9.2.3 VOR UND NACHTEILE DER DATEN IN BASELLAND	
10. VERWENDUNG DES DOMS NACH GELÄNDETYP	32
11. LASERDISTANZMESSGERÄT VS. REAL TIME GPS	34
12. WALGESELLSCHAFTEN	35
13. FAZIT	35
13.1 FAZIT VEGETATIONSKARTE (DOM)	35
13.2 FAZIT TABLET-PC UND LASERDISTANZMESSGERÄT	36
NACHWORT	37
QUELLEN UND ABBILDUNGSVERZEICHNIS	37

ABSTRACT

Primär wurden in dieser Arbeit zwei neue Kartierungsmethoden auf deren Relevanz in der OL-Kartografie untersucht. Die eine ist die Verwendung einer Vegetationskarte, die aus der Differenz des digitalen Oberflächenmodells (DOM) und des digitalen Terrainmodells (DTM) berechnet werden kann, die aus Airborne Laserscanningdaten abgeleitet wurden. Diese Vegetationskarte enthält die Höhe der Vegetation in Form von unterschiedlich farbigen Pixeln. Die andere Methode ist die digitale Kartierung mithilfe eines Tablet-PCs und einem Laserdistanzmessgerät. Um den Aufwand beim Kartieren mit neuen Methoden qualitativ mit demjenigen der klassischen Kartierung vergleichen zu können, wurden sechs Testgebiete mit unterschiedlichem Geländetyp ausgewählt. In den Testgebieten wurde nun jeweils ein Teil klassisch kartiert, ein Teil mit Verwendung der Vegetationskarte und ein weiterer mit Tablet-PC. Neben dem reduzierten Aufwand bei der Kartierung wurde bei der Tablet-PC Variante ebenfalls der reduzierte Aufwand bei Fertigstellen der Karte zu Hause berücksichtigt. Denn durch die digitale Kartierung mit dem Tablet-PC muss die Karte nur noch verbessert und nicht mehr abgezeichnet werden. Ein wichtiger Faktor sind natürlich auch die durch die neuen Methoden generierten Kosten, die bei der Entscheidung zur Verwendung einer der neuen Methoden relevant sind.

Das DOM weist keine schweizweite Gleichheit in den Daten auf, da Laserscanningbefliegungen etappenweise durchgeführt wurden. Deshalb unterscheiden sich die Daten bezüglich Aktualität aber auch von ihrer Qualität. So sind Daten, welche im Winter generiert wurden, schlechter geeignet, da zu wenige Laserimpulse von der obersten Vegetationsschicht reflektiert werden.

Als Fazit kann gesagt werden, dass unter Verwendung der Vegetationskarte meistens effizienter kartiert werden kann. Primär lohnt sich die Beschaffung bei grösseren Kartenprojekten. Wenn Laserscanning-Daten gratis zu Verfügung gestellt werden ist deren Verwendung sehr zu empfehlen.

Die Tablet-PC-Laserdistanzmessgerät-Methode lohnt sich vor allem in sehr offenem Gelände. Bei dichter Vegetation ist das Laserdistanzmessgerät schlecht geeignet (Fehlmessungen, kompliziertere Handhabung). Dort kommt allenfalls ein gutes GPS-Gerät in Frage.

VORWORT

Ich möchte mich an dieser Stelle bei allen Personen bedanken, die zum Gelingen meiner Maturarbeit beigetragen haben. Mein Dank gilt vor allem Hubert Klauser und Thomas Gloor von der OCAD AG; Hubert Klauser für die sehr gute technische Betreuung der Arbeit und Thomas Gloor für die Hilfe bei der Auswahl eines spannenden Themas, sowie die Zurverfügungstellung des benötigten Materials. Ebenfalls danken möchte ich Thomas Hohl für die Einführung in die Grundlagen der OL-Kartografie, sowie René Sollberger für die gute Betreuung der Maturarbeit.

1. EINLEITUNG

Die Aufnahme einer präzisen Karte für den Orientierungslauf ist sehr zeitintensiv. Zurzeit ist es üblich, die Vegetationsgrenzen mithilfe von Schrittmass und Kompass oder aber mit dem Einsatz von GPS-Geräten aufzunehmen.

Nun möchte ich in meiner Maturaarbeit die Eignung zweier neuen Methoden testen und evaluieren, wie sich deren Einsatz auf den Zeitaufwand und die Kartenqualität auswirkt.

Die eine Methode besteht darin, dass man eine Vegetationskarte einsetzt, welche die Baumhöhen repräsentiert. Diese Karte kann aus sogenannten Airborne Laserscanningdaten berechnet werden. Beim Airborne Laserscanning wird ein Gebiet überflogen, mit einem Laser die Landschaft gescannt und die Reflexionszeit der Strahlen gemessen. Daraus können zwei Geländemodelle abgeleitet werden: Das digitale Terrainmodell (DTM) stellt die Erdoberfläche ohne Vegetation dar, das digitale Oberflächenmodell (DOM) beinhaltet auch die Vegetation und Gebäude. Die Vegetationskarte mit den Baumhöhen wird aus der Differenz von DOM und DTM berechnet.

Die zweite Methode besteht darin, einen Tablet-PC und ein Laserdistanzmessgerät einzusetzen. Damit ist es möglich, Vegetationsgrenzen, sowie andere Objekte, aus der Ferne einzumessen und die Karte bereits im Wald digital zu zeichnen.

2. KURZE EINFÜHRUNG IN DIE OL-KARTOGRAFIE

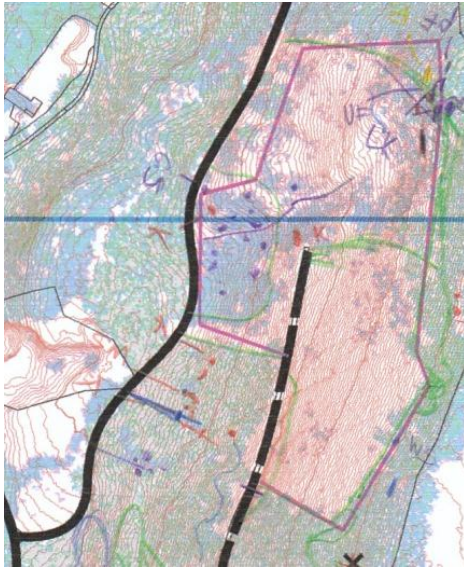


Abb. 2.1: Beispiel eines kartierten Ausschnittes, mit hinterlegten Grundlagen

Orientierungslaufkarten werden im Masstab 1:10'000 oder 1:15'000 gezeichnet (Urbanes Gelände: 1:4'000 oder 1:5'000). Die Äquidistanz (Höhendifferenz zwischen zwei Höhenkurven) beträgt in der Regel 5m, in flachem Gelände 2.5m. Als Grundlagen verwendet man den Plan der Amtlichen Vermessung, ein Orthophoto (=entzerrtes Luftbild), sowie die aus dem digitalen Terrainmodell DTM berechneten Höhenkurven mit 1m Äquidistanz (siehe Höhenmodelle 3.1). Häufig wird auch die alte OL Karte als Grundlage verwendet, darauf kann aber gut verzichtet werden, falls genauere Grundlagen zur Verfügung stehen.

Denn bei alten OL-Karten ist das Wegnetz häufig stark verzogen (d.h Wege sind nicht immer lagerichtig und folglich auch andere Objekte). Bei der Kartierung wird ein Ausschnitt der Karte im Masstab 1:5'000 verwendet, auf welchen man mit verschiedenen Farben die relevanten Informationen einzeichnet (siehe Abb. 2.1). Das Einmessen eines zu kartierenden Objektes geschieht durch Schrittmass und Kompassrichtung von einem bekannten Standort aus. Kartiert werden deutlich sichtbare Objekte (z.B. Wurzelstöcke, Steine, Felsen, Gräben) sowie die Belaufbarkeit (Vegetation). Heute werden als Alternative zum Schrittmass und Kompass GPS-Geräte eingesetzt, wobei diese Geräte eine hohe Genauigkeit aufweisen müssen und entsprechend auch teuer sind. Nach der Aufnahme im Wald wird die gescannte, handgezeichnete Karte am PC digital gezeichnet, meistens wird dafür die Software OCAD verwendet. Die gescannte, handgezeichnete Karte wird

Legende	
	Wald = weiß, Kulturland = gelb
	leichte Behinderung
	starke Behinderung
	sehr starke Beh., unpassierbar
	Hügel; kleine Kuppe
	Senke; kleine Senke; Loch
	Fahrweg; Karrweg
	Fußweg; Pfad
	passierbarer Fels
	unpassierbarer Fels
	kleiner Turm; Futterkrippe
	Sperrgebiet (Privatgelände)
	Bodenbewuchs
	undeutlicher Sumpf
	rauhes offenes Gelände
	Stein; Steingruppe; Steinwall

Abb. 2.2: Legende einer OL-Karte

dabei als Hintergrundkarte hinterlegt und abgezeichnet. Zum Zeichnen stehen verschiedene Symbole zur Verfügung (siehe Abb. 2.2), welche vom Internationalen OL Verband (International Orienteering Federation, IOF) in den International Specification for Orienteering Maps (ISOM) definiert worden sind (für ISOM siehe: <http://orienteering.org/wp-content/uploads/2010/12/International-Specification-for-Orienteering-Maps-2000.pdf>).

3. TECHNISCHE GRUNDLAGEN

3.1 HÖHENMODELLE

3.1.1 AIRBORNE LASERSCANNING

Das Airborne Laserscanning ist ein modernes Verfahren, um die topografische Geländeoberfläche digital zu erfassen. Man überfliegt ein Gebiet mit einem Kleinflugzeug oder Helikopter. Ein integrierter Laserscanner sendet Laserstrahlen aus, welche von der Erdoberfläche reflektiert werden. Ein Sensor registriert die reflektierten Strahlen. Aus der Zeitdifferenz zwischen Aussenden und Empfang kann die Höhe der Erdoberfläche an dieser Stelle berechnet werden. Um ein möglichst grosses Gebiet abzudecken, werden die Laserimpulse mit einem Spiegel, der sehr schnell verstellt werden kann, seitlich abgelenkt. Die Position des Flugzeuges bestimmt man mithilfe eines präzisen GPS Empfängers an Bord des Flugzeuges. Schlussendlich hat man eine extrem grosse Anzahl Punkte, mit der genauen Position, sowie einer Höhe. Die Höhengenaugigkeit eines Punktes beträgt $\pm 0.15\text{m}$. Eine Kachel von 1km^2 enthält ca. $1'000'000$ Punkte (1 Punkt pro 1m^2), weshalb sehr grosse Datenmengen entstehen. [1]

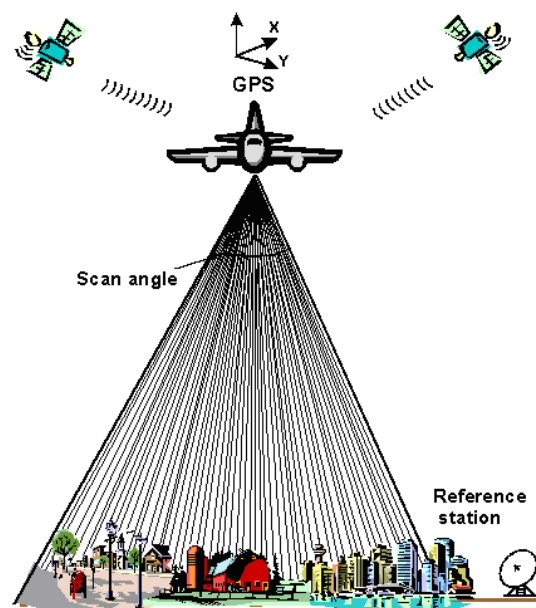


Abb. 3.1.1: Schema zur Funktionsweise der Datengenerierung beim Airborne Laserscanning

3.1.2 DIGITALES TERRAINMODELL UND DIGITALES OBERFLÄCHENMODELL

Die Reflexionen treffen nicht zeitgleich ein, weil von den ausgesendeten Laserimpulsen ein Teil von der Vegetation reflektiert wird (first pulse) und nur ein Teil auf den Boden auftrifft (last pulse). Mit diversen Algorithmen werden die Punkte automatisch einem Punkttyp, Bodenpunkt oder Vegetationspunkt zugeordnet. Aus den Bodenpunkten kann das digitale Terrainmodell (DTM) und aus den Vegetationspunkten oder Hochpunkten das digitale Oberflächenmodell (DOM) berechnet werden. Das DTM repräsentiert also das Relief des Erdbodens, das DOM enthält zusätzlich die Vegetation und die Gebäude. [2]

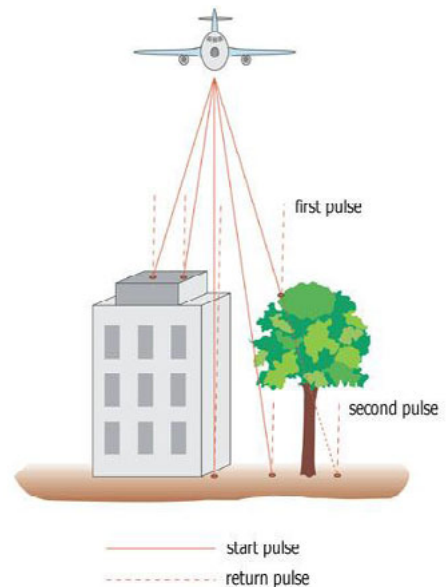


Abb. 3.1.2.1: Darstellung der unterschiedlichen Reflexionszeit ausgesendeter Laserimpulse

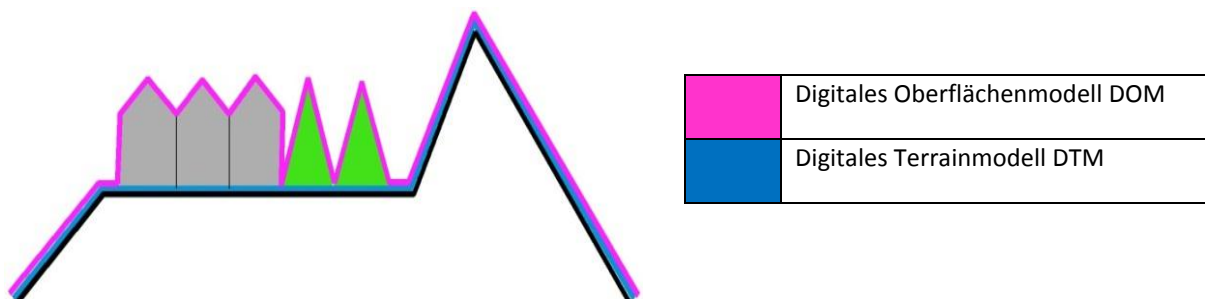


Abb. 3.1.2.2: Schema zum Unterschied DTM und DOM

3.2 VEGETATIONSKARTE

Mit OCAD 11 kann die Differenz zwischen dem DTM und dem DOM berechnet werden. Die Differenz entspricht sogleich den Baumhöhen. Diese werden dann auf der Vegetationskarte mit verschiedenen Farben dargestellt. In der verwendeten Karte entspricht:

Vegetationshöhe

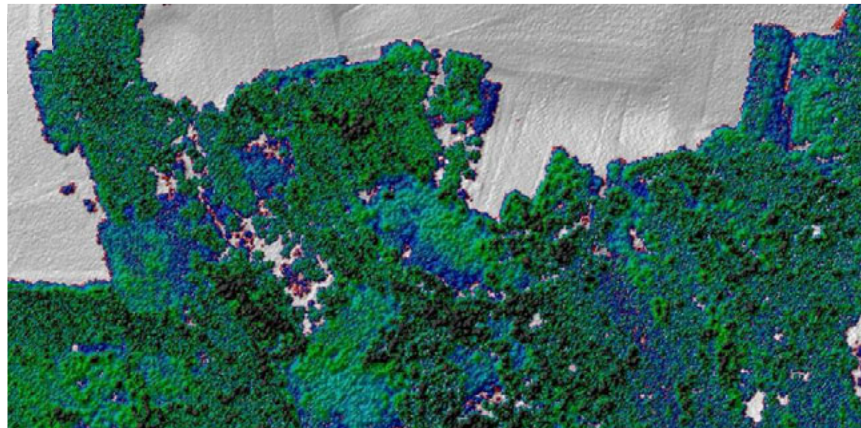


Abb. 3.2: Ausschnitt der berechneten Vegetationskarte mit hinterlegter Schummerungskarte

3.3 LASERDISTANZMESSGERÄT UND TABLET-PC

Die Sendeoptik am Laserdistanzmessgerät sendet einen Laserimpuls aus, der vom Zielobjekt reflektiert wird. Aus der Laufzeit Δt des Laserstrahles kann die Entfernung des Zielobjektes berechnet werden. Die Messung ist aber nicht so trivial, weil die Zeitdifferenz im Bereich von Nanosekunden. Die Messgenauigkeit ist von der Zielqualität abhängig (z.B. helle und glänzende Oberflächen haben



Abb. 3.3: Verwendeter Tablet-PC und Laserdistanzmessgerät

eine bessere Zielqualität als dunkle matte), aber auch von der Entfernung. Bei guter Zielqualität und einer Entfernung von 120m wird für das verwendete Messgerät eine Genauigkeit von ca. +/- 30cm, bei schlechter Zielqualität ca. +/- 1m. Diese Messgenauigkeit ist für den Anwendungsbereich OL-Karte längstens ausreichend, zumal die zu messenden Distanzen meistens deutlich kleiner als 120m sind und somit eine noch exaktere Messgenauigkeit resultiert. [3]

Das verwendete Lasergerät verfügt zusätzlich über die Funktion, mit einem integrierten, präzisen Kompass den Azimut¹ zu bestimmen. Der Kompass lie-

¹ im Uhrzeigersinn gemessener Winkel zwischen geografisch-Nord und einer Richtung [4]

fert zusätzlich die Inklination (vertikale Neigung), so dass eine Software im Gerät die gemessene Distanz auf die horizontale Distanz umrechnen kann. Diese Distanz ist schlussendlich auch die entscheidende in der Kartografie, da Karten ja zweidimensional sind.

Die Messwerte werden via Bluetooth an einen Tablet-PC (Tragbarer PC mit Touchscreen) übertragen. Mithilfe der verwendeten Testversion von OCAD 11 werden anhand der Messwerte und einem, vom Benutzer definierten, Referenzpunkt zu kartierende Objekte direkt in die Karte eingezeichnet. Durch mehrere Messungen, die aneinander gehängt werden, können auch Linien und Flächen auf diese Art und Weise gezeichnet werden.

4. METHODE

4.1 TESTGEBIETE

Verglichen wurde der Zeitaufwand zur Kartierung im Gelände. Dazu habe ich sechs verschiedene Testgebiete ausgewählt, die von möglichst unterschiedlichem Geländetyp sind. In jedem dieser sechs Testgebiete wurden nun drei Teilgebiete definiert (Abb. 4.1), von welchen jeweils eines mit herkömmlichen Grundlagen (Vermessungsplan, Luftbild, DTM-1m) aufgenommen wurde (Variante a)), eines mit der zusätzlichen Verwendung der Vegetationskarte (Variante b)) und ein weiteres, welches mit Tablet-PC und Laserdistanzmessgerät kartiert wurde (Variante c)), wobei hier die gleichen Grundlagen wie bei Variante b) verwendet wurden. Es wurde bei allen Testgebieten die Zeit für die Kartierung gestoppt. Nun lässt sich der Arbeitsaufwand zwischen Variante a) und b) vergleichen, also die Kartierung mit und ohne Vegetationskarte. Des Weiteren ist ein Vergleich zwischen Variante b) und c) möglich.

Die drei Teilgebiete wurden so gewählt, dass sie möglichst ähnlich sind, da der Zeitaufwand pro Fläche bei unterschiedlichem Gelände stark variiert. Steiles oder unübersichtliches Gelände, sowie diffuse Vegetationsverhältnisse erhöhen den Zeitbedarf enorm. Auch ist es wichtig, dass die Art der Vegetation vergleichbar ist, damit klare Aussagen über den Nutzen der Vegetationskarte gemacht werden können. Da bei den verschiedenen Testgebieten trotzdem

Unterschiede in der Detaildichte und somit im Aufwand bestehen, wurde vor der Auswertung der gemessenen Zeiten die Komplexität des Gebietes mit einem Aufwandsquotient von 1-5 abgeschätzt, wobei 1 wenig aufwändig und 5 sehr aufwändig bedeutet. Der hochgerechnete Zeitbedarf pro Fläche wird durch den Aufwandsquotient geteilt, so dass ein ausgeglichener, vergleichbarer Wert entsteht.

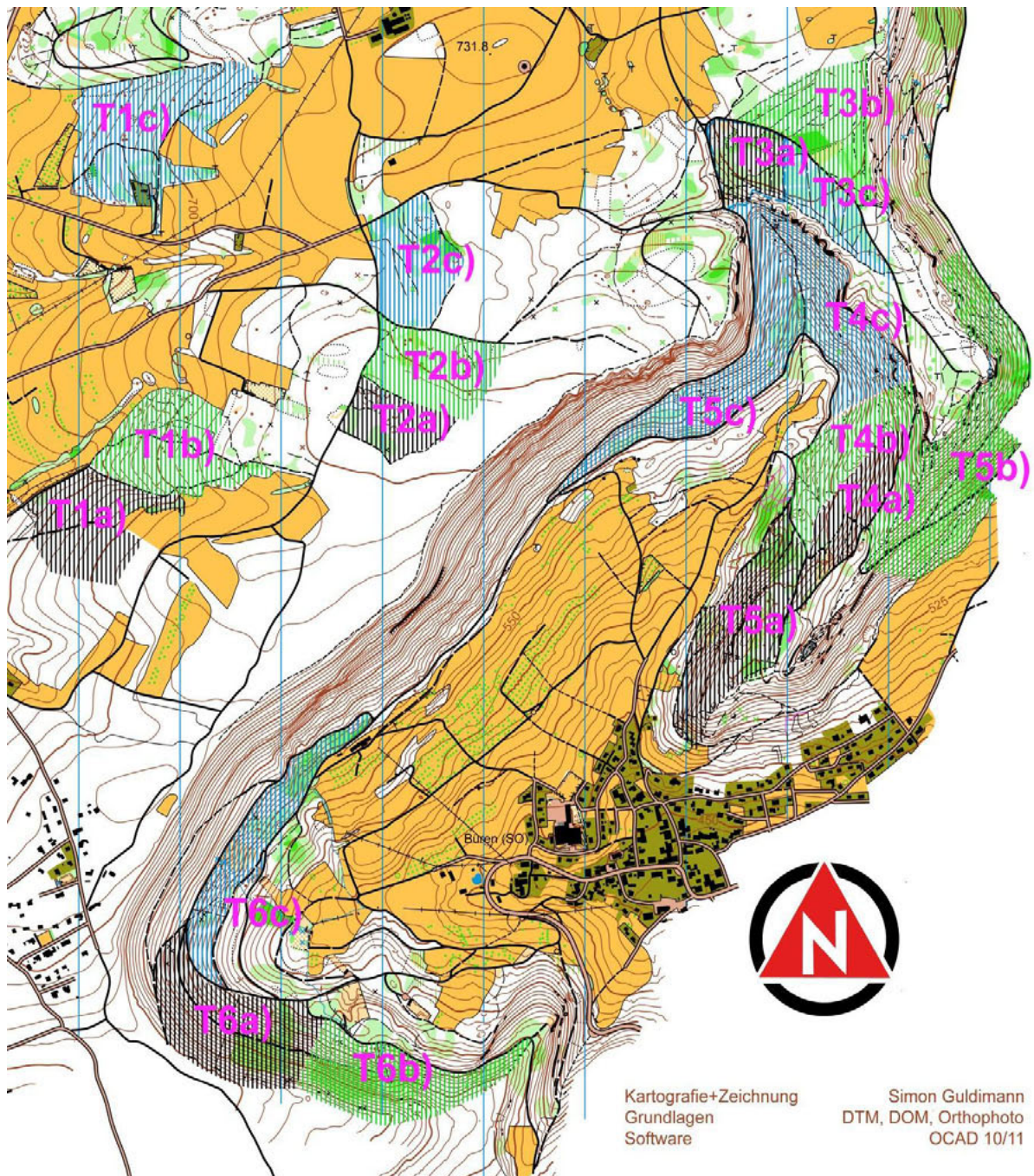


Abb. 4.1: Übersicht über die Verteilung der Testgebiete

	Grundlagen	Hilfsmittel
a)	Luftbild, Vermessungsplan, 1m Höhenkurven (DTM-1m)	Schrittmass, Kompass
b)	Luftbild, Vermessungsplan, 1m Höhenkurven (DTM-1m), Vegetationskarte	Schrittmass, Kompass
c)	Luftbild, Vermessungsplan, 1m Höhenkurven (DTM-1m), Vegetationskarte	Laserdistanzmessgerät und Tablet-PC

Tabelle I: Übersicht über die Testgebiete

4.2 ZEITBEDARF BEI DER DIGITALISIERUNG

Um die Variante mit Tablet-PC und Laserdistanzmessgerät mit der klassischen Kartierung vergleichen zu können muss auch der Zeitbedarf zuhause bei der Digitalisierung berücksichtigt werden. So verfügt man nämlich bereits über eine digitale Version der Karte, wenn man mit dem Tablet-PC kartiert. Diese Karte muss nur noch wenig überarbeitet werden, so dass deutlich weniger Zeit gebraucht wird. Um die Zeiteinsparung abschätzen zu können, wurde jeweils notiert, wie lange der Digitalisierungsprozess bei der Papiervariante und die Nachbearbeitung bei der Variante mit Tablet-PC gedauert haben.

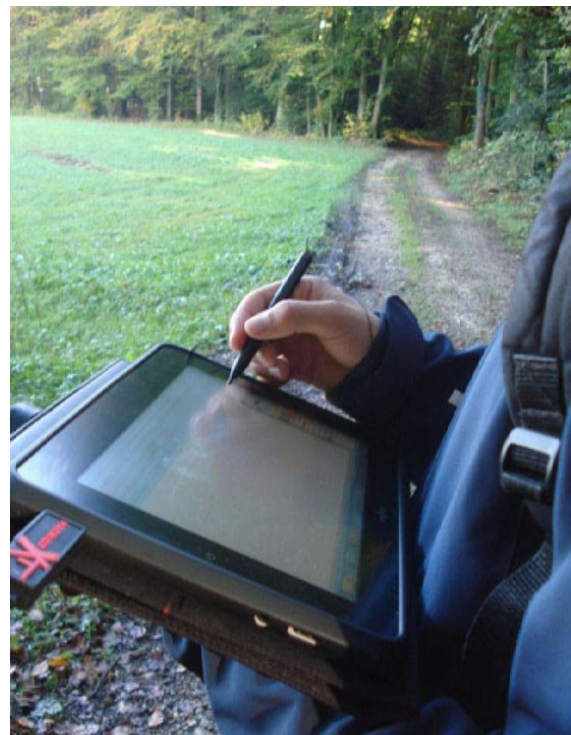


Abb. 4.2: Digitales Kartenzeichnen im Gelände

4.3 KOSTENAUFWAND UND AKTUALITÄT DER LASERSCANNING DATEN

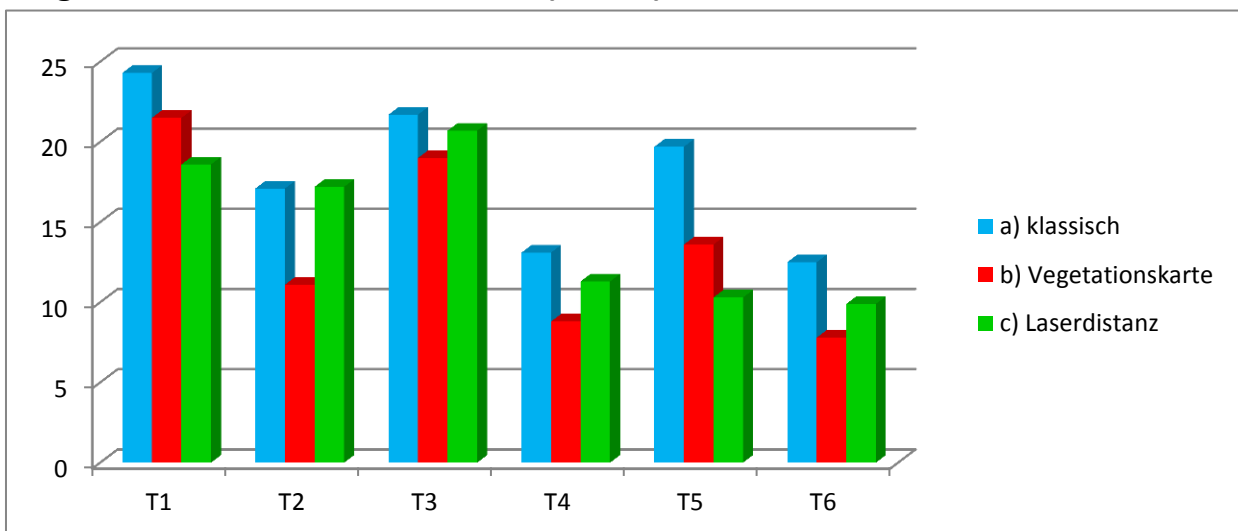
Neben dem Zeitaufwand soll in dieser Arbeit auch der Kostenaufwand für die Daten des DOM dargestellt werden, damit Kosten und Nutzen abgeschätzt werden können. Die Aktualität der Daten ist auch von Bedeutung für den Nutzen der daraus abgeleiteten Vegetationskarte. Das Flugjahr der Laserscanning Daten variiert je nach Region. Auch für die Tablet-PC Variante soll der Kostenaufwand für die Anschaffung diskutiert werden.

5. RESULTATE

		Zeit [min]	Fläche [km ²]	Zeit/km ² [h/km ²]	Geschätzter Aufwand (1- 5)	Relativer Aufwand (=Zeit/km ² ÷ Aufwand)
Testgebiet 1 (T1)	a)	90	0,0618	24,3	1	24,3
	b)	126	0,0652	32,2	1,5	21,5
	c)	168	0,1005	27,9	1,5	18,6
Testgebiet 2 (T2)	a)	51	0,0316	26,9	1,5	17,1
	b)	89	0,0538	27,6	2,5	11,1
	c)	130	0,0505	42,9	2,5	17,2
Testgebiet 3 (T3)	a)	200	0,0307	108,6	5	21,7
	b)	168	0,0491	57,0	3	19,0
	c)	181	0,0324	93,1	4,5	20,7
Testgebiet 4 (T4)	a)	100	0,0423	39,4	3	13,1
	b)	58	0,0438	22,1	2,5	8,8
	c)	102	0,0600	28,3	2,5	11,3
Testgebiet 5 (T5)	a)	238	0,0807	49,2	2,5	19,7
	b)	270	0,1320	34,1	2,5	13,6
	c)	110	0,0889	20,6	1,5	10,3
Testgebiet 6 (T6)	a)	127	0,0850	24,9	2	12,5
	b)	101	0,0715	23,5	3,5	7,8
	c)	120	0,0578	34,6	3,5	9,9

Tabelle II: Übersicht über die Resultate

Diagramm zum relativen Aufwand (h/km²)



6. AUSWERTUNG

6.1 TESTGEBIET 1

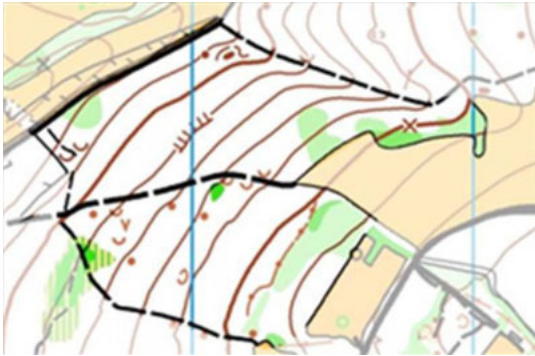


Abb. 6.1.1: Testgebiet 1a):
24.3 h/km²
Aufwand: 1
Relativer Aufwand : 24.3 h/km²
(=Zeit/km²÷Aufwand)



Abb. 6.1.2: Testgebiet 1b):
32.2 h/km²
Aufwand: 1.5
Relativer Aufwand : 21.5 h/km²



Abb. 6.1.3: Testgebiet 1c):
27.9 h/km²
Aufwand: 1.5
Relativer Aufwand : 18.6 h/km²

6.1.1 CHARAKTERISIERUNG DES TESTGEBIETES

«Testgebiet 1» umfasst Teilgebiete, die im flach abfallenden Hang liegen. Die Hänge sind sehr übersichtlich, da Dickichte rar und überschaubar sind. Neben deutlichen Hügeln und Kuppen gibt es einige deutliche Vegetationsgrenzen zwischen Tannen- und Buchenwald.

6.1.2 VERGLEICH MIT UND OHNE VEGETATIONSKARTE [1A) MIT 1B)]

Die beiden Teilgebiete 1a) und 1b) sind sehr ähnlich, wobei das letztere aufgrund von höherer Objektdichte doch aufwendiger war. Der relative Zeitbedarf ist bei Testgebiet 1b) tiefer, was hier durch die Verwendung der Vegetationskarte als Grundlage erklärt werden kann, da ein Grossteil der Dickichte dank der Vegetationskarte direkt eingezeichnet werden konnten. Die Buchenjungwuchs-Dickichte sind hier nämlich eine Folge von Lücken im Blätterdach und diese sind auf der Vegetationskarte als farblose Fläche erkennbar, da an dieser Stelle keine Laserstrahlen von hohen Bäumen reflektiert wurden.

6.1.3 VERGLEICH DIGITAL UND KLASSISCH [1B) MIT 1C)]

Auch die Testgebiete 1b) und 1c) sind sich sehr ähnlich, wobei 1c) eher aufwendiger ist. Da der relative Aufwand bei der digitalen Kartierungsvariante tiefer ist, kann hier von einem deutlichen Nutzen bei Kartierung mit Tablet-PC gesprochen werden. Dies ist nicht erstaunlich, da dieses Testgebiet sehr offen und übersichtlich ist. So können mit dem Laserdistanzmessgerät von einem bekannten Standort (Referenzpunkt) gleich mehrere Objekte eingemessen werden, auch wenn diese in einiger Entfernung zum Referenzpunkt liegen. Da so die Distanz zwischen Referenzpunkt und dem zu kartierenden Objekt nicht immer zurückgelegt werden muss, um die Entfernung mittels Schrittmass zu bestimmen, kann erheblich Zeit eingespart werden.

6.2 TESTGEBIET 2



Abb. 6.2.1: Testgebiet 2a):
26.9 h/km²
Aufwand: 1.5
Relativer Aufwand : 17.1 h/km²



Abb. 6.2.2: Testgebiet 2b):
27.6 h/km²
Aufwand: 2.5
Relativer Aufwand : 11.1 h/km²



Abb. 6.2.3: Testgebiet 2c):
42.9 h/km²
Aufwand: 2.5
Relativer Aufwand : 17.2 h/km²

6.2.1 CHARAKTERISIERUNG DES TESTGEBIETES

Wesentlich bei «Testgebiet 2» sind die unübersichtlichen Dickichtstrukturen, die hier vorhanden sind. Das Gelände ist sehr flach, so dass keine Informationen des Reliefs die Kartierung der Dickichtegrenzen und sonstigen Objekten erleichtern. Die meisten Dickichte hier gehen aus alten Kahlschlägen hervor. Da aber Kahlschläge an benachbarten Orten oft zu verschiedenen Zeiten generiert werden und die jungen Bäume unterschiedlich schnell wachsen, ergibt sich eine komplexe Dickichtsituation.

6.2.2 VERGLEICH MIT UND OHNE VEGETATIONSKARTE [2A) MIT 2B)]

In diesem Beispiel bringt die Vegetationskarte einen grossen Nutzen, da die Lichtung (Abb. 6.2.2, Nr.1, nördlicher Pfeil) und das kleine Dickicht (Abb. 6.2.2, 1, südlicher Pfeil) direkt aus der Vegetationskarte übernommen werden können. Ausserdem enthält diese doch einige Anhaltspunkte, die bei der Kartierung der diversen Dickichte (Abb. 6.2.2, Nr.2) hilfreich sind. Der relative Aufwand ist so auch bei Variante b) deutlich tiefer. Sind Dickichtgrenzen in der Vegetationskarte zu erkennen, können von den Dickichten aus auch andere Objekte eingemessen werden, man hat also auch neue Referenzpunkte.

6.2.3 VERGLEICH DIGITAL UND KLASSISCH [2B) MIT 2C)]

Die Arbeit mit dem Tablet-PC war hier sehr mühsam, da viele Dickichte den Einsatz des Laserdistanzmessgerätes erschwerten. Daher kann oft nicht von einem Punkt aus eingemessen werden, so dass mehr Weg zurückgelegt werden muss und es entstehen mehr Fehlmessungen, da Laserstrahlen von Geäst vor dem Zielpunkt reflektiert werden. In diesem Gelände (viel Dickicht und flach) ist die Laserdistanzmethode schlecht geeignet. Die Alternative in diesem Gelände wäre die Verwendung eines GPS-Gerätes (siehe Kapitel 11: Laserdistanzmessgerät vs. Real time GPS)

6.3 TESTGEBIET 3



Abb. 6.3.1: Testgebiet 3a):
108.6 h/km²
Aufwand: 5
Relativer Aufwand : 21.7 h/km²



Abb. 6.3.2: Testgebiet 3b):
57.0 h/km²
Aufwand: 3
Relativer Aufwand : 19 h/km²

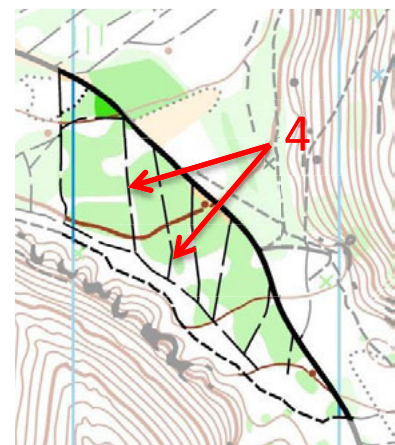


Abb. 6.3.3: Testgebiet 3c):
93.1h/km²
Aufwand: 4.5
Relativer Aufwand : 20.7 h/km²

6.3.1 CHARAKTERISIERUNG DES TESTGEBIETES

«Testgebiet 3» ist wegen der vielen Buchenjungwuchs-Dickichten sehr unübersichtlich. Die Dickichtgrenzen sind mehrheitlich diffus, was deren Kartierung schwierig macht. Da das Gelände flach ist, kann das Relief (1m Höhenkurven) bei der Lokalisierung von Objekten nicht weiterhelfen. Typisch sind hier ebenfalls die jeweils zahlreichen Schneisen und Pfade, die eingemessen werden müssen.

6.3.2 VERGLEICH MIT UND OHNE VEGETATIONSKARTE [3A) MIT 3B)]

Die zeitliche Differenz der beiden Teilgebiete ist sehr gross und ist wohl vor allem auf die Unterschiede der Gebiete zurückzuführen, denn im Gebiet 3a) gibt es vor allem wenig hohe Buchendickichte, die sehr undeutlich sind. Im Gebiet 3b) dagegen gibt es neben dem detaillierten Nordwestteil doch auch grössere, klarere Dickichtstrukturen und offener Wald. Aus der Vegetationskarte konnten bei 3b) nicht sehr viele Informationen entnommen werden, da die kartierten Dickichte fast nur niedrige Dickichte waren, die auf der Vegetationskarte nicht erkennbar sind, denn es wurden vor allem Laserstrahlen von den hohen Bäumen reflektiert.

Der Kahlschlag (Abb. 6.3.2, rote 1) und das Jungwuchsdickicht (Abb. 6.3.2, rote 2) sind auf der Vegetationskarte nicht ersichtlich, weil die Laserscanningdaten geflogen wurden, bevor der Kahlschlag und das Dickicht entstanden sind.

Auch bei der weiteren Kartierung konnte solche tiefe Vegetation nicht der Vegetationskarte entnommen werden, wenn ein geschlossenes Laubdach von höheren Bäumen vorhanden ist. Bei solchen Dickichten scheint der Nutzen der Vegetationskarte sehr gering zu sein.

6.3.3 VERGLEICH DIGITAL UND KLASSISCH [3B) MIT 3C)]

Der Aufwand ist beim Gebiet 3c deutlich grösser als bei Gebiet 3b, da das Gebiet 3c ausschliesslich aus unübersichtlichen Jungwuchsbuchendickichten besteht und das Gebiet 3b nur teilweise diesen Charakter aufweist. Die Dickichtkartierung hat sehr viel Zeit in Anspruch genommen, weil alle Dickichte umrundet werden mussten. Durch das Laserdistanzmessgerät wurde sicherlich

eine höhere Genauigkeit der Dickichtstrukturen geschaffen, dafür ist der Zeitaufwand mindestens gleich oder sogar höher für die Dickichte.

Der Pfad im Südwesten der Karte (Abb. 6.3.3, rote 3) konnte mithilfe des Laserdistanzmessgerätes deutlich schneller aufgenommen werden, da bei der Papiervariante bei einem solchen Pfad mit vielen Richtungsänderungen das Abmessen und Einzeichnen aufwendig ist. Auch hier resultiert durch die digitale Kartierungsmethode eine höhere Genauigkeit.

Die Schneisen (Abb. 6.3.3, rote 4) sind komplizierter zu kartieren mit dem Laserdistanzmessgerät, da der Abstand der Schneisen auf dem Weg immer durch eine Messung bestimmt werden muss, was deutlich aufwendiger ist als das Schrittmass.

Zeiteinsparung bringt hier das Laserdistanzmessgerät also vor allem bei der Kartierung des Pfades. Es bringt aber sowohl für Dickicht, als auch für den Pfad und die Schneisen eine bessere Genauigkeit, da in diesem Gebiet aus den Grundlagen nicht sehr viele Informationen entnommen werden konnten.

6.4 TESTGEBIET 4

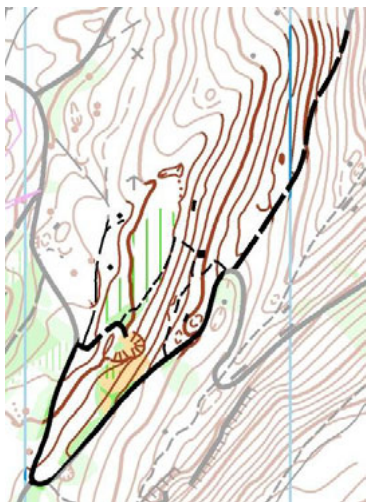


Abb. 6.4.1: Testgebiet 4a):
39.4 h/km²
Aufwand: 3
Relativer Aufwand : 13.1 h/km²

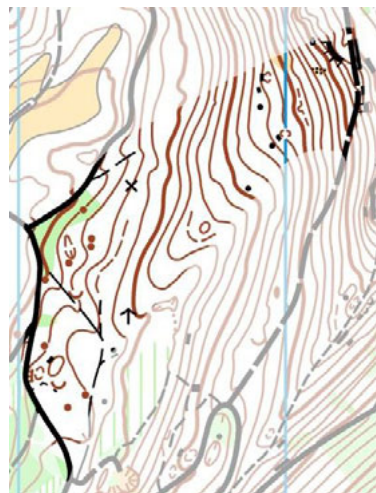


Abb. 6.4.2: Testgebiet 4b):
22.1h/km²
Aufwand: 2.5
Relativer Aufwand : 8.81 h/km²

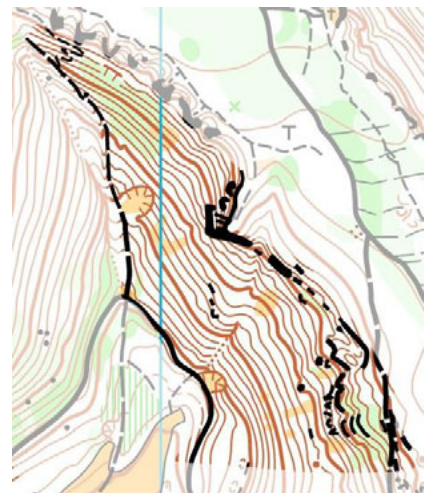


Abb. 6.4.3: Testgebiet 4c):
28.3h/km²
Aufwand: 2.5
Relativer Aufwand : 11.31 h/km²

6.4.1 CHARAKTERISIERUNG DES TESTGEBIETES

Die verschiedenen Varianten des Testgebietes liegen alle in einem sehr offenen Hang mit wenig Dickicht. Deshalb ist die Situation gut überschaubar, dafür ist wegen der Steilheit das Bewegen im Hang mühsam. Viele zu kartierende Informationen können hier direkt aus dem DTM übernommen werden.

6.4.2 VERGLEICH MIT UND OHNE VEGETATIONSKARTE [4A) MIT 4B)]

Die zeitlichen Unterschiede, die zwischen Variante a) und b) bestehen, müssen wohl auf Unterschiede zwischen den Testgebieten als auch auf den Nutzen der Vegetationskarte bei 4b) zurückgeführt werden. Der Aufwand wurde also nicht ganz adäquat beurteilt, denn im Testgebiet 4b) ist doch effizienteres Kartieren durch einen flacheren Hang möglich. Bei Testgebiet 4a) wäre allenfalls die Vegetationskarte nützlich gewesen, um den Kahlschlag (Abb. 6.4.1 gelbe Fläche im Süden) schneller zu erfassen.

6.4.3 VERGLEICH DIGITAL UND KLASSISCH [4B) MIT 4c)]

Auch hier beruht die Zeitdifferenz auf zu hoher Aufwandbewertung des Testgebietes 4b), denn bei Testgebiet 4c) ist der Hang viel steiler, so dass die Kartierung mühsamer ist. Trotz des grossen Zeitbedarfes für die Variante 4c) kann gesagt werden, dass die Tablet-PC Methode gut geeignet ist. Denn wegen der guten Sichtweite ist das Laserdistanzmessgerät gut einsetzbar. So kann viel effizienter gearbeitet werden, da weniger Distanz im Hang zurückgelegt werden muss.

6.5 TESTGEBIET 5

6.5.1 CHARAKTERISIERUNG DES TESTGEBIETES

Als «Testgebiet 5» wurden sehr steile Hänge ausgewählt, die zum einen zahlreiche Felsformationen, zum anderen aber auch einige Dickichte aufweisen. Das Begehen des Geländes ist aufgrund der Steilheit schwierig.

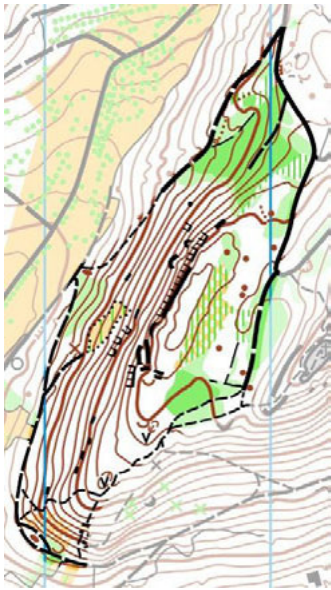


Abb. 6.5.1: Testgebiet 5a):
49.2 h/km²
Aufwand: 2.5
Relativer Aufwand :
19.7h/km²

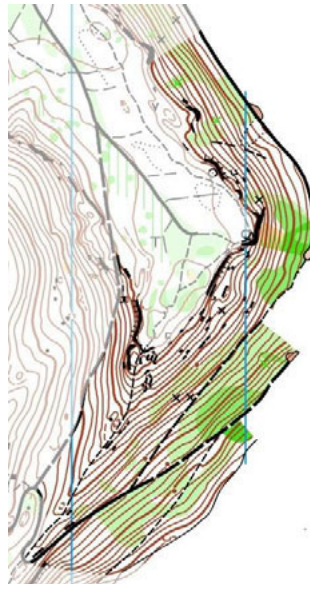


Abb. 6.5.2: Testgebiet 5b):
34.1 h/km²
Aufwand: 2.5
Relativer Aufwand :
13.6 h/km²

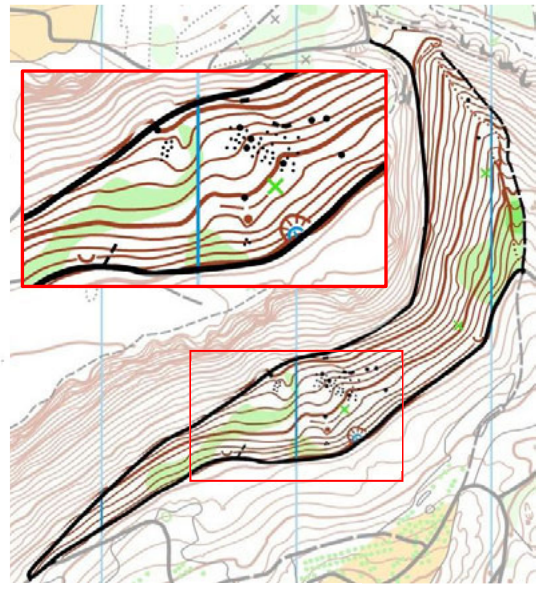


Abb. 6.5.3: Testgebiet 5c):
20.6 h/km²
Aufwand: 2
Relativer Aufwand :
10.3 h/km²

6.5.2 VERGLEICH MIT UND OHNE VEGETATIONSKARTE [5A) MIT 5B)]

Der Zeitaufwand für «Testgebiet 5b)» (Abb. 6.5.2) ist deutlich geringer als derjenige für «Testgebiet 5a)». Dieser Unterschied entsteht, weil auf der Vegetationskarte die meisten Dickichte als Lücken im Laubdach (Lichtungen) zu erkennen sind. Diese Lichtungen sind ein Ort erhöhter Lichteinstrahlung, so dass junge Bäume heranwachsen und ein Dickicht bilden. Durch die Kenntnis der Lager dieser Dickichte durch die Vegetationskarte kann viel schneller kartiert werden, da deutlich weniger Fortbewegung im Hang nötig ist.

6.5.3 VERGLEICH DIGITAL UND KLASSISCH [5B) MIT 5C)]

Die Tablet-PC Variante scheint hier besser geeignet zu sein, allerdings besteht wohl nicht wirklich ein Vorteil bei der Dickicht Kartierung, da die Dickichte nicht von einem Punkt aus mithilfe des Laserdistanzmessgerätes erfasst werden können. Der Vorteil liegt hier vielmehr beim Kartieren des Steingebietes (roter Kasten, Abb. 6.5.3), da dort der Wald sehr offen ist, so dass von einem Punkt aus fast alle Objekte durch Laserdistanzmessungen lokalisiert werden können.

6.6 TESTGEBIET 6

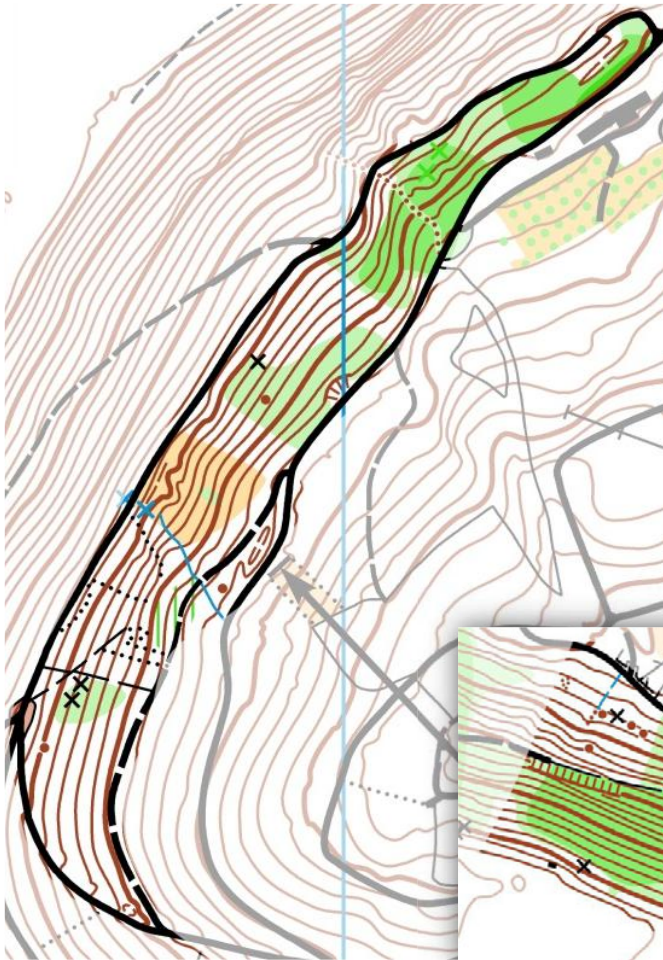


Abb. 6.6.3: Testgebiet 6c):
34.6 h/km²
Aufwand: 3.5
Relativer Aufwand : 9.9 h/km²

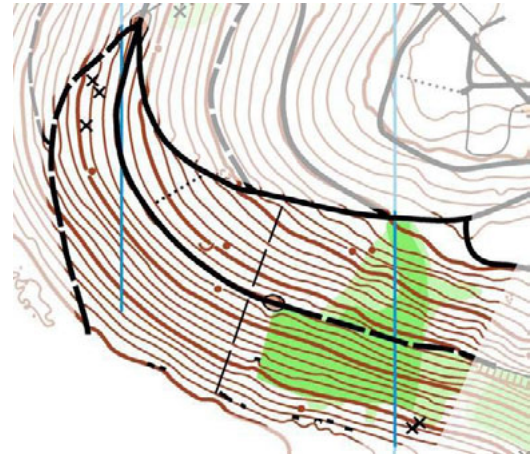


Abb. 6.6.1: Testgebiet 6a):
24.9 h/km²
Aufwand: 2
Relativer Aufwand : 12.5 h/km²

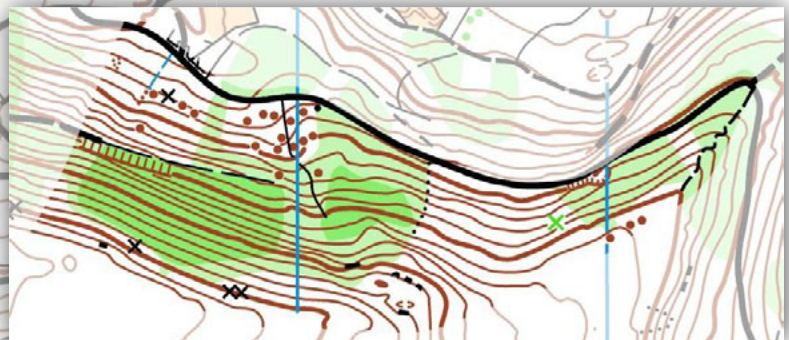


Abb. 6.6.2: Testgebiet 6b):
23.5 h/km²
Aufwand: 3.5
Relativer Aufwand : 7.8 h/km²

6.6.1 CHARAKTERISIERUNG DES TESTGEBIETES

In diesen Testgebieten sind grössere Dickichte, die im steilen Hang liegen, zentral. Diese sind nicht so einfach zu lokalisieren, da die Sichtweite eingeschränkt ist und die Kartierung zusätzlich durch den steilen Hang erschwert ist. So ist es auch nicht einfach, Objekte einzuzichnen, da nicht immer Sichtkontakt zu einem Referenzpunkt, der in den Grundlagen enthalten ist, hergestellt werden kann.

6.6.2 VERGLEICH MIT UND OHNE VEGETATIONSKARTE [6A) MIT 6B)]

Ein deutlich geringerer Zeitaufwand beim Beispiel 6b) kann hier auf den Nutzen der Vegetationskarte zurückgeführt werden. Denn sämtliche Dickichte in den beiden Testgebieten sind durch Lücken in der Deckvegetation entstanden und sind gut ersichtlich. Besonders gross ist der Nutzen, da die Dickichte sehr gross sind und das Einmessen im Hang bei schlechter Sicht aufwendig ist.

6.6.3 VERGLEICH DIGITAL UND KLASSISCH [6B) MIT 6C)]

Die Tablet-PC Variante bringt hier keinen Vorteil, was an dem wohl erhöhten Zeitbedarf ersichtlich ist. Denn wegen der vielen Dickichte und der damit verbundenen schlechten Sicht, sind Messungen mit dem Laserdistanzmessgerät schwierig, da oft Blätter vom Laser getroffen werden, die im Weg sind. Es kann hier also überhaupt nicht effizienter gearbeitet werden.

6.7 FAZIT DER TESTGEBIETE

6.7.1 ZEITÜBERSICHT ÜBER ALLE TESTGEBIETE

	Zeit [min]	Fläche [km ²]	Zeit/km ² [h/km ²]	Ge- schätzter Aufwand	Relativer Aufwand
a) Total (klassisch)	841	0,3321	42,2	2.5	16.9
b) Total (Vegetations- karte)	812	0,4254	31,8	2.6	12.2
c) Total (Tablet-PC)	811	0,3901	34,6	2.7	12.8

Tabelle III: Zeitlicher Vergleich zwischen den verschiedenen Varianten über alle sechs Testgebiete

6.7.2 VEGETATIONSKARTE

Die Vegetationskarte ist in den meisten Testgebieten gut geeignet. Nur in den Testgebieten drei und vier ist kein grosser Nutzen erkennbar, da bei Testgebiet drei die Dickichte vor allem in der unteren Vegetationsschicht liegen und nicht erkennbar sind auf der Vegetationskarte. In Testgebiet vier hat es praktische keine Dickichte, so dass Vegetationsinformationen irrelevant sind.

Ansonsten bringt die Vegetationskarte einen nennenswerten Vorteil, was auch am Gesamtzeitbedarf über alle Testgebiete in Tabelle III deutlich wird.

Man kann sagen, dass umso mehr Zeit kann eingespart werden, je komplizierter und unübersichtlicher die Dickichtsituation ist. Allerdings ist auch zu beachten, dass nur Dickichte ohne darüber liegender Vegetation sichtbar sind. Gut sichtbar sind Nadelwälder und deren Grenzen zum Laubwald.

6.7.3 TABLET-PC UND LASERDISTANZMESSGERÄT

Die Verwendung eines Laserdistanzmessgerätes zur Kartierung ist sehr unterschiedlich geeignet (vgl. Tabelle I, Tabelle IV). Gut bis sehr gut eignet sich diese Methode in sehr offenem Gelände, schlecht dagegen bei viel Dickichtfläche. Der Gesamtzeitaufwand ist nicht wirklich tiefer als bei Kartierung mit Papier und Kompass, wobei aber beachtet werden muss, dass die Karte direkt digital vorliegt (vgl. Kap. 7: Zeitbedarf bei der Digitalisierung). Auch ist zu bedenken, dass eine höhere Genauigkeit erzielt wird, da die Kartierung mit Laserdistanzmessungen viel präziser ist als mit herkömmliche Methoden. Für die Eignung eines Tablet-PCs in der OL-Kartografie ist auch entscheidend, als wie angenehm der Umgang mit einem Tablet-PC eingestuft wird.

6.7.4 ÜBERSICHT ÜBER DIE EIGNUNG DER BEIDEN METHODEN

Testgebiet	Geländetyp	Eignung Vegetationskarte	Eignung Tablet-PC
1	Dickicht (nur kleine), Leicht abfallender Hang	gut	sehr gut
2	Komplexe Dickichtsituation, unübersichtlich, flaches Gelände, offene Partien	sehr gut	sehr schlecht
3	Flaches Gelände, diffuse Dickichte (unübersichtlich, nur in Bodennähe), schlechte Sicht	eher schlecht	mässig
4	Fast kein Dickicht, gute Sicht, steiler Hang	schlecht (fast kein Dickicht)	gut
5	Sehr steile Hänge, einige eher kleine Dickichte, viel Felsen	sehr gut	mässig
6	Grosse Dickichte, unübersichtlich, steiler Hang	gut	Eher schlecht

Tabelle IV: Eignung der beiden Methoden in Abhängigkeit des Geländetyps

7. ZEITBEDARF BEI DER DIGITALISIERUNG

Da bei der Kartierung mit Tablet-PC und Laserdistanzmessgerät bereits eine digitale Karte vorliegt, wenn man aus dem Wald kommt, fällt ein Grossteil der Arbeit beim „Abzeichnen“ am PC weg. Dennoch muss die Karte noch ein wenig bearbeitet werden, da es auf dem Tablet-PC im Wald zu mühsam ist, die Karte bereits perfekt zu zeichnen. Eine Übersicht über die benötigten Zeiten liefert die unterstehende Tabelle.

	Gesamtfläche der jeweiligen Beispiele	Zeitbedarf zur Verarbeitung zuhause (total)	Zeitbedarf zur Verarbeitung zuhause pro km ²
Klassische Kartierung	0,4434km ²	340min	767min
Tablet-PC-Kartierung	0,2371km ²	90min	380min

Tabelle V: Übersicht über den Zeitbedarf beim Fertigstellen der Karte

Es kann also gesagt werden, dass der Zeitbedarf für die Fertigstellung der Karte zu Hause halbiert wird. Dies ist erstaunlich, da eine grössere Differenz zu erwarten gewesen wäre, aber offensichtlich ist trotz der digitalen Kartierungsvariante die Nachbearbeitung relativ aufwendig. Dennoch ist diese Halbierung der benötigten Zeit ein entscheidender Vorteil, da das Kartenzeichnen am PC doch sehr viel Zeit in Anspruch nimmt. Es muss hier noch angemerkt werden, dass schnelleres Kartieren im Wald relevanter ist, als schnelleres Arbeiten bei Zeichnen der Karte zuhause. Denn kartieren ist wetter- und tageszeitabhängig und zum Teil müssen längere Anfahrtswege berücksichtigt werden.

8. KOSTEN

8.1 KOSTEN TABLET-PC UND LASERDISTANZMESSGERÄT

Für die Anschaffung eines Tablet-PCs muss mit Kosten von *mindestens Fr. 1000.-* gerechnet werden. Der verwendete Tablet-PC ist von der Leistung eher an der unteren Grenze, ein etwas leistungsstärkerer Tablet-PC wäre nicht schlecht. Allerdings muss der Tablet-PC mit Microsoft Windows ausgestattet sein, da die Kartografiesoftware OCAD nur mit Windows kompatibel ist.

Für das Laserdistanzmessgerät muss ebenfalls mit Kosten von rund *Fr. 1000.-* gerechnet werden. Das Laserdistanzmessgerät muss über Horizontaldistanzmessung, Azimut Messung und Bluetooth Datenübertragung verfügen, damit es für die OL-Kartografie eingesetzt werden kann.

Ein weiterer Kostenfaktor ist die OCAD Software, die für den Tablet-PC benötigt wird. Die neue Version OCAD 11, die über die benötigten Funktionen verfügt, ist noch nicht erhältlich, wird aber *zwischen Fr. 500.- und Fr. 1000* kosten.

Die Anschaffung einer solchen Ausrüstung ist also mit Gesamtkosten um *Fr. 3000.-* verbunden. Es müsste also eine gute Auslastung beim Einsatz des Tablet-PCs gewährleistet sein.

8.2 KOSTEN LASERSCANNING DATEN

Um eine Vegetationskarte zu erstellen, braucht es sowohl das DTM als auch das DOM. Da heute sowieso bei fast jeder Kartierung einer OL Karte das DTM für die Generierung von Höhenkurven eingesetzt wird, ist dessen Preis hier nicht relevant. Das DTM ist bei Swisstopo (Bundesamt für Landestopografie) erhältlich, kann meistens aber auch über die Kantone bezogen werden. Das DOM wurde von Swisstopo an fast alle Kantone verkauft, wodurch die Preise für das Produkt DOM von jedem Kanton selber festgelegt werden und somit deutliche Differenzen im Preis entstehen. Der Grossteil der Kosten wird durch die Bearbeitung der Daten verursacht, die wegen grosser Datenmengen aufwendig ist, so dass kleine Flächen der Daten im Vergleich zu grossen verhältnismässig teuer sind. Je nach dem kann durch Kauf einer ganzen Kachel² der Preis tiefer sein, weil damit der Bearbeitungsaufwand kleiner ist. Als Richtwert kann von *Fr. 500.-* pro Bestellung ausgegangen werden mit *grossen Abweichungen*. Im Kanton Solothurn sind DTM und DOM gratis erhältlich und können direkt über das Datenportal von SOGIS (<http://www.sogis1.so.ch/sogis/OnLineData/php/index.php>) heruntergeladen werden. Liegt in einem zu kartierenden Gebiet eine sehr detaillierte Vegetation vor, so kann sich der Einsatz

² Laserscanning Daten sind in Kacheln eingeteilt, wobei jede Kachel 1/16 der Fläche einer 25'000er Landkarte abdeckt. Die Kennzeichnung der Kacheln (z.B 106724) erfolgt wie folgt: die ersten vier Ziffern stehen für die jeweilige Landkarte, die fünfte Ziffer viertelt die ganze Landkarte (1 steht für erstes Viertel, etc.) und die sechste Ziffer viertelt den Viertel erneut.

der Vegetationskarte auch lohnen, wenn auf die Verwendung des DTMs verzichtet werden würde³. Ist das Gelände ganz flach, kann auch nur das DOM verwendet werden.

9. LASERSCANNING DATEN IN DER SCHWEIZ

9.1 FLUGJAHR UND FLUGPERIODEN DER LASERSCANNING DATEN

Swisstopo produzierte zwischen 2000 und 2008 Laserdistanzdaten. Solche sind nun in der Schweiz flächendeckend bis auf eine Höhe von 2000m verfügbar. Die Befliegungen fanden vorwiegend im Winter und Frühling statt, da die Bäume kahl sein müssen, damit genügend Laserpunkte auf dem Boden auftreffen und um ein exaktes DTM erstellt werden kann. Einige Gebiete, die ein nicht so dichtes Laubwerk aufweisen, wurden im Sommer und Herbst befliegen (siehe Abb. 9.1.1). Durch die jahreszeitlich unterschiedlichen Befliegungen entstehen Unterschiede beim DOM und somit unterschiedlicher Vegetationskarten. Folglich sind Vegetationselemente je nach Flugzeitpunkt unterschiedlich sichtbar (siehe 9.2: Beispiel mit anderem Datentyp in Baselland). Daneben variieren die Flugjahre der schweizer Laserscanningdaten (vgl. Abb. 9.1.2). Dies ist deshalb wichtig, weil für die Berechnung der Vegetationskarte möglichst aktuelle Daten gefordert sind; da sich die Vegetation rasch ändert, insbesondere wenn viel Forstwirtschaft betrieben wird, sind Daten von 2008 deutlich besser geeignet als solche aus dem Jahr 2000. [5]

Swisstopo ist momentan im Begriff, das Topografische Landschaftsmodell (TLM) aufzubauen, ein präzises dreidimensionales Landschaftsmodell, welches künstliche und natürliche Objekte der Landschaft wie Flüsse, Strassen oder Gebäude enthält. Als Grundlage für das TLM wurden die bestehenden DTM Daten verwendet. Nun möchte Swisstopo im Rahmen des TLMs die Laserscanningdaten in einem Zyklus von sechs Jahren aktualisieren. Wird dies so umgesetzt, so würden in Zukunft Daten mit besserer Aktualität vorliegen, als dies heute im Grossteil der Schweiz der Fall ist (Abb. 9.1.1). [6]

³ z.B. in flachem, wenig detaillierten Gelände; dort können nämlich nur wenige Informationen dem DTM entnommen werden

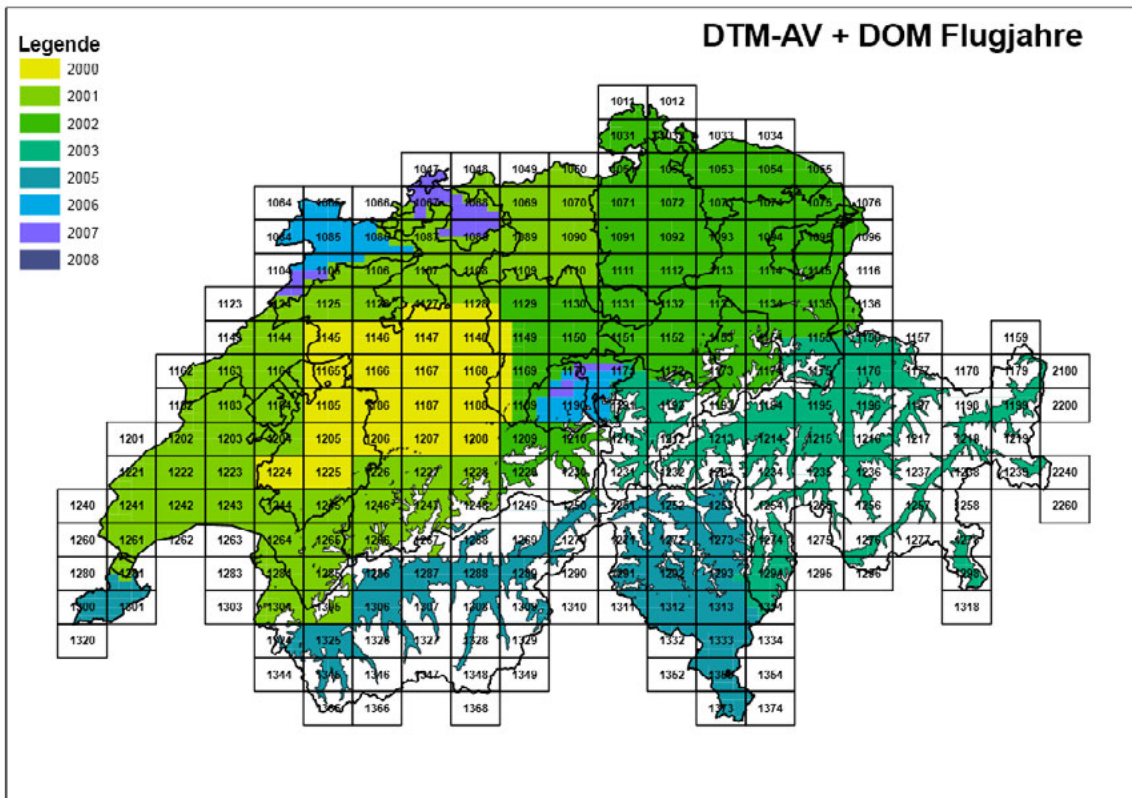


Abb. 9.1.1: Flugjahre für Airborne-Laserscanningflüge in der Schweiz

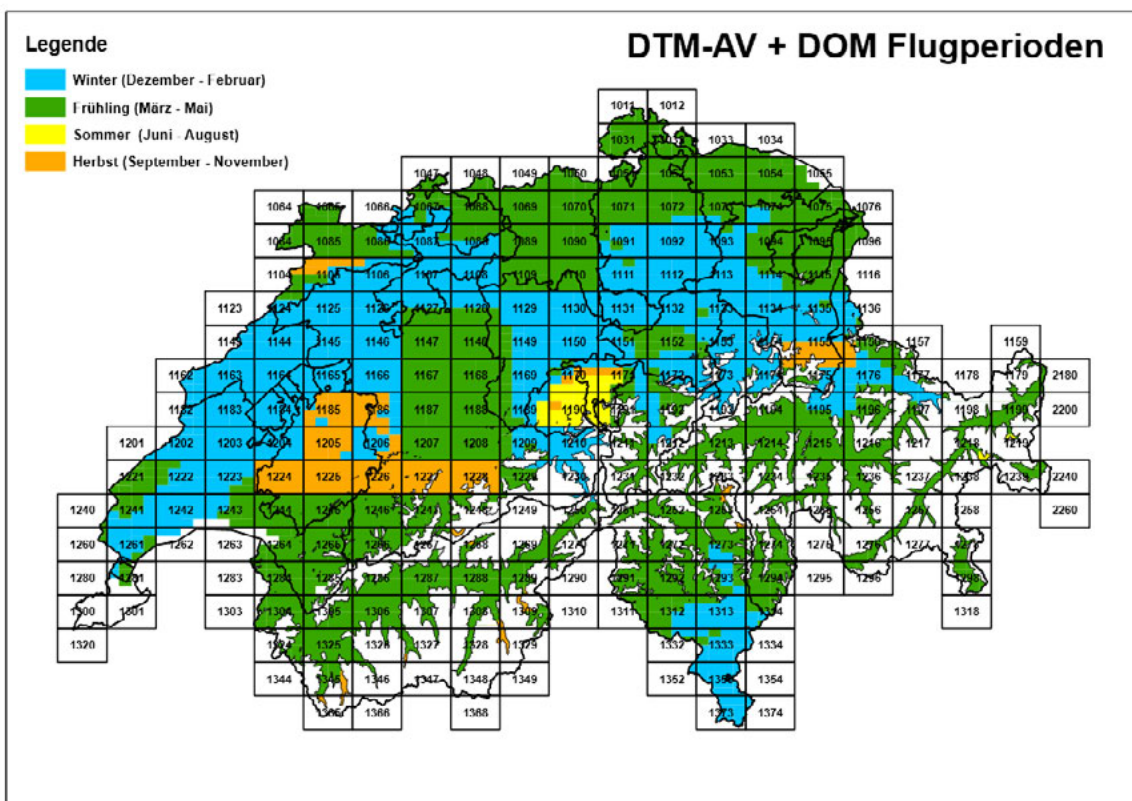


Abb. 9.1.2: Flugperiode (=Jahreszeit) für Airborne-Laserscanningflüge in der Schweiz

Im Moment ist man in der Schweiz daran sogenannte Solarkataster zu erstellen. Solarkataster sind Karten, die Auskunft über die Eignung von Gebäuden für solare Nutzung geben. Mit Solarkatastern kann das Solarpotential eingeschätzt werden, man kann aber auch überprüfen inwiefern das eigene Gebäude für die Nutzung der Sonnenenergie geeignet ist. Denn die Solarkataster beruhen auf dreidimensionalen Geländemodellen, unter anderem das DOM. So kann es auch sein, dass in den nächsten Jahren zu diesem Zwecke neue DOM-Daten geflogen werden und auch in der OL-Kartografie eingesetzt werden können. Allerdings wird wohl primär urbanes Gelände im Zentrum der Laserscanningflüge stehen. [7]

9.2 BEISPIEL MIT ANDEREM DATENTYP IN BASELLAND

Im Folgenden wird ein Beispiel aus Baselland, mit Laserscanningdaten die im Frühling generiert wurden, mit meinem Testgebiet Bürenflue in Solothurn verglichen, wo Daten eingesetzt wurden, die im Winter geflogen wurden. Ein weiterer Unterschied ist, dass die Daten in Baselland von 2007 stammen, diejenigen von Solothurn aus 2001. Um die Qualität der Daten von Baselland zu evaluieren, wurde eine Vegetationskarte berechnet, die mit der OL-Karte «Schön matt» verglichen wird, die ebenfalls 2007 erstellt wurde.

9.2.1 VERGLEICH DER UNTERSCHIEDLICHER VEGETATIONSKARTEN (BL UND SO)

Die Vegetationskarte von Baselland (Abb. 9.2.1.1, S.29), die aus Laserscanning Daten von Frühling 2007 berechnet wurde, weist im Gegensatz zur Vegetationskarte von Solothurn (Abb. 9.2.1.2, S.29), welche auf Laserscanning Daten vom Winter 2001 basiert, eine deutlich geringere Farbpunktdichte auf. Auch sind die Farbpunkte auf der linken Karte praktisch nur im blauen und roten Bereich, was bedeutet, dass vor allem tiefe Vegetationsobjekte von den Laserstrahlen getroffen wurden (siehe Abb. 3.2, S.9). Die Karte des Kantons Solothurn (rechts) weist das ganze mögliche Farbspektrum auf, es wurden also auch hohe Bäume erfasst. Dies ist interessant, da die Laserscanningflüge in Solothurn nach Abb. 9.1.2 im Winter stattfanden und somit eher eine kleine Punktdichte erwartet würde, da die Bäume im Winter laubfrei sind.

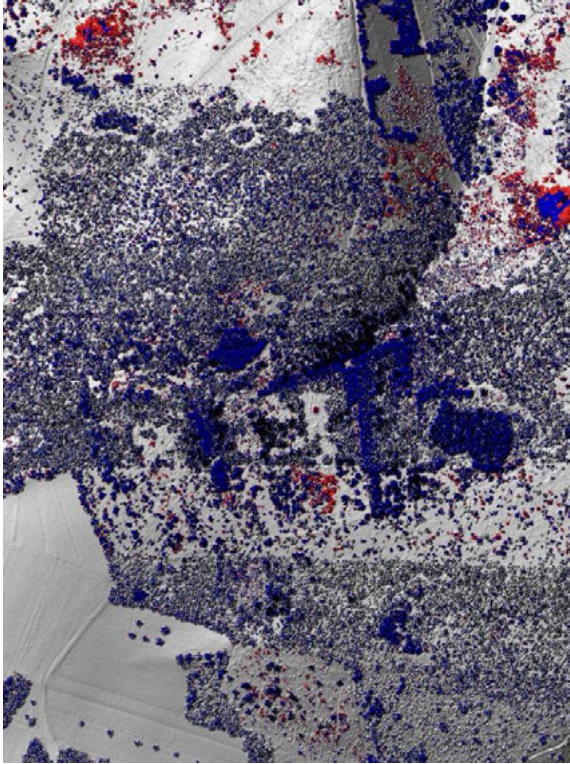


Abb. 9.2.1.1: Ausschnitt aus Vegetationskarte in Baselland mit hinterlegter Reliefschummierung des DOMs; Laserscanning Daten geflogen im Frühling (2007)

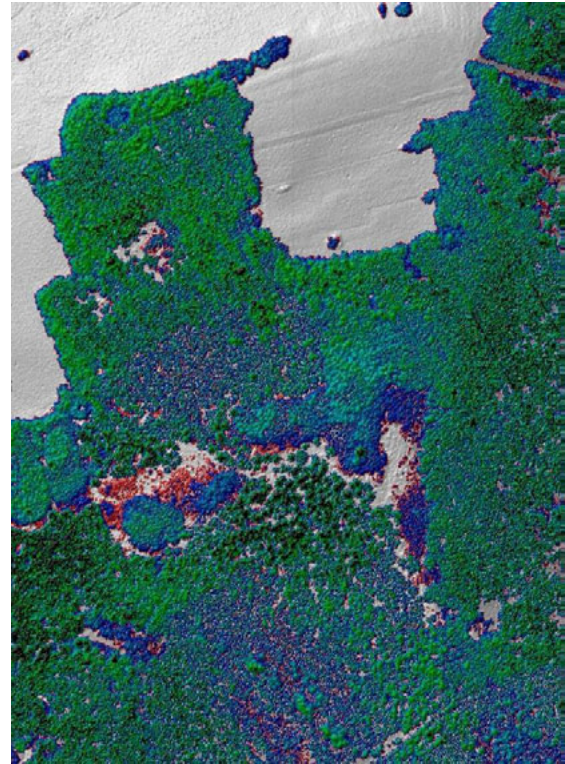


Abb. 9.2.1.2: Ausschnitt aus Vegetationskarte in Solothurn mit hinterlegter Reliefschummierung des DOMs; Laserscanning Daten geflogen im Winter (2001)

Die Erklärung dafür ist, dass die Befliegungen in Solothurn bereits im November/Dezember durchgeführt wurden und noch nicht alle Blätter von den Bäumen abgefallen waren. In Baselland dagegen fanden die Befliegungen im Frühling vor dem Blatttrieb statt. Auch haben die verwendeten Geräte einen Einfluss auf die Präzision, die natürlich von 2001 bis 2007 durch Einsatz neuer Geräte verbessert wurde. So waren 2001 die Laserstrahlen breiter als 2007, so dass mehr Bäume getroffen wurden.

(gemäss e-mail Korrespondenz mit R. Artuso von Swisstopo, 23.12.11)

Ziel der Laserscanning Befliegungen in der Schweiz war vor allem ein möglichst genaues Terrainmodell zu erhalten, so dass eben diese Befliegungen vorwiegend bei laublosen Verhältnissen durchgeführt wurden. Von Januar bis März wären die Bedingungen von der Vegetation her am besten, um gute Daten für das DTM zu erhalten. Weil aber zu dieser Zeit an vielen Orten Schnee liegt (falsche Höhenmesswerte wegen Schneedecke) und die Wetterkonditionen schlecht sind, können in diesem Zeitfenster in der Schweiz keine Beflie-

gungen durchgeführt werden und finden stattdessen von November bis Dezember und April bis Mai statt. (gemäss e-mail Korrespondenz mit R. Artuso von Swisstopo, 5.1.12)

Das DOM ist also nur ein Nebenprodukt, so dass relativ grosse Unterschiede in der Qualität der Daten bestehen und je nach Befliegungszeit Vegetationsstrukturen und -grenzen besser oder schlechter oder gar nicht ersichtlich sind.

9.2.2 VERGLEICH DER VEGETATIONSKARTE BL MIT OL KARTE «SCHÖNMATT»

Im Folgenden soll anhand eines Vergleiches der OL-Karte «Schön matt» mit der Vegetationskarte verglichen werden, um Aussagen über die Qualität der Daten machen zu können. Vor allem interessant ist, welche Vegetationsgrenzen gut sichtbar sind und welche nicht.

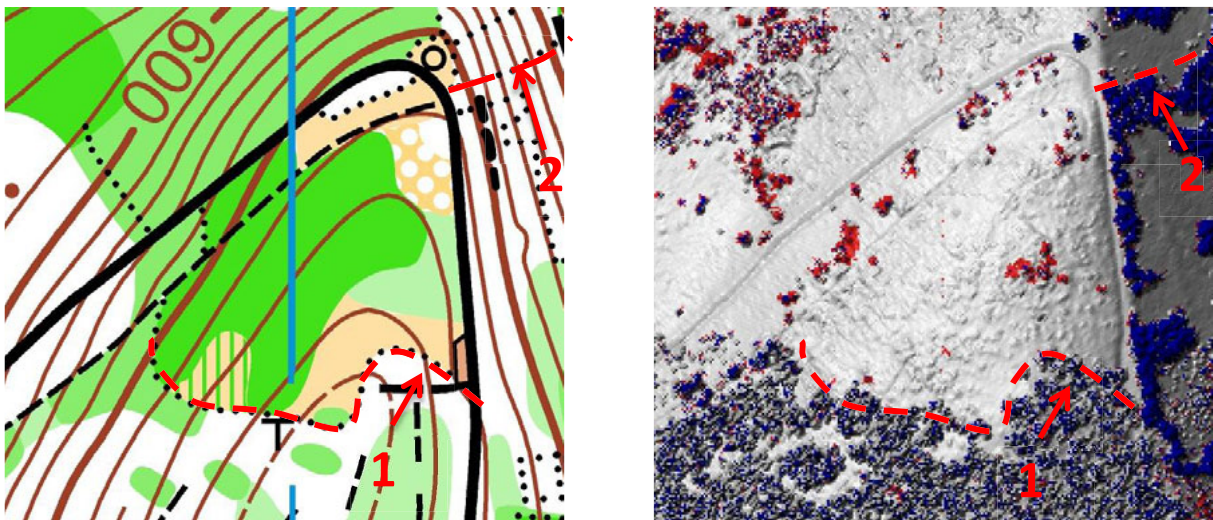


Abb. 9.2.2.1: Vergleich zwischen OL-Karte «Schön matt» (links) und Vegetationskarte (rechts) (Ausschnitt I)

Sehr deutlich ist die Vegetationsgrenze (1) erkennbar, die die Grenze zwischen einem (2007) relativ neuen Kahlschlag und dem Wald im Süden mit hohen Bäumen bildet. Hier reflektieren die Bäume im Wald genügend Laserstrahlen, so dass eben doch einige Vegetationspunkte vorhanden sind. Diese stammen, allerdings vor allem aus der unteren Vegetationsschicht, da hohe Bäume ein zu wenig dichtes Astwerk haben, um genügend Punkte zu liefern.

Das Tannenwäldchen (2) und dessen Grenze zum Laubwald sind auch gut sichtbar, da die Tannen auch im Winter mit Nadeln bestückt sind, die wenig

Licht und somit auch wenige Laserpulse bis zum Boden durchdringen lassen und somit auch wenige Laserstrahlen.

Alle anderen zahlreichen Dickichte in diesem Ausschnitt sind auf der Vegetationskarte nicht ersichtlich, was wohl eine Folge der blattlosen Verhältnisse bei den Laserscanning Flügen ist.

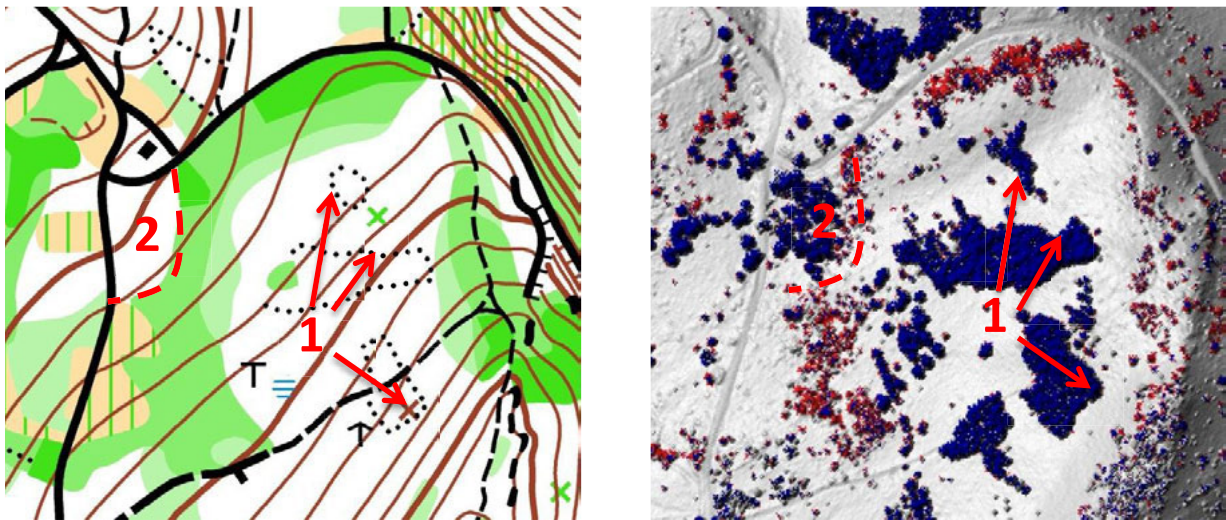


Abb. 9.2.2.2: Vergleich zwischen OL-Karte «Schön matt» (links) und Vegetationskarte (rechts) (Ausschnitt II)

Deutlich sichtbar sind auch hier (Abb. 9.2.2.2) wieder die Tannenwäldchen (1), die recht gut übereinstimmen. Die leichten Unterschiede von der Form her stammen eher von der OL-Karte, da man über andere Grundlagen verfügte und die Formen von Objekten vereinfacht. Solche deutlichen Tannenwaldabschnitte, sind bei der Kartierung auch als bekannte Standorte wertvoll um andere Objekte einzuzeichnen, wenn sie nicht als Kartenelement verwendet werden.

Die Dickichtgrenze (2) ist auf der Vegetationskarte auch relativ deutlich sichtbar, da der offene Wald (weiss, OL-Karte) zugleich ein Tannenwald ist.

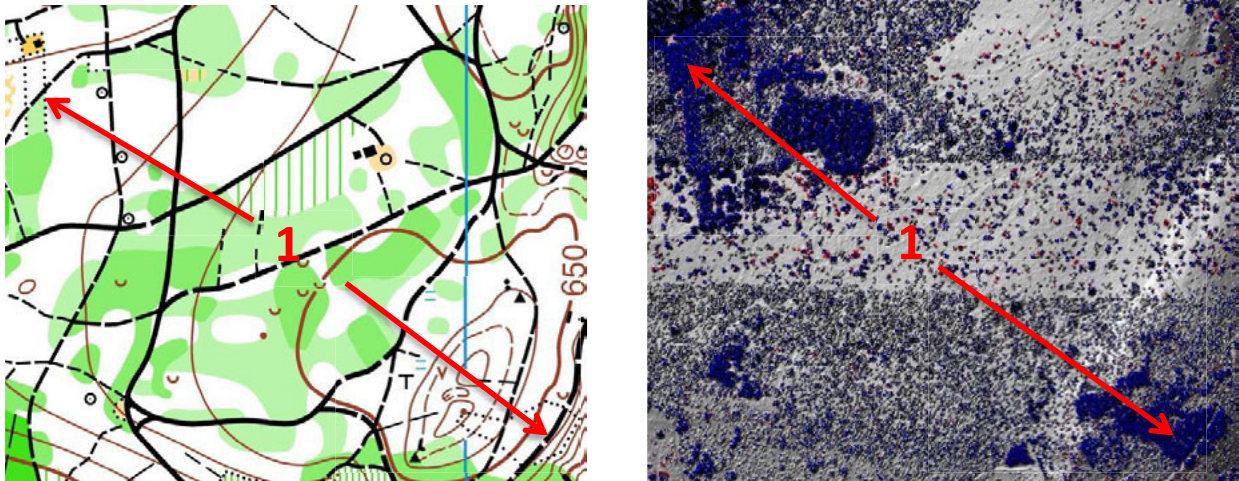


Abb. 9.2.2.3: Vergleich zwischen OL-Karte «Schön matt» (links) und Vegetationskarte (rechts) (Ausschnitt III)

Hier sind nur die Tannenwälder gut aus der Vegetationskarte ersichtlich, die hier allerdings nicht alle in der OL-Karte eingezeichnet wurden. Sonst sind keine Information über die Vegetationsverhältnisse in diesem Bereich aus der Vegetationskarte zu entnehmen.

9.2.3 VOR UND NACHTEILE DER DATEN IN BASELLAND

Die Daten in Baselland sind viel aktueller, was natürlich den Vorteil hat, dass die Informationen weniger stark hinterfragt werden müssen. Ein anderer Vorteil ist, dass Nadelwaldbestände sehr deutlich zu erkennen sind, was bei den Daten in Solothurn nicht immer so ist.

Dafür sind Kahlschläge viel schlechter bis gar nicht zu erkennen, da im geschlossenen Wald die hohen Bäume nicht dargestellt sind. Aus demselben Grund sind Jungwuchsdickichte praktisch nicht erkennbar.

Die basellandschaftlichen Daten sind so im Vergleich zu den Solothurner Daten trotz besserer Aktualität schlechter geeignet, da nur Nadelwald deutlich sichtbar ist und nicht viele andere Vegetationsgrenzen daraus entnommen werden können.

10. VERWENDUNG DES DOMS NACH GELÄNDETYP

Mittelland-Mischwälder:

In den Mittelland-Mischwäldern (Bürenflue) bringt die Verwendung einer Vegetationskarte vor allem einen Nutzen, wenn...

- ... es viele Kahlschläge und Jungwuchsbestände gibt, da diese viel besser und differenzierter dargestellt werden, als auf Orthofotos (vgl. Abb. 10.1).
- ... diverse Nadelwaldbestände mit klaren Vegetationsgrenzen zu Laubwald vorhanden sind (vgl. Abb. 10.2).
- ... Jungwuchsdickichte vorhanden sind, deren Ursprung in erhöhter Sonnenlichteinstrahlung bis hin zum Boden liegt (vgl. Abb. 10.3).
- ... deutliche Lichtungen vorhanden sind (vgl. Abb. 10.4).

Jura-Laub- und Nadelwälder:

In den Jurawäldern ist eine Vegetationskarte als Grundlage nützlich, wenn...

- ... sich offene Juraweiden und kleinere Waldpartien abwechseln und Waldränder eher undeutlicher Natur sind.
- ... Lichtungen häufig vorzufinden sind, wobei diese bei Nadelwäldern deutlicher zu erkennen sind.

Voralpine Nadelwälder:

In voralpinem Gelände kann eine Vegetationskarte bei der Kartierung nützlich sein, wenn...

- ... Lichtungen anzutreffen sind.
- ... es Jungwuchstannendickichte hat.
- ... deutliche Stufen in den Baumhöhen ersichtlich sind.



Abb. 10.1: ehemaliger Kahlschlag mit Jungwuchsdickicht

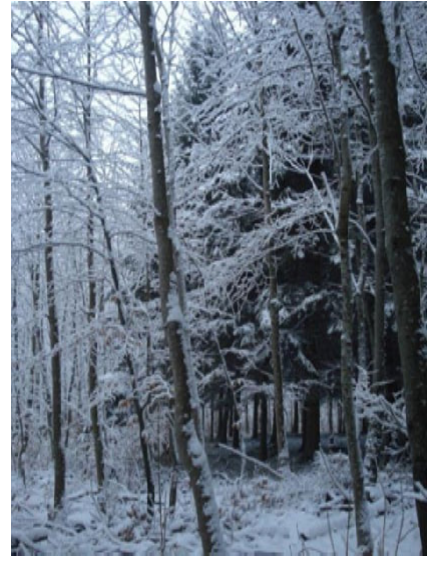


Abb. 10.2: deutliche Vegetationsgrenze



Abb. 10.3: Dickicht als Folge einer Lichtung



Abb. 10.4: deutlich sichtbare Lichtung in einem Tannenwald

11. LASERDISTANZMESSGERÄT VS. REAL TIME GPS

Eine nicht selten eingesetzte Kartierungshilfe sind GPS-Geräte. Um eine genügend hohe Präzision zu haben, müssen gute GPS-Geräte verwendet werden, die preislich Laserdistanzgeräten nahe sind. Bei der Kartierung mit Echtzeit GPS werden die Koordinaten via Bluetooth vom GPS-Gerät auf den Tablet-PC übertragen. OCAD kann diese Daten weiterverarbeiten und Kartenelemente erstellen.



Abb. 11.1: offenes Gelände

Der grosse Vorteil des Laserdistanzmessgerätes gegenüber der GPS-Variante ist, dass nicht jedes Objekt besucht werden muss, sondern direkt von einem bekannten Standort aus angepeilt und in die digitale Karte übertragen werden kann. In steilen Hängen ist dies ein grosser Vorteil, weil Fortbewegung im Hang mühsam ist. Allerdings eignet sich das Laserdistanzmessgerät zum Kartieren vor allem bei offenen Verhältnissen (siehe Abb. 11.1), denn bei dichter Vegetation ist häufig das Einmessen schwierig, zumal nicht immer Sichtkontakt zwischen dem zu kartierenden Objekt und einem bekannten Punkt vorhanden ist.

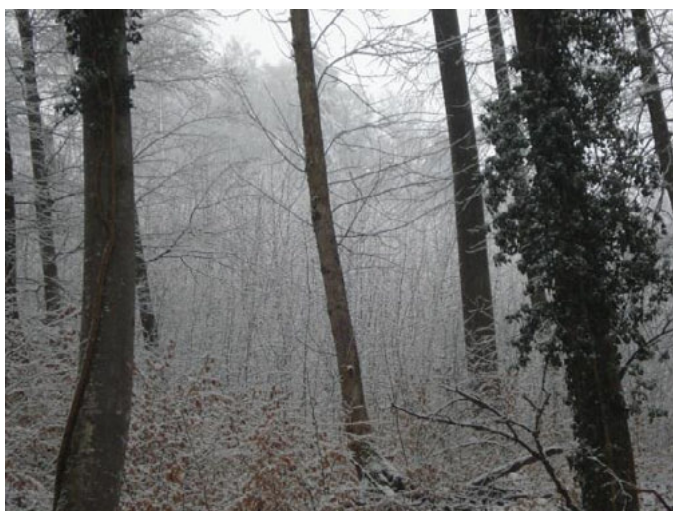


Abb. 11.2: unübersichtliches Gelände

Die GPS-Kartierung ist also vor allem in unübersichtlichem Gelände mit relativ dichter Vegetation vorzuziehen (siehe Abb. 11.2), denn durch die GPS-Koordinaten können auch Objekte in Dickichten sowie Dickichtgrenzen einfach kartiert werden.

12. WALDGESELLSCHAFTEN

Ein möglicher Anwendungsbereich für das digitale Oberflächenmodell wäre die Bestimmung von Waldgesellschaften. Unter Waldgesellschaften wird die Zusammensetzung der Vegetation aus verschiedenen Pflanzenarten verstanden, wobei auch die Bodenvegetation berücksichtigt wird (z.B. Buchenwald mit Bärlauch). Allerdings ist das DOM nicht als Grundlage geeignet. Ein Grund ist, dass in einer Waldgesellschaftskarte ebenfalls bodennahe Vegetation berücksichtigt wird, über die im DOM sicherlich keine Informationen enthalten sind, da immer nur die oberste Vegetationsschicht massgebend ist. Ein weiteres Problem ist, dass unterschiedliche Baumarten meistens nicht voneinander unterschieden werden können, denn es kann einzig Laubvegetation von Nadelbewaldung unterschieden werden. In Baselland ist eine Differenzierung der Waldgesellschaften schon allein durch die Tatsache, dass die Laserscanningflüge bei laublosen Verhältnissen durchgeführt wurden nicht möglich (siehe Kap. 9.2 Beispiel mit einem anderem Datentyp in Baselland).

13. FAZIT

13.1 FAZIT VEGETATIONSKARTE (DOM)

- Wenn Laserscanningdaten kostenlos erhältlich sind (im Kanton Solothurn), lohnt sich deren Verwendung.
- Wenn Laserscanningdaten kostenpflichtig sind, sollte zuerst abgeklärt werden, um was für einen Datentyp es sich handelt (Jahreszeit der Befliegung, Aktualität). Auch sollte die zu kartierende Fläche vorher besichtigt werden. Die Vegetationskarte ist primär dann nützlich, wenn viele Vegetationsgrenzen zwischen Nadel- und Laubwald sowie Kahlschläge und Dickichte, die durch Lichtungen entstanden sind, vorhanden sind.
- Schlecht eignet sich die Vegetationskarte wenn diffuse Dickichte vorhanden sind, vor allem wenn eine geschlossene Vegetation darüber liegt.
- Die Verwendung lohnt sich primär für grössere Kartenprojekte, da grössere Perimeter von Laserscanningdaten kostengünstiger erhältlich sind als kleine.

- Prinzipiell gilt: je aktueller die Daten umso besser, da auch neueren Kahl-schläge ersichtlich sind. Weniger aktuelle Daten können aber dennoch gut verwendet werden.
- Wird eine Vegetationskarte verwendet, kann auch gerade das DTM einge-setzt werden, auch wenn der Nutzen nicht gross ist.
- Die Qualität der Karte wird besser, da Vegetationsgrenzen genauer einge-zeichnet werden können, wobei darauf geachtet werden muss, dass wei-terhin differenziert Generalisiert wird; die Karte sollte nicht zu detailliert werden und gut leserlich bleiben.
- In Nadelwäldern ist die Vegetationskarte besonders gut geeignet, da Lich-tungen sehr gut erkennbar sind.
- Im Jura und in voralpinem Gelände ist die Vegetationskarte sehr nützlich, da es viele Waldränder, halboffene Gebiete und Lichtungen gibt.

13.2 FAZIT TABLET-PC UND LASERDISTANZMESSGERÄT

- Das Laserdistanzmessgerät ist vor allem in offenem, übersichtlichem Ge-lände gut einsetzbar. Bei dichter Vegetation würde sich wohl eher ein gu-tes GPS-Gerät eignen.
- Besonders in offenen, steilen Hängen ist der Nutzen gross, da deutlich we-niger Fortbewegung im Hang nötig ist.
- Durch digitale Kartierung wird der Zeitbedarf beim Zeichnen zuhause am PC mindestens halbiert.
- Wenn unterschiedliche Grundlagenkarten verwendet werden, kann am Tablet-PC jeweils ausgewählt werden, welche Karte(n) als Hintergrundkar-ten verwendet werden und es kann zwischen diesen gewechselt werden.
- Tablet-PC und Laserdistanzmessgerät zusammen sind relativ teuer und es braucht eine gewisse Zeit bis man sich ins System eingearbeitet hat und damit effizient arbeiten kann.
- Es muss darauf geachtet werden, dass immer wieder Sicherheitskopien erstellt werden, damit kein Datenverlust auftritt.

NACHWORT

Ich konnte in meiner Arbeit zeigen, dass sowohl eine Vegetationskarte wie auch ein Tablet-PC kombiniert mit einem Laserdistanzmessgerät als Hilfsmittel in der OL-Kartografie in Frage kommen. So kann anhand der Arbeit besser beurteilt werden, in welchem Gelände eine der beiden Methoden nützlich ist. Denn die Definition der unterschiedlichen Testgebiete lieferte Resultate, mit denen eine quantitative Beurteilung des Nutzens der Methoden in einem Geländetyp gemacht werden können. Allerdings ist hierbei zu beachten, dass die verschiedenen Varianten des jeweiligen Testgebietes nicht vollkommen identisch sind. Dies hat natürlich auch Auswirkungen auf den Zeitbedarf.

Die Vegetationskarte wird sich wohl in den nächsten Jahren in der schweizer OL-Kartografie etablieren, da sie doch eine wertvolle Grundlage ist, dies besonders wenn in den nächsten Jahren neue DOM-Daten produziert werden. Ob ein Laserdistanzmessgerät in Zukunft in der Schweiz zur Standardausrüstung bei der Kartierung gehören wird ist fraglich, da die Wälder in der Schweiz doch dickichtreich sind und die Sichtweite dadurch eher schlecht ist.

Ich persönlich fand vor allem das Arbeiten mit der Vegetationskarte als Grundlage sehr angenehm. Dagegen hatte ich bei der Kartierung mit Tablet-PC und Laserdistanzmessgerät doch zu Beginn eher Mühe. Nach einer gewissen Einarbeitungszeit empfand ich die digitale Kartierung aber als sehr angenehm.

QUELLENVERZEICHNIS

- [1] http://www.hansaluftbild.de/index.php?page=website/produkte/alss_fun.html (20.11.2011)
- [2] http://www.energieholz-goepingen.de/pdf/Abschlussbericht_Goepingen_06_11_071.pdf (20.11.2011)
- [3] http://www.lasercomponents.com/fileadmin/user_upload/home/DatasDeetD/lc/applikationsreport/laser-entfernungsmesser.pdf (20.11.2011)

- [4] <http://de.wikipedia.org/wiki/Azimut> (20.11.2011)
- [5] http://www.swisstopo.admin.ch/internet/swisstopo/de/home/products/height/dom_dtm-av.parsysrelated1.19059.downloadList.63245.DownloadFile.tmp/gn142007defr.pdf (17.12.2011)
- [6] <http://www.swisstopo.admin.ch/internet/swisstopo/de/home/topics/geodata/TLM.html> (17.12.2011)
- [7] http://www.congrex.ch/gis_sit2010/pdf/proceedings/114_Somieski_Solarkataster_aus_Luftbildern.pdf (16.3.2012)

ABBILDUNGSVERZEICHNIS

Abb. 2.1	Legende einer OL-Karte	http://www.orientierungslauf.de/images/legende.gif (20.11.2011)
Abb. 2.2	Beispiel eines kartierten Ausschnittes, mit hinterlegten Grundlagen	Eigenes
Abb. 3.1.1	Schema zur Funktionsweise der Datengenerierung beim Airborne Laserscanning	http://foto.hut.fi/research/projects/HighScan/HighScan.htm (21.11.2011)
Abb. 3.1.2.1	Darstellung der unterschiedlichen Reflexionszeit ausgesendeter Laserimpulse	http://www.terraimaging.de/upload/Bilder/Technology/9_tech_laser_2_pop.jpg (21.11.2011)
Abb. 3.1.2.2	Schema zum Unterschied DTM und DOM	Thomas Brogli, Liestal
Abb. 3.2	Ausschnitt der berechneten Vegetationskarte mit hinterlegter Schummerungskarte (rechts), Legende für die Farbgebung entsprechend Baumhöhen (links)	http://ocad.com/en.wiki/index.php?title=File:Legend_VegetationHeight.PNG (30.11.2011)
Abb. 3.3	Verwendeter Tablet-PC und La-	Eigenes

	serdistanzmessgerät	
Abb. 4.1	Übersicht über die Verteilung der Testgebiet	Eigenes
Abb. 4.2	Digitales Kartenzeichen	Eigenes
Abb. 6.1.1 Abb.6.1.2 Abb.6.1.3	Kartenausschnitt T1a) Kartenausschnitt T1b) Kartenausschnitt T1c)	Eigene
Abb. 6.2.1 Abb. 6.2.2 Abb. 6.2.3	Kartenausschnitt T2a) Kartenausschnitt T2b) Kartenausschnitt T2c)	Eigene
Abb. 6.3.1 Abb. 6.3.2 Abb. 6.3.3	Kartenausschnitt T3a) Kartenausschnitt T3b) Kartenausschnitt T3c)	Eigene
Abb. 6.4.1 Abb. 6.4.2 Abb. 6.4.3	Kartenausschnitt T4a) Kartenausschnitt T4b) Kartenausschnitt T4c)	Eigene
Abb. 6.5.1 Abb. 6.5.2 Abb. 6.5.3	Kartenausschnitt T5a) Kartenausschnitt T5b) Kartenausschnitt T5c)	Eigene
Abb. 6.6.1 Abb. 6.6.2 Abb. 6.6.3	Kartenausschnitt T6a) Kartenausschnitt T6b) Kartenausschnitt T6c)	Eigene
Abb. 9.1.1	Flugjahre für Airborne-Laserscanningflüge in der Schweiz	http://www.cadastre.ch/internet/cadastre/de/home/products/dtm_av.parsysrelated1.17833.downloadList.74878.DownloadFile.tmp/produktionsstanddtmavflugjahrde.pdf (19.12.2011)
Abb. 9.1.2	Flugperiode (=Jahreszeit) für Airborne-Laserscanningflüge in der Schweiz	http://www.cadastre.ch/internet/cadastre/de/home/products/dtm_av.parsysrelated1.17833.downloadList.74878.DownloadFile.tmp/produktionsstanddtmavflugjahrde.pdf (19.12.2011)
Abb. 9.2.1.1	Ausschnitt aus Vegetationskarte in Baselland mit hinterlegter Reliefschummerung des DOMs; Laserscanning Daten geflogen im	Eigene

	Frühling (2007)	
Abb. 9.2.1.2	Auschnitt aus der Vegetationskarte in Solothurn mit hinterlegter Reliefschummerung des DOMs; Laserscanning Daten geflogen im Winter (2001)	Eigene
Abb. 9.2.2.1 Abb. 9.2.2.2 Abb. 9.2.2.3	Vergleich zwischen OL-Karte «Schön matt» und Vegetationskarte	OL-Karte «Schön matt», 2007, Fred Läderach und Urs Steiner
Abb. 10.1	Ehemaliger Kahlschlag mit Jungwuchsdickicht	Eigenes
Abb. 10.2	Deutliche Vegetationsgrenze	Eigenes
Abb. 10.3	Dickicht als Folge einer Lichtung	Eigenes
Abb. 10.4	Deutlich sichtbare Lichtung in einem Tannenwald	Eigenes
Abb. 11.1	Unübersichtliches Gelände	Eigenes
Abb. 11.2	Übersichtliches Gelände	Eigenes

"Hiermit erkläre ich, dass ich die Maturarbeit ohne fremde Hilfe angefertigt habe und nur die im Quellenverzeichnis angeführten Quellen und Hilfsmittel benutzt habe".

.....