

Master Thesis

im Rahmen des Universitätslehrganges
„Geographical Information Science & Systems“
(UNIGIS MSc) am Zentrum für GeoInformatik (Z_GIS)
der Paris Lodron-Universität Salzburg

zum Thema

Laserscanning - ein Fortschritt in der Geländeanalyse

Unter besonderer Berücksichtigung der Agrarförderung- und Agrartechnik

vorgelegt von

Mag. Otto Astner
U1299, UNIGIS MSc Jahrgang 2006

Zur Erlangung des Grades
„Master of Science (Geographical Information Science & Systems) – MSc(GIS)“

Gutachter:
Ao. Univ. Prof. Dr. Josef Strobl

Reith im Alpbachtal, am 31.10.2008

Erklärung der eigenständigen Abfassung der Arbeit

Ich versichere, diese Master Thesis ohne fremde Hilfe und ohne Verwendung anderer als der angeführten Quellen angefertigt zu haben, und dass die Arbeit in gleicher oder ähnlicher Form noch keiner anderen Prüfungsbehörde vorgelegen hat. Alle Ausführungen der Arbeit, die wörtlich oder sinngemäß übernommen wurden, sind entsprechend gekennzeichnet.

Datum, 31.10.2008

Mag. Otto Astner

Kurzfassung

Laserscanning wird seit den 1990-er Jahren auf einer breiteren wirtschaftlichen Basis zur Geländeaufnahme eingesetzt. Die traditionelle Photogrammetrie rekonstruiert dreidimensionale Objekte aus mindestens zwei Bildern, Laserscanning benötigt hingegen nur eine Aufnahmerichtung, weil bei der Messung die Richtung und die Entfernung erfasst werden. Aus den aufgenommenen Laserpunkten mit den Lage- und Höhenkoordinaten werden digitale Oberflächenmodelle und digitale Geländemodelle abgeleitet.

Die Landwirtschaft weist zu einem sehr hohen Maße einen konkreten Raumbezug auf, weil das wirtschaftliche Handeln an den Raum (Betriebsflächen) gebunden ist. Bis vor wenigen Jahren konnten nur digitale Geländemodelle vom Bundesamt für Eich- und Vermessungswesen eingesetzt werden, deren Auflösung zu gering war, um die Formenvielfalt des Geländes im Detail abbilden zu können. Mit den nunmehr sehr genauen Laserscanning-Geländemodellen (z.B. 1 Punkt/m²) können automatisierte Geländeanalysen mit einem Geographischen Informationssystem durchgeführt werden, so dass zeitaufwändige Geländebegehungen vor Ort mit der Erhebung der unterschiedlichsten Geländemerkmale nicht mehr erforderlich sind.

Die Anwendungen der digitalen Laserscanning-Geländemodelle reichen in der Landwirtschaft von den Förderungen bis zur Agrartechnik auf der Betriebs- und Verwaltungsebene. Im Bereich der Agrarförderungen können die Produkte des Laserscanning vor allem in der Grundlagenerhebung wie der Abgrenzung der Benachteiligten Gebiete und der Verbesserung der Genauigkeit der Hangneigungsstufen des Berghöfekatasters nutzbringend angewendet werden. Die Ausgleichszulage, die sich auch aus der Anzahl der Berghöfekataster-Punkte berechnet und die Maßnahme „Mahd von Steilflächen“ des Österreichischen Programmes zur Förderung einer umweltgerechten, extensiven und den natürlichen Lebensraum schützenden Landwirtschaft, die die Hangneigungsstufen des Berghöfekatasters als Grundlage hat, können somit genauer für den Förderungsgeber als auch -empfänger abgewickelt werden. In der Agrartechnik ergeben sich mannigfaltige Einsatzmöglichkeiten auf der Verwaltungsebene (Zusammenlegungsverfahren, Wald-Weide-Trennung, Straßen- und Wegebau, u.a.) und auch die landwirtschaftlichen Betriebe, die nunmehr über präzise Informationen über die Geländeausprägungen ihrer landwirtschaftlichen Nutzflächen (z.B. Maschinenbefahrbarkeit) verfügen, profitieren vom Mehrwert räumlicher Informationen.

Abstract

Since the 1990s, Laser scanning is widely used with economic success for terrain inventories. While traditional photogrammetry uses a minimum of two images in order to reconstruct three-dimensional objects, laser scanning needs images in one direction only, because both direction and distance are recorded with every measurement. The laser points recorded with position and altitude coordinates are used to build digital surface models and digital terrain models.

Agriculture is highly dependent on concrete spatial data, as its economic activity is linked to space (i.e. exploited areas). Until a few years ago, only digital terrain models provided by the Federal Office „Bundesamt für Eich- und Vermessungswesen“ could be used. Nevertheless, their resolution was too low in order to show detailed images of differently shaped terrain. With the very accurate laser scanning terrain models (e.g. 1 dot per m²) available today, automated terrain analyses with a geographical information system are possible and time-consuming on-site terrain inventories in order to establish different terrain characteristics are not required any more.

Applications for digital laser scanning terrain models include subsidies and agricultural technology on company or administrative level. In the field of agricultural subsidies, laser scanning solutions can mainly be used for basic inventories such as delimitation of least favoured areas or in order to improve accuracy of slope inclination levels in the mountain farm register. Thus the compensatory amount based on the number of mountain farm register points and the measure “mowing of slopes” by the Austrian programme for fostering ecological, extensive agriculture in order to protect the natural habitat (which is based on slope inclination levels according to the mountain farm register) can be calculated more exactly, both for the provider and for the recipient of the subsidies. In terms of agricultural technology, there are multiple uses at administrative level (consolidation procedures, separation of forest and pasture areas, road construction etc.) and at the level of agricultural holdings, as they now have accurate information about the terrain characteristics of the areas they exploit (e.g. trafficability for agricultural machinery) and thus benefit from the value added by space-related information.

Inhaltsverzeichnis

Erklärung der eigenständigen Abfassung der Arbeit	I
Kurzfassung	II
Abstract	III
Abbildungsverzeichnis	V
Tabellenverzeichnis	VII
Abkürzungen	VIII

1. Einführung	1
1.1. Historischer Rückblick und Problemstellung	1
1.2. Zielsetzung dieser Arbeit	2
1.3. Methodischer Ansatz	3
2. Laserscanning	4
2.1. Einführung	4
2.2. Aufnahmetechnologie	4
2.3. Positionssystem	5
2.4. Laserreflexion	6
2.5. Leica ALS60	8
2.6. Vor- und Nachteile des Laserscanning Messverfahrens	10
2.7. Erstellung eines digitalen Geländemodells aus Laserscanning-Daten	11
2.7.1. Exkurs: Digitales Geländemodell	11
2.7.2. Von der Oberfläche zum Gelände	13
3. Agrarförderungen	15
3.1. Berghöfekataster (BHK)	15
3.2. INVEKOS-GIS	21
3.2.1. Rechtliche Grundlagen	21
3.2.2. Web-Applikation	22
3.3. Ausgleichszulage (AZ)	24
3.4. Mahd von Steilflächen	27
3.5. Steilflächenförderung des Landes Tirol	28
4. Agrartechnik	29
4.1. Grundzusammenlegung	29
4.1.1. Rechtliche Grundlagen	29
4.1.2. Technische Maßnahmen	31

4.1.3. Zusammenlegung „Thaur“	33
4.2. Wald-Weide-Trennung	40
4.3. Straßen und Wege im ländlichen Raum	45
4.3.1. Straßen- und Wegebau	45
4.3.2. Digitales Straßen- und Wegeprojekt Tirol	49
4.4. Einfluss der Hangneigung auf die Maschinenbefahrbarkeit	52
4.4.1. Allgemeines	52
4.4.2. Ackerbau	52
4.4.3. Grünland	55
4.4.4. Laserscanning-Daten für den Maschineneinsatz in Hangbereichen	56
4.5. Precision Farming	57
5. Zusammenfassung und Ausblick	61
6. Literatur- und Quellenverzeichnis	63
6.1. Verwendete Literatur	63
6.2. Verwendete Gesetze, Verordnungen und Richtlinien	67
6.3. Internet-Adressen	68

Abbildungsverzeichnis

<i>Abbildung 1: Abtastender Laser im Flugzeug (aus: KRAUS 2000, S. 287)</i>	6
<i>Abbildung 2: Der Treiensee nordöstlich der Namloser Wetterspitze im Bezirk Reutte weist im 1-Meter-digitalen-Geländemodell (Hillshade) der Laserscanning Befliegung eine Lücke auf. Hier mit unterlegtem Orthofoto (Bearbeiter: Otto Astner)</i>	7
<i>Abbildung 3: Leica ALS60 (zur Verfügung gestellt von der Firma Leica)</i>	9
<i>Abbildung 4: Photogrammetrische Geländeaufnahme: Ein Punkt muss von zwei Richtungen von verschiedenen Aufnahmestandpunkten bestimmt werden (aus: KRAUS 2000, S. 296)</i>	11
<i>Abbildung 5: Laserscanning Geländeaufnahme: Von nur einem Aufnahmestandpunkt werden die Polarkoordinaten für jeden Geländepunkt gemessen (aus: KRAUS 2000, S. 296)</i>	11
<i>Abbildung 6: Die geomorphologischen Eigenschaften eines Geländes können sehr gut durch Formenlinien (Tal- und Kammlinien) und Gipfel und Mulden repräsentiert werden (aus: BARTELME 2005, S. 164)</i>	12
<i>Abbildung 7: Bergbauernbetriebe nach BHK-Gruppen und Bundesländern 2007 (aus: Grüner Bericht 2008, S. 68)</i>	17

<i>Abbildung 8: Die Feldstücke (ohne Alm-Grundstücke) in der Gemeinde Eben am Achensee mit einem DGM im Hintergrund (Bearbeiter: O. Astner)</i>	19
<i>Abbildung 9: Die Feldstücke (ohne Alm-Feldstücke) der Gemeinde Kappl im Tiroler Paznauntal mit einem Farb-Orthofoto im Hintergrund (Bearbeiter: O. Astner)</i>	19
<i>Abbildung 10: Flächenanteile der Feldstücke eines Betriebes an den Hangneigungsstufen (1-Meter-Laserscanning-DGM). Ein Feldstück kann aus einem oder mehreren Grundstücken oder einem oder mehreren Grundstücksanteilen bestehen (Bearbeiter: O. Astner)</i>	20
<i>Abbildung 11: Das Hauptmenü des INVEKOS-GIS</i>	23
<i>Abbildung 12: Die Erfassungs-Oberfläche des INVEKOS-GIS</i>	23
<i>Abbildung 13: Benachteiligte landwirtschaftliche Gebiete in Österreich (aus: GRÜNER BERICHT 2008, S. 85; weiter bearbeitet von O. Astner)</i>	25
<i>Abbildung 14: Die Fahlenbachbrücke wurde im Zusammenlegungsverfahren Weißenbach (Bezirk Reutte) errichtet</i>	32
<i>Abbildung 15: Höhenverhältnisse im Z-Gebiet Thaur mit den Grundstücksgrenzen der DKM auf der Grundlage eines 1-Meter-Laserscanning-DGM (Bearbeiter: O. Astner)</i>	34
<i>Abbildung 16: Neigungsverhältnisse im Z-Gebiet Thaur auf der Grundlage eines 10-Meter-DGM (Bearbeiter: O. Astner)</i>	35
<i>Abbildung 17: Neigungsverhältnisse im Z-Gebiet Thaur auf der Grundlage eines 1-Meter-Laserscanning-DGM (Bearbeiter: O. Astner)</i>	35
<i>Abbildung 18: Exposition im Z-Gebiet Thaur auf der Grundlage eines 10-Meter-DGM (Bearbeiter: O. Astner)</i>	36
<i>Abbildung 19: Exposition im Z-Gebiet Thaur auf der Grundlage eines 1-Meter-Laserscanning-DGM (Bearbeiter: O. Astner)</i>	37
<i>Abbildung 20: Geländekrümmung im Z-Gebiet Thaur auf der Grundlage eines 10-Meter-DGM (Bearbeiter: O. Astner)</i>	38
<i>Abbildung 21: Geländekrümmung im Z-Gebiet Thaur auf der Grundlage eines 1-Meter-Laserscanning-DGM (Bearbeiter: O. Astner)</i>	38
<i>Abbildung 22: Entwässerung im Z-Gebiet Thaur auf der Grundlage eines 1-Meter-Laserscanning-DGM (Bearbeiter: O. Astner)</i>	39
<i>Abbildung 23: Neigungsanalyse potenzieller Reinweideflächen im oberen Inntal auf der Grundlage eines 1-Meter-Laserscanning-DGM (Bearbeiter: O. Astner)</i>	43

<i>Abbildung 24: Kriterienkombination einer Distanz-, Neigungs-, Expositions- und Sonneneinstrahlungsanalyse in einem Wald-Weide-Trennungsverfahren im Brandenbergtal (Bearbeiter: O. Astner)</i>	44
<i>Abbildung 25: Weg mit Metrierung und Angabe der mittleren Steigung, bezogen auf 10 Meter Abschnitten (Bearbeitung: O. Astner)</i>	48
<i>Abbildung 26: Wege im Waldbereich (Gemeinde Roppen, Horner Wald), die im Orthofoto schwer oder überhaupt nicht erkennbar sind (Bearbeiter: O. Astner)</i>	49
<i>Abbildung 27: Wege des vorherigen Ausschnittes im 1-Meter-digitalen Geländemodell (Hillshade). Unterschiedliche Beleuchtungen führen zu einer verbesserten Sichtbarmachung (Bearbeiter: O. Astner)</i>	50
<i>Abbildung 28: Das Tiroler Straßen- und Wegenetz (Bearbeiter: O. Astner)</i>	51
<i>Abbildung 29: Neigungskarte eines landwirtschaftlichen Betriebes auf der Basis eines 1-Meter-Laserscanning-DGM mit Orthofoto und DKM (Bearbeiter: O. Astner)</i>	57
<i>Abbildung 30: Stickstoff-Sensor-Düngung mit Messung, Berechnung und Ausbringung (aus: LUDOWICY et al. 2002, S. 121)</i>	59

Tabellenverzeichnis

<i>Tabelle 1: Reflexionsgrad von verschiedenen Materialien bei einer Wellenlänge von 1 μm (aus: WAGNER et al. 2003, S. 231)</i>	8
<i>Tabelle 2: Bewertungsschema der Hangneigung beim Berghöfekataster (aus: TAMME et al. 2002, S. 12)</i>	12
<i>Tabelle 3: Vergleich der Hangneigungsstufen-Flächenanteile der Feldstücke (ohne Alm-Feldstücke) der beiden Gemeinden Eben am Achensee und Kappl zwischen einem 10 (5)-Meter-DGM und einem 1-Meter- Laserscanning-DGM (Bearbeiter: O. Astner)</i>	18
<i>Tabelle 4: Vergleich der Hangneigungsstufen-Flächenanteile von 5 Feldstücken eines Betriebes zwischen einem 10 (5)-Meter-DGM und einem 1-Meter-Laserscanning-DGM (Bearbeiter: O. Astner)</i>	20
<i>Tabelle 5: Ausmaß der Ausgleichszulage</i>	26
<i>Tabelle 6: Ausgleichszulage nach Bundesländern gruppiert (aus: Grüner Bericht 2008, S. 248)</i>	26
<i>Tabelle 7: Höhe der Förderung für die Mahd von Steilflächen</i>	27
<i>Tabelle 8: Vergleich zwischen 10-Meter-BEV-DGM und 1-Meter-Laserscanning-DGM bei den Höhenkenndaten des Z-Gebietes Thaur (Bearbeiter: O. Astner)</i>	34

<i>Tabelle 9: Vergleich zwischen 10-Meter-BEV-DGM und 1-Meter-Laserscanning-DGM bei den Neigungsverhältnissen des Z-Gebietes Thaur (Bearbeiter: O. Astner)</i>	36
<i>Tabelle 10: Vergleich zwischen 10-Meter-BEV-DGM und 1-Meter-Laserscanning-DGM bei der Exposition des Z-Gebietes Thaur (Bearbeiter: O. Astner)</i>	37
<i>Tabelle 11: Vergleich zwischen 10-Meter-BEV-DGM und 1-Meter-Laserscanning-DGM bei der Geländekrümmung (Curvature) des Z-Gebietes Thaur (Bearbeiter: O. Astner)</i>	39
<i>Tabelle 12: Prozentsätze an Futterflächen nach Überschirmungsgraden (aus: Leitfaden der AMA 2000, S. 2)</i>	41
<i>Tabelle 13: Trassierungsgrenzwerte in der Längsneigung für ländliche Straßen mit geringer Verkehrsbedeutung (aus: RVS 3.8, Blatt 1)</i>	47
<i>Tabelle 14: Straßen- und Weglängen sowie Wegdichten nach Bezirken (Bearbeiter: O. Astner)</i>	51
<i>Tabelle 15: Hangneigungsgrenzen in Schichtlinie und Falllinie im Ackerbau (aus: PFAHLER 1986, S. 124)</i>	53/54
<i>Tabelle 16: Grenzen des Anbaus von Fruchtarten (aus: PFAHLER 1986, S. 127)</i>	55
<i>Tabelle 17: Behinderung und Grenzen des Maschineneinsatzes im Hanggelände (aus: HANDLER 1993, S. 7)</i>	56

Abkürzungen

AMA	Agramarkt Austria
AZ	Ausgleichszulage
BEV	Bundesamt für Eich- und Vermessungswesen
BHK	Berghöfekataster
DGM	Digitales Geländemodell
DKM	Digitale Katastermappe
GIS	Geographisches Informationssystem
GPS	Global Positioning System
GSLG 1970	Güter- und Seilwege-Landesgesetz 1970
GVE	Großvieheinheit
ha	Hektar

INVEKOS	Integriertes Verwaltungs- und Kontrollsystem
LFRZ	Land-, forst- und wasserwirtschaftliches Rechenzentrum
LN	Landwirtschaftliche Nutzfläche
ÖPUL	Österreichisches Programm zur Förderung einer umweltgerechten, extensiven und den natürlichen Lebensraum schützenden Landwirtschaft
PF	Precision Farming
RVS	Richtlinien und Vorschriften für den Straßenbau
TFLG 1996	Tiroler Flurverfassungslandesgesetz 1996
TWI	Topographischer Wetness-Index
WWSG	Wald- und Weideservitutengesetz
Z-Gebiet	Zusammenlegungs-Gebiet

1. Einführung

1.1. Historischer Rückblick und Problemstellung

Bis zu den 90-er Jahren des vorigen Jahrhunderts wurden die meisten raumbezogenen Daten, die für die Agrarwirtschaftsverwaltung von Interesse waren, nur analog vorgehalten. Katasterpläne in den unterschiedlichen Maßstäben mussten vom Vermessungsamt besorgt werden, Informationen aus dem Grundbuch wurden direkt beim Grundbuchsamt kopiert oder abgeschrieben. Luftbilder konnten nur in Wien beim Bundesamt für Eich- und Vermessungswesen (BEV) angefordert werden und die Ausarbeitung in einem eigens dafür geschaffenen Sachgebiet für Photogrammetrie nahm längere Zeit in Anspruch. Daher war es nicht verwunderlich, dass die Plangestaltung eher einfach gehalten wurde und die Genauigkeit der Darstellung von Sachverhalten oft sehr zu wünschen übrig ließ.

Mit dem Aufschwung der EDV im Allgemeinen und der Verbreitung von Programmen, die räumliche Daten verarbeiten konnten, wie Geographische Informationssysteme (GIS) und CAD-basierte Vermessungsprogramme, wurde eine neue Ära auch im digitalen Datenmanagement im Zusammenhang mit der Agrarverwaltung eingeläutet. Zudem kam hinzu, dass in den 1990-er Jahren die digitale Katastermappe (DKM) fertig gestellt wurde und flächendeckend von ganz Österreich digitale Orthofotos zur Verfügung standen. Ebenfalls wurde das Grundbuch auf eine digitale Basis umgestellt und über eine Grundstücksdatenbank (GDB) konnten nun eine Vielzahl von grundstücksbezogenen Daten online abgerufen werden.

Mit dem EU-Beitritt Österreich im Jahre 1995 änderte sich auch das Förderungswesen in der Landwirtschaft grundlegend. Wurden zuerst noch alphanumerische Daten in Datenbanken in einer großen Menge erfasst und gespeichert, so wurde in den darauf folgenden Jahren schnell erkannt, dass auch räumliche Daten für eine effiziente Förderungsverwaltung unbedingt erforderlich sind. Die Feldstücksgrenzen der Heimflächen, Almen und Gemeinschaftsweiden konnten zuerst nur auf analogen Kartenausdrucken mit Orthofoto- und DKM-Darstellung eingezeichnet werden, bis mit dem INVEKOS-GIS (INVEKOS steht für Integriertes Verwaltungs- und Kontrollsystem) im Jahre 2004 ein Instrumentarium geschaffen wurde, das die Grenzen der förderungsrelevanten Flächen auch mittels eines Web-GIS erfassen konnte. Es sind also vor allem die Agrarverwaltung und der Förderungsbereich, die sich in der Landwirtschaft zuerst mit digitalen räumlichen Daten auseinandersetzten und die Landwirte mit diesen neuen Techniken konfrontierten. Zudem ist auch anzuführen, dass

in der Landwirtschaft GIS-Funktionalitäten eher spät und nicht in der Breite angewendet worden sind, wie in anderen Disziplinen (Forst, Umwelt, Wasser, u.a.).

Die Landwirtschaft ist eine explizit an den Raum gebundene Bewirtschaftungsdisziplin, weil sie die Landschaft in großem Maße nutzt und gestaltet und aus den landschaftlichen Gegebenheiten vorwiegend ihre Ressourcen bezieht. Viele raumimmanente Faktoren haben einen unmittelbaren Einfluss auf die landwirtschaftliche Bewirtschaftung und können mit einem GIS erfasst, verarbeitet, modelliert und analysiert werden.

Ein digitales Geländemodell (DGM) stellt das Gelände, auf dem die landwirtschaftliche Nutzung stattfindet, in einem dreidimensionalen Raum dar. Bis vor kurzem stand in der Agrarverwaltung des Landes Tirol nur das 10-Meter-DGM des Bundesamtes für Eich- und Vermessungswesen (BEV) zur Verfügung, das für grobe Geländeanalysen ausreichend ist, aber die kleineren Formenelemente der Geländeoberfläche nicht ausreichend berücksichtigen kann. Daher wurde in der Agrartechnik in vielen Fragestellungen, bei denen eine größtmögliche Genauigkeit angestrebt wurde, das Gelände auch weiterhin vor Ort begangen, und geländespezifische Parameter wie z.B. die Neigung mit Geräten wie einem Neigungsmesser erfasst. Diese Geländeaufnahmen sind von der Zeit her aufwändig und zudem fehleranfällig, weil auch mit diesen Geräten eine Aufnahme von größeren Flächen nur schwer möglich ist und der Überprüfung der Ergebnisse durch eine Wiederholung der Begehung zumeist nicht standhalten würde.

Auch in der Förderungsverwaltung findet derzeit noch das 10-Meter-DGM Verwendung, weil einige Bundesländer die Laserscanning-Befliegung ihres Landesgebietes noch nicht abgeschlossen haben. Ungenauigkeiten von Faktoren, die von diesem DGM herrühren und in die Berechnung von Förderungsbeträgen einfließen, werden mangels anderer Alternativen in Kauf genommen.

1.2. Zielsetzung dieser Arbeit

Das Ziel dieser Master Thesis ist es darzustellen, dass mit den neuen genauen Laserscanning-Daten in der Agrarverwaltung viele Erfassungsarbeiten nicht mehr im Gelände durchgeführt werden brauchen, weil diese mit EDV-gestützten Programmen, die die Laserscanning-DGM für die Analysen verwenden, automatisiert und um vieles genauer und objektiver ausgeführt werden können. Weiters werden auch Förderungsmaßnahmen und deren Grundlagen, die sich auf digitale Geländemodelle beziehen, untersucht, inwieweit die Laserscanning-DGM eine Verbesserung der

Berechnungsgrundlagen mit sich bringen. Aufgabe dieser Master Thesis ist es auch, allgemein aufzuzeigen, wie diese genauen Laserscanning-Daten in der Agrar- und Förderungsverwaltung gewinnbringend eingesetzt werden können.

Seit dem Jahr 2006 stehen nunmehr auch in Tirol Laserscanning-Daten zur Verfügung, wobei unter einer Seehöhe von 2000 m ein Punkt/m² und über 2000 m ein Punkt/4 m² in den abgeleiteten Geländemodellen ausgewiesen werden. Dabei wird eine Lagegenauigkeit von +/- 30 cm und eine Höhengenaugigkeit von +/- 15 cm garantiert. In den anderen Bundesländern werden ebenso Laserscanning-Befliegungen durchgeführt bzw. sind schon abgeschlossen. Einer zukünftigen flächendeckenden Anwendung der Laserscanning-DGM im landwirtschaftlichen Förderungsbereich steht daher nichts mehr im Wege.

1.3. Methodischer Ansatz

Die Arbeit wurde in drei Teile unterteilt: Eine Zusammenfassung der Technik des Laserscanning und über die wesentliche Merkmale eines DGM zu Beginn, führt dann zum Einsatz der Laserscanning-DGM in das Umfeld der landwirtschaftlichen Förderungen und zuletzt in den Bereich der Agrartechnik.

Die neue Dimension der 1-Meter-Laserscanning-Daten wird im Vergleich mit dem bis jetzt als Standard geführten 10-Meter-DGM vom BEV dargestellt. Tabellen und Karten dienen als fachliche und visuelle Unterstützung, um den Unterschied der beiden DGM-Modelle augenscheinlich dokumentieren zu können.

Mit dem Programmpaket ArcGIS/ArcInfo der Firma ESRI wurden die GIS-Analysen durchgeführt, wobei vor allem die Extension Spatial Analyst zur Anwendung gelangte. Die Geobasis-Daten (dazu gehören auch die 1-Meter-Laserscanning-Daten) und Geofach-Daten kamen überwiegend vom Tiroler Raum- und Informationssystem (tiris), außer dem 10-Meter-DGM und der DKM, die das BEV vorhält. Förderungsdaten in der Landwirtschaft (z.B. Feldstücksgrenzen) wurden vom Land-, forst- und wasserwirtschaftlichen Rechenzentrum (LFRZ) zur Verfügung gestellt. Bei den landwirtschaftlichen Förderdaten bestehen die Schwierigkeiten vor allem im Datenschutz, weil personenbezogene Daten nicht an Dritte weitergegeben werden dürfen. Die Literatur und andere Quellen wurden von Universitätsbibliotheken, weiteren Institutionen mit fachlicher Kompetenz und über das Internet bezogen.

2. Laserscanning

2.1. Einführung

Das Laserscanning hat in den letzten Jahren die Aufnahme des Geländes als auch von Objekten revolutioniert. Laserscanning kann von der Terminologie her sowohl der Fernerkundung als auch der Photogrammetrie zugeordnet werden. In der Fernerkundung ist Laserscanning schon längere Zeit unter der Bezeichnung Lidar (Light Detection and Ranging) bekannt. Obwohl das primäre Ziel nicht die Erzeugung von Bildern ist, kann Laserscanning als ein Teil der Fernerkundung angesehen werden, weil die Geometrie des mit Laserscanning erzeugten Geländes für die Auswertung von Fernerkundungsdaten anderer Sensoren genutzt wird und die beim Laserscanning erzeugten Punktwolken auch bildhafte Wiedergaben ermöglichen (ALBERTZ 2007, S. 53). Da beim Laserscanning aber auch geometrische Problemstellungen stark im Vordergrund stehen, kann auch eine Nähe zur Photogrammetrie erkannt werden. Karl KRAUS, ehemaliger Professor für Photogrammetrie und Vorstand des Institutes für Photogrammetrie und Fernerkundung an der TU Wien, sah im Zusammenhang mit Laserscanning einen Paradigma-Wechsel in der Photogrammetrie (KRAUS 2002, S. 620 ff.). Die Photogrammetrie hat in wesentlichen Arbeiten zur Auswertung von Laserscanning-Daten beigetragen. KRAUS bemühte sich ein gemeinsames Paradigma für die Photogrammetrie und Fernerkundung zu finden und die Denk- und Handlungsweise dieser beiden Disziplinen zusammenzuführen.

Es wird vor allem zwischen dem flugzeuggetragenen Laserscanning und dem terrestrischen Laserscanning unterschieden. Beim terrestrischen Laserscanning wird der Laserscanner beim Abtastvorgang nicht bewegt. In dieser Arbeit wird ausschließlich das flugzeuggestützte Laserscanning behandelt.

2.2. Aufnahmetechnologie

Beim Laserscanning wird mittels eines Infrarotlasers die Erdoberfläche abgetastet. Mit den gewonnenen Daten können dreidimensionale Bilder des gescannten Bereiches erstellt werden. Das in einem Flugzeug oder Helikopter montierte System sendet hochfrequente Impulse aus und empfängt die Reflexionen der verschiedenen Objekte auf der Erdoberfläche. Die eigentliche Messung erfolgt dabei indirekt: Durch Laufzeitmessung des Signals wird die Entfernung zwischen dem Laser und der Geländeoberfläche bestimmt. Hierbei werden neben der zeitlichen Differenz (Laufzeit)

zwischen der Signalausendung (start pulse) und dem Signalempfang (return pulse) auch die unterschiedlichen und mehrfachen Reflexionen und deren Intensität gemessen, sogenannte 3D-Punktwolken entstehen (KRAUS 2004, S. 449 ff.).

Laserlicht kann als annähernd monochromatisch (exakt definierte Frequenz) bezeichnet werden, weist eine starke Bündelung auf (geringer Öffnungswinkel des Lichtstrahls), ist kohärent (die Schwingung der Wellenpakete erfolgt in Phasen) und hat eine hohe Intensität. Beim flugzeuggestützten Laserscanning sind vor allem der kleine Öffnungswinkel des Laserstrahls und die hohe Intensität von Vorteil. Durch die Verwendung von optischen Komponenten kann die Bündelung der Laserstrahlen soweit verbessert werden, dass bei einer Flughöhe von 1000 m der Durchmesser des Strahls auf der Erdoberfläche nur 0,2 bis 2 m beträgt (WAGNER et al. 2003, S. 224 f.).

Beim Messvorgang wird der Laserstrahl quer zur Flugrichtung mittels eines rotierenden Spiegels oder Prismas abgelenkt, damit ein Geländestreifen entlang der Flugrichtung aufgenommen werden kann. Der Großteil der flugzeuggestützten Laserscanner arbeitet nach dem Prinzip der Laufzeitmessung. Ein Pulsgenerator gibt die Messrate vor, die Laufzeit eines oder mehrerer Impulse (Mehrfachreflexionen) wird gemessen, wobei sich der Laserimpuls mit einer von der Lichtgeschwindigkeit abweichenden Gruppengeschwindigkeit bewegt. Die Abweichung der Gruppengeschwindigkeit von der Lichtgeschwindigkeit kann bei einer Flughöhe von 1000 m bis zu 0,03 % betragen, was eine Differenz von 0,3 m ausmacht. Atmosphärische Einflüsse wie Wasserdampf, Wassertröpfchen und Aerosole führen zu Streu- und Absorptionsvorgängen und beeinflussen auch die Gruppengeschwindigkeit (WAGNER et al. 2003, S. 226).

Laufzeitmessung:

$$T = 2 \times R/v_g$$

$T = \text{Laufzeit}$

$R = \text{Entfernung Laserscanner - Objekt}$

$v_g = \text{Gruppengeschwindigkeit}$

2.3. Positionssystem

Um die genau Lage des Flugzeugs bestimmen zu können, ist dieses mit einem GPS (Global Positioning System) ausgerüstet und in der Nähe des zu vermessenden Gebietes befinden sich GPS-Referenzstationen. Ein Trägheits-Navigationssystem (Inertial Measurement Unit oder Inertial Navigation System) berücksichtigt die Beschleunigungsmomente des Flugzeugs. Dabei werden die Abweichungen für alle drei

Achsen im Raum mit einer Häufigkeit von 200 Hz gemessen. Die Trägheits-Navigationssysteme können die Flugbahn mit einer Genauigkeit im cm-Bereich erfassen (GAJSKI 2004, S. 35). GPS, Inertial Measurement Unit und der Scannervorgang sind untereinander im Mikrosekundenbereich synchronisiert. GPS und Inertial Measurement Unit werden bei Flugzeugen, die Laserscanning-Flüge durchführen, gleichermaßen eingesetzt, wie diese bei photogrammetrischen Bildflügen angewendet werden.

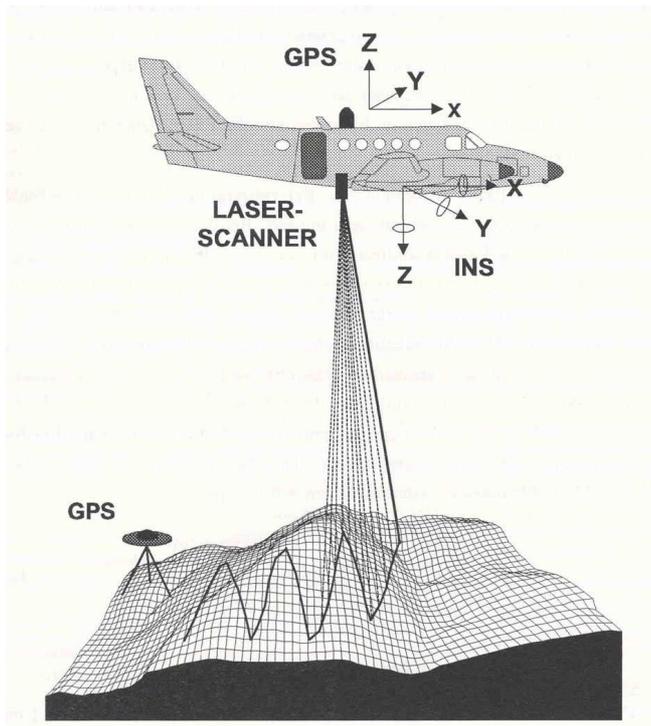


Abbildung 1: Abtastender Laser im Flugzeug
(aus: KRAUS 2000, S. 287)

2.4. Laserreflexion

Der Laserstrahl kann an unterschiedlichen Stellen auf der Erdoberfläche reflektiert werden. Die meisten Laserscanner können die Entfernungen mit dem ersten und mit dem letzten Echo messen. Es gibt aber auch Laserscanner, die auch dazwischen liegende Echos für die Entfernungsmessung aufnehmen, wobei aber hier Grenzen gesetzt sind, weil zwischen den Registrierungen eine bestimmte Minimalentfernung einzuhalten ist. Dieses Trennvermögen (Δr) zweier Objekte, die vom Laserstrahl erfasst werden, hängt von der Dauer des ausgesendeten Laserimpulses und der Ausbreitungsgeschwindigkeit ab (WAGNER et al. 2003, S. 228 f.).

$$\Delta r = v_g \times \Delta T / 2$$

ΔT = Dauer des ausgesendeten Laserimpulses (z.B. 10 ns)

v_g = Gruppengeschwindigkeit ($\approx 3 \times 10^8$ m/sec, einfache Näherung)

Bei einem 10 ns langen Impuls beträgt Δr 1,5 m. Von einer Vegetation, die kleiner als 1,5 m ist, wird daher zumeist nur die Vegetationsoberfläche erfasst.

An sehr glatten Oberflächen wie einem Autodach kann eine gerichtete Reflexion auftreten, so dass der ausgesandte Laserimpuls nicht mehr zurückkehrt. Es besteht aber auch die Möglichkeit, dass der gerichtete reflektierte Strahl später auf eine andere Oberfläche trifft, die das Echo zum Laserscanner zurück sendet. Die so gemessenen Entfernungen (multi path) sind zu lang und natürlich grundlegend falsch. Bei Gewässern kann der Laserstrahl unter Umständen so stark absorbiert werden, dass zu wenig Strahlungsenergie für eine Messung zurückgestreut wird. Fällt der Laserstrahl rechtwinkelig auf die Wasseroberfläche, so ist die Absorption besonders stark (KRAUS 2004, S. 450 f.).

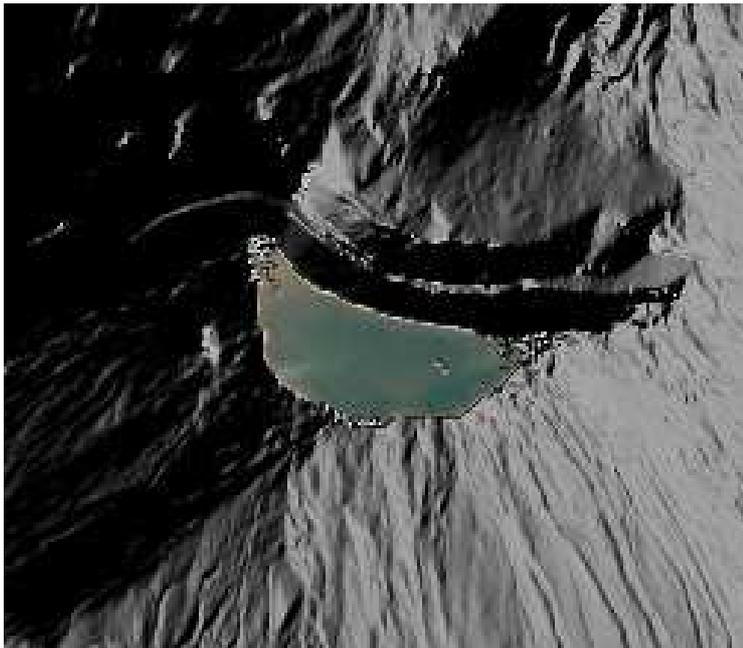


Abbildung 2: Der Treiensee nordöstlich der Namloser Wetterspitze im Bezirk Reutte weist im 1-Meter-digitalen-Geländemodell (Hillshade) der Laserscanning Befliegung eine Lücke auf. Hier mit unterlegtem Orthofoto (Bearbeiter: O. Astner)

Mit der Software SCOP, einem Programmpaket zur Erzeugung, Auswertung und Visualisierung digitaler Geländemodelle, das an den Instituten für Photogrammetrie der Universitäten Stuttgart und Wien entwickelt wurde, können diese Lücken aufgefüllt werden. ESRI ArcGIS bietet mit dem Hydrology Tool „Fill“ eine Möglichkeit, diese Lücken zu beseitigen. Dabei müssen aber zuerst diese „NoData-Cells“ mit einem Wert

versehen werden, der nicht mit den Höhenwerten kollidiert (z.B. „1“, Map Algebra: CON(ISNULL([DGM]), 1, [DGM])), bevor das „Fill“ angewendet werden kann (McCOY u. JOHNSTON 2001, S. 195 f.).

Die Tabelle 1 gibt den Reflexionsgrad von unterschiedlichen Materialien an, wobei die Schwankungsbreite des Reflexionsgrades relativ hoch ist. Die Werte des Reflexionsgrades sind Anhaltspunkte, weil die Messbedingungen untereinander nicht immer vergleichbar sind.

Material	Reflexionsgrad bei 1 μm
Ahornblatt	0,4
Aluminiumfolie	0,8 - 0,9
Asphalt	0,2
Chrom	0,6
Edelstahl	0,2 - 0,6
Edelstahl oxidiert	0,1 - 0,2
Eichenblatt	0,65
Kupfer	0,9
Maisblätter	0,9
Platin	0,45 - 0,60
Sandboden nass	0,15
Sandboden trocken	0,3
Schluff trocken	0,6
Schnee	0,25
Terra Cota	0,3
Wasser, senkrechter Einfall	< 0,01
Wasser, stark schleifender Einfall	bis zu 0,3
Weizen, Stängel	0,9
Weizen, Frucht	0,65
Zement	0,4

Tabelle 1: Reflexionsgrad von verschiedenen Materialien bei einer Wellenlänge von 1 μm (aus: WAGNER et al. 2003, S. 231)

2.5. Leica ALS60

Die Firma Leica hat mit dem ALS60 Airborne Laserscanner in der ALS-Serie von Leica Geosystems einen Scanner mit einer Pulsrate von 200 kHz entwickelt. Der ALS60 kann neben vier Echos auch drei Werte von der Intensität eines gesendeten Laserpulses aufnehmen.

Nachstehend sind die technischen Leistungsdaten des ALS60 von Leica zusammengestellt (schriftliche Mitteilung der Firma Leica vom 23.10.2008):

Wellenlänge: 1.064 nm

Scanrate: max. 100 Hz

Pulsrate: 200 KHz

Anzahl der detektierbaren Echos: vier Echos und zusätzlich ebenfalls drei Intensitätswerte für jeden gesendeten Laserpuls

Maximale Flughöhe: Standard ist bei 5000 m (auf Wunsch: 6000 m)

Gesamt-Öffnungswinkel: 75 Grad, frei wählbar in Stufen von 1 Grad

Öffnungswinkel des Laserstrahles: > 0.15 mrad gemessen an 1/e

Höhengenauigkeit: 8 bis 24 cm

hängt von folgenden Parametern ab:

- Flughöhe über Grund
- GPS Restfehler, der für die Flugbahn angenommen wird

Lagegenauigkeit: 7 bis 64 cm

hängt von folgenden Parametern ab:

- Flughöhe über Grund
- GPS Restfehler, der für die Flugbahn angenommen wird
- Öffnungswinkel der gewählt wurde sowie Position im Streifen (Mitte oder Rand)

Speicherkapazität: für rd. 18 Stunden Flugzeit bei einer maximalen Pulsrate



Abbildung 3: Leica ALS60 (zur Verfügung gestellt von der Firma Leica)

2.6. Vor- und Nachteile des Laserscanning Messverfahrens

Beim Laserscanning handelt es sich um ein aktives Messverfahren, bei dem ein Laserstrahl ausgesandt wird, der an der Erdoberfläche gestreut und der von der Erdoberfläche rückgestreute Teil von einem Empfänger registriert wird. Laserscanning kommt mit nur einer Aufnahmerichtung aus, weil bei jedem Laserstrahl die Entfernung und die Richtung gemessen wird (WAGNER et al. 2003, S. 223). In der traditionellen Photogrammetrie werden dreidimensionale Objekte aus zumindestens zwei Bildern rekonstruiert, beim Laserscanning genügt für die Objektrekonstruktion ein Aufnahmestrahl. Abschattungen beeinträchtigen die Aufnahme nicht, weil die Bestrahlungsrichtung und die Aufnahmerichtung ident sind. Passive Fernerkundungssysteme als reine Empfänger messen hingegen u.a. die reflektierte Sonnenstrahlung und sind an die gute Beleuchtung der Objekte durch die Sonne gebunden.

Das Laserscanning Messverfahren führt zu einer gleichmäßigen und dichten Punkterfassung und gewährleistet flächenhafte repräsentative Aussagen. Durch die Archivierung der Rohdaten (Punktwolke) können jederzeit nachträgliche Auswertungen für bestimmte Anwendungen durchgeführt werden (KATZENBEISSER u. KURZ 2004, S. 185).

Zu den größten Vorteilen von Laserscanning zählt, dass die Oberfläche (Dächer, Vegetation, Stromleitungen, u.a.) und auch Bodenpunkte durch Multi-Echo Messungen erfasst werden können. Es kann damit ein digitales Geländemodell (DGM) und ein digitales Oberflächenmodell (DOM) abgeleitet werden.

Die Genauigkeit von Laserscanning Messungen liegen etwa bei +/- 15 cm in der Höhe und +/- 20 cm in der Lage. Bei genauen geodätischen Punktvermessungen (mm-Bereich) sind daher immer noch terrestrische Vermessungen erforderlich. Bei der terrestrischen Vermessung werden individuell Punkte erfasst, die in einem Vermessungsverfahren als wesentlich erachtet werden. Diese Punkte sind später jederzeit rekonstruierbar bzw. kontrollierbar. Beim Laserscanning ist jede Messung einmalig, sie kann bei einer Wiederholung nicht reproduziert werden.

Zu den Nachteilen des Laserscanning Verfahren muss auch angeführt werden, dass keine Strukturelemente wie Bruchkanten erfasst werden. Zudem liegt kein Bild der Topographie vor.

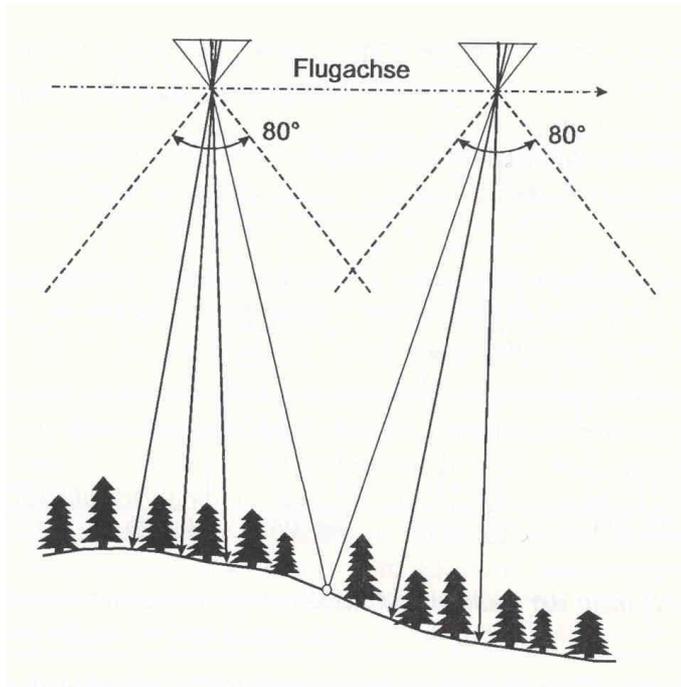


Abbildung 4: Photogrammetrische Geländeaufnahme: Ein Punkt muss von zwei Richtungen von verschiedenen Aufnahmestandpunkten bestimmt werden (aus: KRAUS 2000, S. 296).

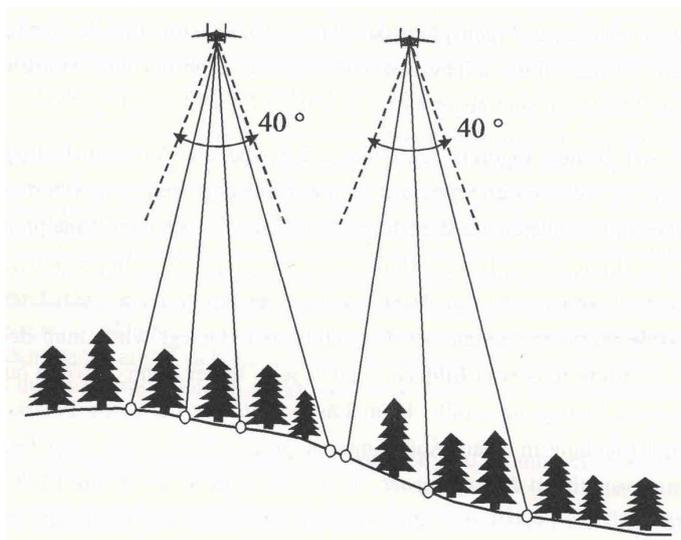


Abbildung 5: Laserscanning Geländeaufnahme: Von nur einem Aufnahmestandpunkt werden die Polarkoordinaten für jeden Geländepunkt gemessen (aus: KRAUS 2000, S. 296).

2.7. Erstellung eines digitalen Geländemodells aus Laserscanning-Daten

2.7.1. Exkurs: Digitales Geländemodell

Ein Modell der Geländeoberfläche wird im Allgemeinen als digitales Geländemodell bezeichnet. Im Englischen findet sich dafür der Ausdruck „digital terrain model“

(DTM) oder auch „digital elevation model“ (DEM). Letztere Bezeichnung führt besonders zur Höhe im dreidimensionalen Raum, was wiederum im Deutschen im digitalen Höhenmodell (DHM) eine Entsprechung findet (BARTELME 2005, S. 161 ff.). In dieser Arbeit wird ausschließlich von einem digitalen Geländemodell (DGM) ausgegangen, wenn es gilt die Geländeoberfläche im dreidimensionalen Raum in einem Modell zu repräsentieren.

Ein DGM kann aus Punkten, Linien oder Flächen aufgebaut sein, wobei Punkte mit X-, Y- und Z-Koordinaten im dreidimensionalen Raum bestimmt werden. Aus den Verbindungen von Punkten können Isolinien (z.B. Höhenlinien) abgeleitet werden und aus den Punkten kann auch ein Netz von Dreiecksflächen (Triangulated Irregular Network, TIN) generiert werden. Dazwischen liegende Punkte können mittels Interpolation geschätzt und zu einem Interpolationsmodell (Temperatur, Niederschlag, etc.) verarbeitet werden.

Vielfach sind die Punkte in einem DGM regelmäßig wie in einem Gitter (engl. Grid) angeordnet. Es gibt aber Bereiche, wo es sinnvoll erscheint, an bestimmten Stellen des Geländes (z.B. Bruchkanten) zusätzliche Punkte und Linien in das Punktegitter einzuarbeiten, um eine bessere Charakterisierung der Morphologie des Geländes zu erreichen. Die unregelmäßige Verteilung der Geländepunkte führt uns zum Vektormodell mit einer guten Abbildung des Geländes an kritischen Bereichen.

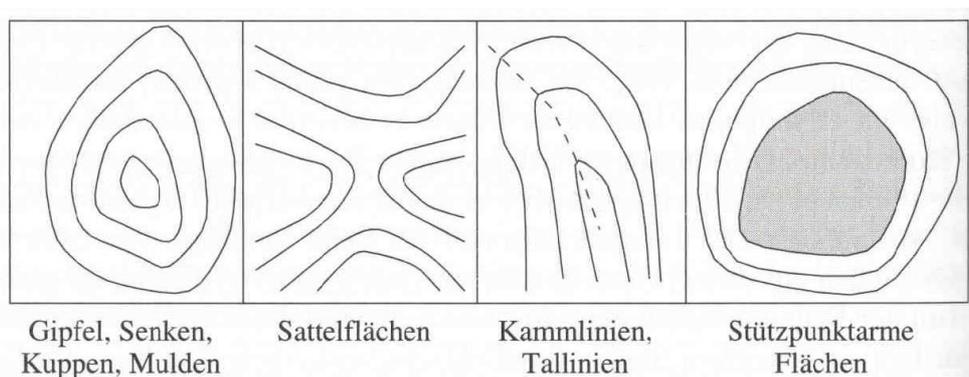


Abbildung 6: Die geomorphologischen Eigenschaften eines Geländes können sehr gut durch Formenlinien (Tal- und Kammlinien) und Gipfel und Mulden repräsentiert werden (aus: BARTELME 2005, S. 164).

Die regelmäßige Anordnung von Geländepunkten geht in Richtung Rastermodell, wobei die Maschenweite entsprechend klein festzulegen ist, um die geomorphologischen Charakteristika des Geländes erfassen zu können.

Ein hybrides digitales Geländemodell vereint das Gittermodell, die Geländekanten und die bedeutenden Höhepunkte. Es besteht aus einem regelmäßigen Gitter und Geländekanten und markanten Punkten, die in dieses Gitter eingearbeitet sind.

2.7.2. Von der Oberfläche zum Gelände

Der Laserstrahl wird nicht nur am Boden reflektiert, sondern auch an der Vegetation und an den künstlichen Bauten, so dass anfänglich ein Oberflächenmodell entsteht. Bei der DGM-Erstellung sind daher jene Punkte zu eliminieren, die diese Vegetation und Kunstbauten repräsentieren. Zumeist findet zur Ableitung eines DGM das letzte Echo Verwendung, aber es wird trotzdem viele Laserpunkte geben, die oberhalb des Geländes gemessen wurden (KRAUS 2004, S. 458 f.).

Eine Interpolation nach kleinsten Quadraten mit schiefer Fehlerverteilung wird bei der Filterung angewandt, bei der durch die Punktwolke eine ausgleichende Fläche gelegt wird. Nach einer ersten Verbesserung werden in einer zweiten Kleinste-Quadrate-Ausgleichung die Z-Koordinaten der Laserpunkte mit Gewichten versehen, bei der nachstehende Fehler der Laserpunkte in die Berechnung miteinbezogen werden:

- Laserpunkte mit positiven Verbesserungen bei der ersten Ausgleichung bekommen ein höheres Gewicht, als Laserpunkte mit einer negativen Verbesserung.
- Da das DGM mit Wahrscheinlichkeit eine Lage unterhalb der ausgleichenden Fläche der ersten Kleinste-Quadrate-Ausgleichung aufweist, kann auch eine Nullpunktverschiebung der Gewichtsfunktion erfolgen.

Abschließend ist noch eine weitere Kleinste-Quadrate-Ausgleichung nur mit den Geländepunkten durchzuführen.

Die Genauigkeit eines mit Laserscanning erzeugten DGM hängt vor allem von der Punktdichte ab. Die Punktdichte ist wiederum in Abhängigkeit von der Flughöhe, der Fluggeschwindigkeit, vom Öffnungswinkel und von der Messrate des Scanners zu sehen. Die Genauigkeit eines DGM wird auch von der Geländeneigung beeinflusst, weil im steilen Gelände die topographische Oberfläche nicht immer eindeutig definiert werden kann, der Abtastfleck (bei einer Flughöhe von 1000 m etwa 20 cm) bei steilen Flächen vergrößert wird und die stets vorhandenen Lagefehler, die von der GPS-Positionierung und der Inertial Measurement Unit-Orientierung herrühren, im steilen Gelände zu Höhenfehler führen (KRAUS 2000, S. 293).

Nachstehendes „Höhengenauigkeitsgesetz“ kann aus Erfahrungswerten abgeleitet werden (KRAUS 2004, S. 467):

$$\sigma_H [\text{cm}] = \pm(6/\sqrt{n} + 120 \times \tan\alpha)$$

$\tan\alpha = \text{Geländeneigung}$

$n = \text{Punktdichte auf einen Quadratmeter bezogen}$

Nach diesem empirischen Gesetz kann bei einem Punkt pro Quadratmeter und einer Neigung von 20 % ein Fehler von ± 30 cm angenommen werden ($6 + 120 \times \tan 11,31^\circ$).

Dazu kommen noch systematische Fehler, die das ganze System betreffen:

- Der mittlere Fehler der Geoidulationen (Abweichungen des Geoids) beträgt in Österreich derzeit ± 5 cm.
- Zu wenige GPS-Referenzstationen und gut verteilte Testflächen mit genau gemessenen Höhen am Rande des zu befliegenden Gebietes, um damit die Höhen der Laserpunkte vergleichen zu können.
- Die GPS-Bestimmung des Flugzeugs und die IMU-Orientierung, die Fehler von $\pm 0,01$ gon aufweist, was zu einer Lageungenauigkeit von ± 16 cm bei einer Flughöhe von 1000 m führen kann. Eine Blockausgleichung der einzelnen Streifen mit einer Minimierung der Höhendifferenzen in den überlappenden Bereichen würde hier Abhilfe schaffen (KRAUS 2000, S. 294).

Im Gegensatz zur photogrammetrischen Datenerfassung, bei der den Geländekanten und markanten Höhepunkten eine wichtige Rolle zukommt, wird beim Laserscanning eine Punktwolke erzeugt, Strukturelemente aber nicht. Um Strukturelemente aus Laserscanning-Daten generieren zu können, muss ein besonderer Wert auf eine hohe Punktdichte gelegt werden. Nach einer alten Regel darf der Abstand der Punkte höchstens halb so groß sein, wie die kleinste Form, die man erfassen möchte. Eine Stützmauer mit einer Breite von 1,0 Meter muss mit einer Schrittweite von höchstens 0,5 m abgetastet werden, um diese noch zu erkennen (KATZENBEISSER u. KURZ 2004, S. 184).

3. Agrarförderungen

3.1. Berghöfekataster (BHK)

Der Anteil der Bergbauern an der Gesamtzahl der österreichischen land- und forstwirtschaftlichen Betriebe betrug im Jahr 2007 rund 36 %. Von den Bergbauernbetrieben wurde 2007 eine landwirtschaftliche Nutzfläche (ohne Almen) von 957.843 ha bewirtschaftet; das sind etwa 41 % der landwirtschaftlich genutzten Fläche Österreichs (GRÜNER BERICHT 2008, S. 193).

Die ungünstigen Produktionsbedingungen und die hohen Erschwernisse bei der Berglandbewirtschaftung führten schon im letzten Jahrhundert zu einem gezielten Förderungswesen und durch die Erstellung eines Berghöfekatasters wollte man eine wissenschaftlich objektive Grundlage schaffen, um die Förderungsmittel möglichst gerecht zu verteilen und das „Bergbauerngebiet“ abzugrenzen (TAMME et al. 2002, S. 4 ff.). Der erste Bergbauernzuschuss des Bundes wurde im Wirtschaftsjahr 1970/71 ausbezahlt, wobei man die Bedeutung der Berglandwirtschaft nicht nur mehr alleine in der Erzeugung von landwirtschaftlichen Produkten sah, sondern auch in der Erhaltung und Gestaltung der Kulturlandschaft, in der Erhaltung einer notwendigen Besiedlungsdichte und in der Sicherung der landwirtschaftlichen Nutzflächen als Vorsorge für Krisenfälle (KNÖBL 1983, S. 5). Mitte der 70-er wurden alle Bergbauernbetriebe in drei Zonen eingeteilt und 1985 eine zusätzliche Erschwerniszone 4 auf Drängen des Bundeslandes Tirol eingeführt, um extrem geneigte, nur mit der Hand bearbeitbare Flächen entsprechend zu berücksichtigen.

Im Jahre 1989 erfolgte der Auftrag für die Schaffung eines „Neuen Berghöfekatasters“, um verschiedene Schwächen (z.B. Flächenausmaß der Erschwernisflächen beruhte auf Schätzungen oder Feststellung der Hangneigung mit einem Neigungsmesser) der Bergbauernzonierung zu beheben. Ein flächendeckendes Befliegungsprogramm des Bundesamtes für Eich- und Vermessungswesen mit der photogrammetrischen Auswertung eines DGM in den 1990-er Jahren und die allgemeine rasante Entwicklung der EDV sowie die neuen landwirtschaftlichen Förderungsvoraussetzungen nach dem EU-Beitritt schufen die Basis und den Rahmen für den „Neuen Berghöfekataster“.

Folgende Kriterien bzw. Merkmale bestimmen diesen Berghöfekataster, wobei die maximale BHK-Punkteanzahl beim jeweiligen Merkmal hinzugefügt ist (TAMME et al. 2002, S. 29):

Innere Verkehrslage (IVL), 320

- Hangneigung, 280
- Trennstücke, 25
- Spezielle Bewirtschaftungseinheiten, 5
- Traditionelle Wanderwirtschaft, 10

Äußere Verkehrslage (AVL), 100

- Erreichbarkeit der Hofstelle, 25
- Entfernung der Hofstelle zur nächsten Bushaltestelle, 5
- Entfernung der Hofstelle zur nächsten Bahnhaltestelle, 5
- Entfernung der Hofstelle zum Bezirkshauptort, 10
- Wegerhaltung, 15
- Seilbahnerhaltung (allein oder in Gemeinschaft), 5
- Extremverhältnisse (z.B. Abgeschiedenheit), 10
- Regionale Lage des Betriebes, 25

Klima und Boden (KLIBO), 150

- Klimawert der Hofstelle, 50
- Seehöhe der Hofstelle, 50
- Ertragsmesszahl (BHK-Bodenklimazahl), 50

Von der maximalen BHK-Punkteanzahl von 570 entfallen 280 auf die Hangneigung, das sind 49 %. Somit kommt der Hangneigung eine sehr starke Gewichtung bei der Ermittlung der BHK-Punkte zu. Bei der Einteilung der Hangneigungsstufen folgte man den praktischen Einsatzgrenzen von typischen Maschinen in der Berglandwirtschaft bei normalen Witterungsverhältnissen, wobei auch der Unfallverhütung eine maßgebliche Rolle zukam. Die technischen Einsatzgrenzen dieser Maschinen liegen aber weitaus höher (vgl. Pkt. 4.4).

Hangneigung	Maschinenbefahrbarkeit	Punkteberechnung
0 - 17,9 %	Vollernter	% Anteil an Gesamt-EFL x 0,0
18 - 24,9 %	Normaltraktor	% Anteil an Gesamt-EFL x 0,65
25 - 34,9 %	Allradtraktor	% Anteil an Gesamt-EFL x 0,88
35 - 49,9 %	Transporter	% Anteil an Gesamt-EFL x 2,06
50 % und mehr	Handarbeit	% Anteil an Gesamt-EFL x 2,80

Tabelle 2: Bewertungsschema der Hangneigung beim Berghöfekataster

(aus: TAMME et al. 2002, S. 12)

Anmerkung: EFL Erhebungsflächen

Die Gewichtung der jeweiligen Hangneigungsstufen (Tabelle 2) erfolgte nach betriebswirtschaftlichen Berechnungen der Bewirtschaftungskosten und nach der Vorgabe einer wirksamen Differenzierung im mittleren Bereich (TAMME et al. 2002, S. 13).

Insgesamt 69.347 Bergbauernbetriebe mit Berghöfekatasterpunkten wurden durch das Integrierte Verwaltungs- und Kontrollsystem (INVEKOS) im Jahre 2007 erfasst. In der Gruppe 2 verteilen sich mit 28.946 Betrieben bzw. 42 % der größte Anteil an den Bergbauernbetrieben. In der Gruppe 4 mit dem extremsten Erschwernis fallen 6.282 Betriebe (9 %), wobei Bergbauernbetriebe mit hohen und extremen Erschwernissen vor allem in den westlichen Bundesländern zu finden sind. Die durchschnittliche BHK-Punktzahl beträgt derzeit in Österreich je Betrieb 143, Tirol erreicht mit rund 190 die höchsten Werte vor Kärnten mit 177 Punkten (GRÜNER BERICHT 2008, S. 68).

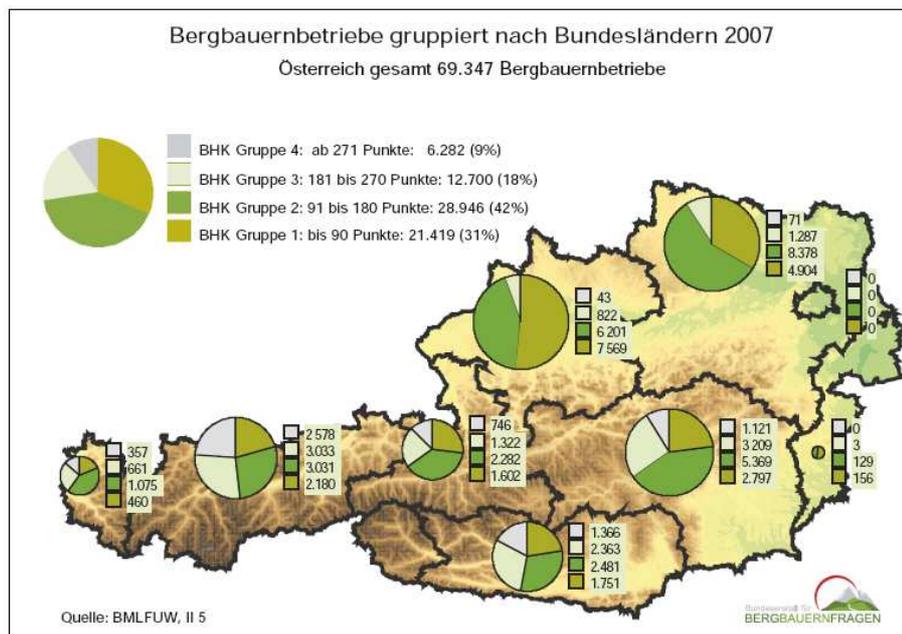


Abbildung 7: Bergbauernbetriebe nach BHK-Gruppen und Bundesländern 2007 (aus: GRÜNER BERICHT 2008, S. 68)

Mit dem Mehrfachantrag wird auch jährlich der Berghöfekataster aktualisiert. Die Erfassung geschieht auf der Ebene des Feldstücks, dem man die Flächenanteile von den fünf Hangneigungsstufen (< 18 %, ≥ 18 % u. < 25 %, ≥ 25 % u. < 35 %, ≥ 35 % u. < 50 % u. ≥ 50 %) in Hektar und Ar zuordnen kann. Unter einem „Feldstück“ versteht man eine zusammenhängende landwirtschaftlich genutzte Fläche mit nur einer Nutzung (Grünland, Acker, Spezialkulturen, u.a.). Feldstücke können aus einem oder mehreren Grundstücken oder einem oder mehreren Grundstücksanteilen bestehen (BENUTZERHANDBUCH INVEKOS-GIS 2005, S. 5). Auf einem zweiten Blatt sind die „Innere Verkehrslage“, die „Äußere Verkehrslage“ und „Klima/Boden“ mit ihren Parametern zu erfassen.

Der Berghöfekataster wird für die Berechnung der Ausgleichszulage (AZ) und für die „Mahd von Steilflächen“, die im Österreichischen Programm zur Förderung einer

umweltgerechten, extensiven und den natürlichen Lebensraum schützenden Landwirtschaft (ÖPUL), enthalten ist, herangezogen. Auch Landesförderungen wie die Steilflächenförderung in Tirol profitieren von einer genauen Datengrundlage bei den Hangneigungen durch die Laserscanning-Befliegung. Darüber hinaus können auch die „Benachteiligten Gebiete“ noch präziser abgegrenzt werden. Damit schaffen Laserscanning-DGM eine grundlegende Voraussetzung, dass die finanziellen Zuwendungen dieser Förderungsmaßnahmen nach dem objektiven technischen Erschwernis der Hangneigung nebst anderen Faktoren gerecht verteilt werden.

Das Land- forst- und wasserwirtschaftliche Rechenzentrum (LFRZ) kauft die Laserscanning-Daten von den einzelnen Bundesländern bzw. ist bereits bei den Projekten mit den Ländern Kooperationsverträge eingegangen.

Bei der Berechnung der Flächenanteile der Hangneigungsstufen wird von der AMA (Agrarmarkt Austria) bzw. vom LFRZ das 10-Meter-DGM des Bundesamtes für Eich- und Vermessungswesen (BEV) verwendet. Das 10-Meter-DGM wurde auf 5 Meter verdichtet, um auch kleinere Grundstücke in die Analysen einbeziehen zu können.

Vergleicht man die Flächenanteile der Hangneigungsstufen des Berghöfekatasters zwischen dem 10 (5)-Meter-DGM und dem 1-Meter-Laserscanning-DGM, so treten merkbare Unterschiede auf. Besonders in der untersten und obersten Stufe der Hangneigungen in der Gemeinde Kappl, wo ein beträchtlicher Flächenanteil der Feldstücke stark geneigt ist, sind beträchtliche Differenzen erkennbar (Tabelle 3). In der Gemeinde Eben, wo die Feldstücke nicht so sehr an den stark geneigten Hängen verteilt sind, weil durch die naturräumlichen Gegebenheiten (schroffe Kalkfelswände) eine landwirtschaftliche Nutzung an den Steilhängen nicht möglich ist, fallen auch die Unterschiede zwischen den beiden Geländemodellen nicht so stark ins Gewicht.

Gemeinde/ DGM	< 18 % Fläche ha	≥ 18 % u. < 25 % Fläche ha	≥ 25 % u. < 35 % Fläche ha	≥ 35 % u. < 50 % Fläche ha	≥ 50 % Fläche ha
Eben 10 (5) m	192,24	7,98	8,31	17,44	27,18
Eben 1 m	189,05	9,96	9,72	15,26	29,16
Kappl 10 (5)m	95,21	57,26	117,04	187,56	160,25
Kappl 1 m	52,20	53,72	112,10	180,46	218,84

Tabelle 3: Vergleich der Hangneigungsstufen-Flächenanteile der Feldstücke (ohne Alm-Feldstücke) der beiden Gemeinden Eben am Achensee und Kappl zwischen einem 10 (5)-Meter-DGM und einem 1-Meter-Laserscanning-DGM (Bearbeiter: O. Astner)



Abbildung 8: Die Feldstücke (ohne Alm-Feldstücke) in der Gemeinde Eben am Achensee mit einem DGM im Hintergrund (Bearbeiter: O. Astner)

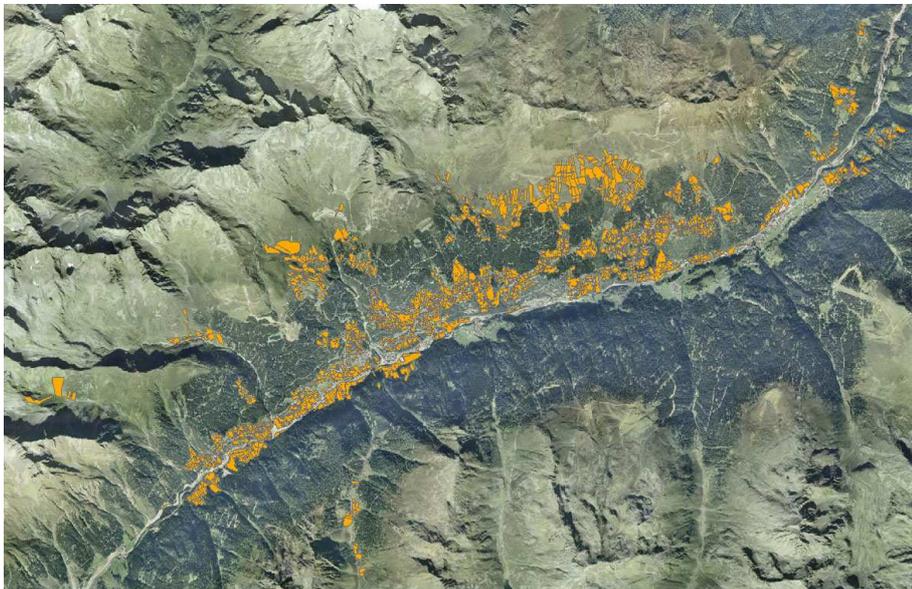


Abbildung 9: Die Feldstücke (ohne Alm-Feldstücke) der Gemeinde Kappl im Tiroler Paznauntal mit einem Farb-Orthofoto im Hintergrund (Bearbeiter: O. Astner)

Ebenfalls sind bei der Berechnung der Flächeanteile an den Hangneigungsstufen der Feldstücke eines Betriebes zwischen einem 10 (5)-Meter-DGM und einem 1-Meter Laserscanning-DGM augenscheinliche Unterschiede festzustellen. Das 1-Meter Laserscanning-DGM führt zu einer stärkeren Differenzierung, weil die kleineren morphologischen Einheiten nunmehr in die Neigungsanalyse miteinbezogen werden (Tabelle 4). Sind die Laserscanning-Daten einmal flächendeckend für Österreich vorhanden, kann die AMA eine genauere Berechnung der Flächenanteile der Hangneigungsstufen den Landwirten zur Verfügung stellen. Mit den Änderungen der Flächenanteile an den jeweiligen Hangneigungsstufen wird sich auch das Ergebnis der

Berechnungen bei jenen Förderungsmaßnahmen, die auf diesen Hangneigungsstufen-Flächenanteilen aufbauen, vom heutigen Stand unterscheiden.

Feldstück- Nummer/ DGM	< 18 % Fläche m ²	≥ 18 % u. < 25 % Fläche m ²	≥ 25 % u. < 35 % Fläche m ²	≥ 35 % u. < 50 % Fläche m ²	≥ 50 % Fläche m ²
1 / 10 (5) m	6.930	-	-	-	-
1 / 1 m	6.929	1	-	-	-
2 / 10 (5) m	75.499	7.876	9.573	16.634	11.795
2 / 1 m	78.657	8.050	13.192	13.658	7.820
3 / 10 (5) m	6.572	8.897	116	-	-
3 / 1 m	8.138	6.582	755	110	-
4 / 10 (5) m	45.938	-	-	-	-
4 / 1 m	44.784	1.035	106	13	-
5 / 10 (5) m	53.481	-	-	-	-
5 / 1 m	52.945	437	92	7	-

Tabelle 4: Vergleich der Hangneigungsstufen-Flächenanteile von 5 Feldstücken eines Betriebes zwischen einem 10 (5)-Meter-DGM und einem 1-Meter-Laserscanning-DGM (Bearbeiter: O. Astner)

Die Abbildung 10 stellt die Feldstücke des Betriebes, wie dieser in der Tabelle 4 nach den fünf Hangneigungsstufen klassifiziert wurde, in einer Neigungsanalyse auf der Basis eines 1-Meter-Laserscanning-DGM dar. Die Feldstücke liegen zum Teil weit auseinander, was auf Pachtflächen hinweisen könnte.

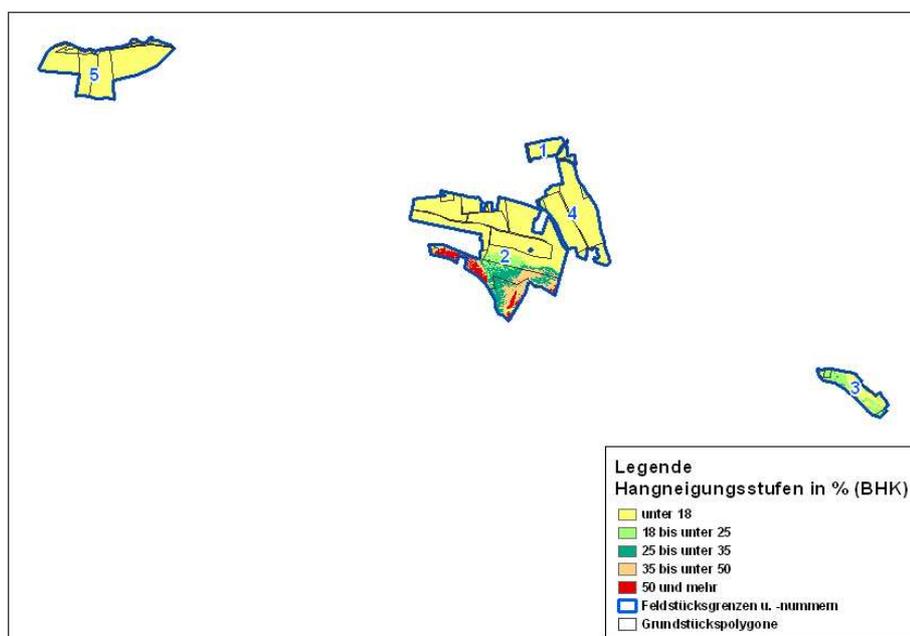


Abbildung 10: Flächenanteile der Feldstücke eines Betriebes an den Hangneigungsstufen (1-Meter-Laserscanning-DGM). Ein Feldstück kann aus einem oder mehreren Grundstücken oder einem oder mehreren Grundstücksanteilen bestehen (Bearbeiter: O. Astner)

3.2. INVEKOS-GIS

3.2.1 Rechtliche Grundlagen

Die EU-Verordnungen Nr. 1782/2003 und Nr. 796/2004 dienen als Grundlage für die Erstellung des INVEKOS-GIS (RESSORT-GIS-KONZEPT BMLFUW 2007, S. 10). Für den Aufbau des INVEKOS-GIS auf nationaler österreichischer Ebene ist die INVEGOS-GIS-Verordnung (BGBl II Nr. 335/2004) maßgeblich.

Nach dem Kapitel 4 Artikel 17 der Verordnung (EG) Nr. 1782/2003 des Rates vom 29. September 2003 hat jeder Mitgliedsstaat ein Integriertes Verwaltungs- und Kontrollsystem einzurichten. In diesem Integrierten Verwaltungs- und Kontrollsystem ist nach Artikel 20 ein System zur Identifizierung landwirtschaftlicher Parzellen zu führen: „Das System zur Identifizierung landwirtschaftlicher Parzellen stützt sich auf Katasterpläne und -unterlagen oder anderes Kartenmaterial. Dazu werden computergestützte geografische Informationssystemtechniken eingesetzt, vorzugsweise einschließlich Luft- und Satellitenorthobildern mit homogenem Standard, der mindestens eine dem Maßstab 1:10000 entsprechende Genauigkeit gewährleistet.“ Die Verordnung (EG) Nr. 796/2004 der Kommission vom 21. April 2004 enthält Durchführungsbestimmungen zum Integrierten Verwaltungs- und Kontrollsystem zu der Verordnung (EG) Nr. 1782/2003 in Bezug auf die Identifizierung landwirtschaftlicher Parzellen: „Darüber hinaus stellen die Mitgliedsstaaten sicher, dass die landwirtschaftlichen Parzellen zuverlässig identifiziert werden. Zu diesem Zweck verlangen sie unter anderem, dass die Sammelanträge Angaben enthalten oder ihnen Unterlagen beigefügt sind, die von der zuständigen Behörde näher festgelegt werden und mit deren Hilfe sich die einzelnen landwirtschaftlichen Parzellen lokalisieren und vermessen lassen. Das GIS wird auf Basis eines nationalen geodätischen Systems angewandt.“

Schon zeitlich früher sah die Verordnung (EWG) Nr. 3508/92, die die Einführung eines Integrierten Verwaltungs- und Kontrollsystems für bestimmte gemeinschaftliche Beihilferegulungen beinhaltet, in der Identifizierung der landwirtschaftlichen Grundstücke den Kernbereich für eine ordnungsgemäße Abwicklung des flächenbezogenen landwirtschaftlichen Förderungssystems. Im Artikel 4 werden Katasterpläne, anderes Kartenmaterial und Luft- oder Satellitenaufnahmen bereits als Stütze des alphanumerischen Systems angeführt. Mit der Verordnung (EG) Nr. 1593/2000 zur Änderung der Verordnung (EWG) Nr. 3508/92 erhielt der Artikel 4 eine Fassung, auf der dann bezüglich der geographischen Informationstechniken die Verordnung (EG) Nr. 1782/2003 aufbaute.

Mit der INVEKOS-GIS-Verordnung (335. Verordnung des Bundesministeriums für Land- und Forstwirtschaft, Umwelt und Wasserwirtschaft über eine auf ein geographisches Informationssystem gestützte Flächenidentifizierung) werden Begriffe definiert (z.B. Feldstück), der Vorgang der Flächenidentifizierung dargestellt und auch die nicht beihilfefähigen Flächen wie Weg- oder Gebäudeflächen, Gräben, u. a. angeführt. Zudem werden die Inhalte, die Verwendung, der Zugriff und die Bearbeitung einer Hofkarte vermittelt. In § 4 Abs. 2 wird ausgeführt, dass das digitale Geländemodell des Bundesamtes für Eich- und Vermessungswesen in einer Rasterauflösung von maximal 10 Metern unter Einschluss der Geländestrukturen zu verwenden ist.

3.2.2 Web-Applikation

Seit dem Jahr 2004 bietet die AMA ein Web-GIS zur graphischen Bearbeitung der Antragsflächen für die Förderungen an. Die Anwendung, die unter der Internetadresse <http://www.eama.at> erreichbar ist, wurde vom IT-Dienstleistungsunternehmen „GISquadrat“ programmiert. Die Landwirte bzw. die Förderungsabwicklungsstellen (Bezirkslandwirtschaftskammern) müssen sich unter der Betriebsnummer des zu erfassenden Betriebes und einem Pincode anmelden, um zu der Oberfläche des INVEKOS-GIS zu gelangen.

Die Applikation beinhaltet eine Reihe von Funktionalitäten, die für den Landwirt bei der Förderungsantragstellung relevant sind:

- Förderart auswählen
- Feldstücke und Schläge erfassen
- BHK-Hangneigungsflächen erfassen bzw. berechnen
- Hofstelle verorten
- Rechtsverhältnis der Feldstücke eingeben
- Flächen an einen anderen Betrieb weitergeben
- Plausibilität prüfen
- Zustimmungserklärung für die Übermittlung der Feldstückslinien an benachbarte Betriebe
- Lesezugriff mit Gesamtansicht aller Feldstücke und Schläge, österreichweite Suche nach Grundstücken
- Formulare drucken mit einer Feldstücksauswahlliste
- Karten mit Feldstücke oder Schläge drucken, Gesamtansicht des Betriebes drucken, u.a.
- Luftbildabdeckung des Betriebes

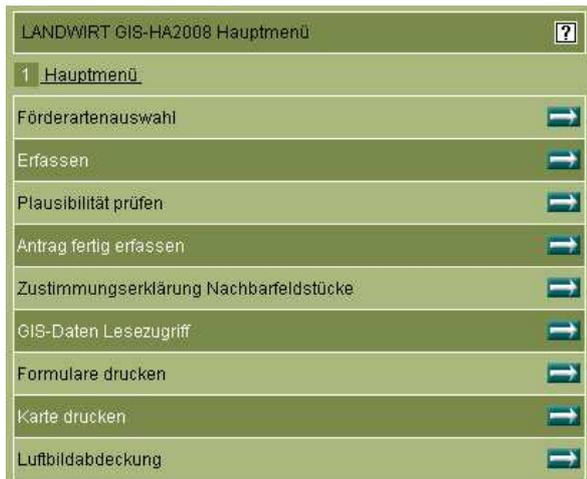


Abbildung 11: Das Hauptmenü des INVEKOS-GIS

Standard Schaltflächen wie „Strecken messen“, „Flächen messen“, „Zoom in“, „Zoom out“ oder „Pan“ gehören genauso zur Menü-Ausstattung wie das Schalten von Layern. Punkte verschieben, einfügen oder löschen, Inselepolygone editieren, Polygone teilen und das Snappen auf Eckpunkten sind wertvolle Features bei der graphischen Erfassung der Feldstücke und Schläge. Als „Schlag“ bezeichnet man eine zusammenhängende Fläche auf einem Feldstück, die mit nur einer Kultur in einer Vegetationsperiode bewirtschaftet wird oder die überhaupt keine Kultur aufweist (INVEKOS-GIS-Verordnung, § 3 Abs. 4).

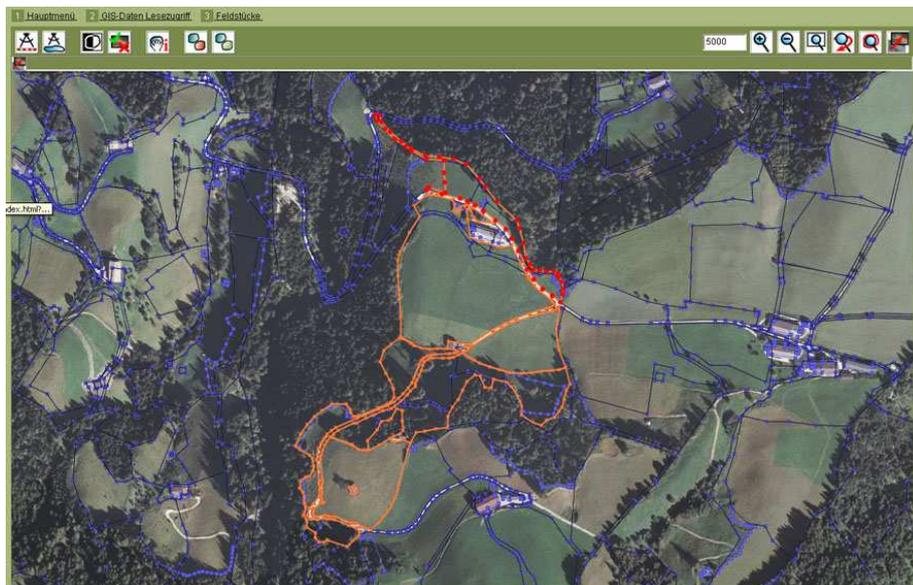


Abbildung 12: Die Erfassungs-Oberfläche des INVEKOS-GIS

In absehbarer Zeit werden alle Bundesländer (Tirol z.B. im Jahr 2010) eine flächendeckende Laserscanning-Befliegung ihres Landesgebietes durchgeführt haben und ein bundesweites Laserscanning-DGM kann dann in das INVEKOS-GIS

implementiert werden. Damit wird für die Landwirte die Voraussetzung geschaffen, die Hangneigung sehr genau für die Beantragung der Förderungen zu ermitteln.

3.3. Ausgleichszulage (AZ)

In der Sonderrichtlinie des Bundesministeriums für Land- und Forstwirtschaft, Umwelt und Wasserwirtschaft zur Gewährung von Zahlungen für naturbedingte Nachteile in Berggebieten und Zahlungen in anderen Gebieten mit Benachteiligungen - Ausgleichszulage 2008 (BMLFUW-LE.1.1.4/0020-II/7/2007) werden folgende Hauptziele der Ausgleichszulage genannt:

- Sicherung der Besiedelung in den Berggebieten und anderen Gebieten mit Benachteiligungen, damit eine lebensfähige Gemeinschaft und Funktionsvielfalt des ländlichen Raumes erhalten wird.
- Förderung der Landbewirtschaftung, um eine nachhaltige Pflege der Kulturlandschaft zu gewährleisten und damit die Erosion, Verwaldung und den Rückgang der Artenvielfalt hintan zu halten.
- Anerkennungen der Leistungen im öffentlichen Interesse wie Erhalt und Pflege der Infrastruktur, Schutz vor Naturgefahren, Bereitstellung der Grundlagen für Erholung und Tourismus sowie die Sicherung des Kulturerbes im ländlichen Raum.

Nach den EU-Bestimmungen - hier vor allem die Verordnung (EG) Nr. 1257/1999 - wird das Benachteiligte Gebiet in die drei Kategorien „Berggebiet“, „Sonstiges Benachteiligtes Gebiet“ und „Kleines Gebiet“ unterteilt. Auf nationaler Ebene wurden die Abgrenzungskriterien dieser drei Kategorien weiter konkretisiert. So liegt eine landwirtschaftliche Nutzfläche (LN) in einem Berggebiet, wenn eine Seehöhe von mindestens 700 m (Gemeinde-Durchschnitt) oder mindestens 20 % Hangneigung (wieder Gemeindedurchschnitt) oder mindestens 500 m Seehöhe und 15 % Hangneigung gegeben sind. Die „Sonstigen Benachteiligten Gebiete“ werden definiert mit einer landwirtschaftlichen Benachteiligung über die Betriebszahl von höchstens 30 und höchstens 55 Einwohner/km² (in einigen Gebieten 70) oder einem hohen Beschäftigungsanteil in der Landwirtschaft mit einer Agrarquote, die größer als 15 % ist. Die „Kleinen Gebiete“ grenzen sich in einer landwirtschaftlichen Betriebszahl von höchstens 30 und über Hügellandschaften, Feucht- und Überschwemmungsgebiete sowie Grenzregionen ab. Die Basis der Abgrenzungskriterien liegt bei den politischen

Gemeinden und teilweise auch bei den Katastralgemeinden und Katastralgemeindeteilen (<http://land.lebensministerium.at>).

Auch hier kann ein hochauflösendes Laser-DGM, das flächendeckend für ganz Österreich vorhanden ist, wertvolle Dienste bei der Abgrenzung dieser „Benachteiligten Gebiete“ (Seehöhe und Neigung) liefern.

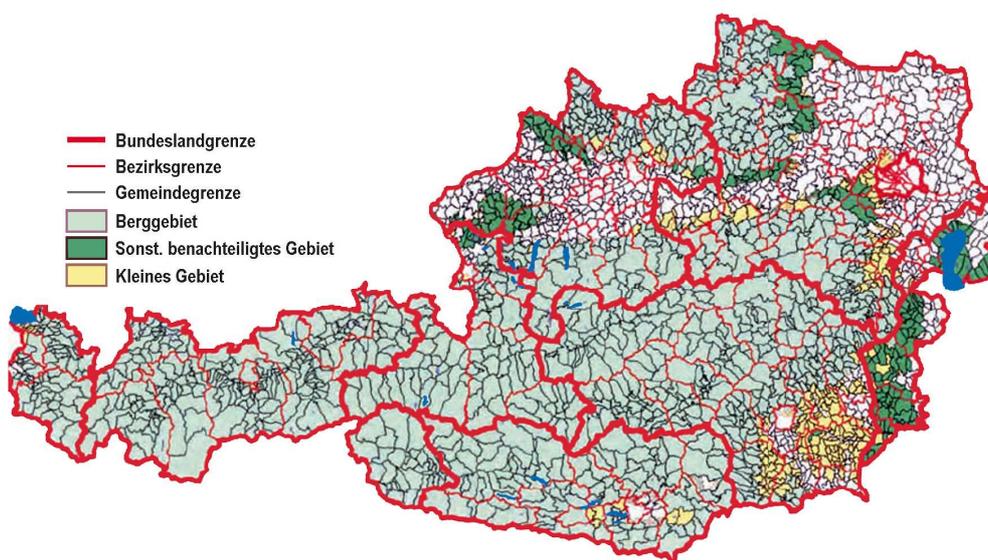


Abbildung 13: Benachteiligte landwirtschaftliche Gebiete in Österreich
(aus: GRÜNER BERICHT 2008, S. 85; weiter bearbeitet von O. Astner)

Der Förderungsbetrag der Ausgleichszulage hängt von der ausgleichszulagefähigen Fläche, von der Anzahl der BHK-Punkte des jeweiligen Betriebes, von der beantragten Kulturgruppe und vom Betriebstyp ab. Zudem gibt es eine Deckelung von 250,- Euro/ha bei einem Betrieb in einem Berggebiet und 150 Euro/ha in den übrigen Benachteiligten Gebieten, außer der bundesweite Durchschnittsbetrag pro ha aller AZ-Zahlungen überschreitet diese Obergrenzen nicht. Bis zum 60. ha der ausgleichszulagefähigen Fläche werden 100 % der AZ ausbezahlt, über dem 60. ha kommt es zu prozentuellen Kürzungen (Modulation). Über dem 100. ha liegt der anrechenbare Prozentsatz bei 0 %. Für milchkuhhaltende Betriebe kann als Zuschlag zur AZ ein weiterer „Flächenbetrag 3“, der vom Ausmaß der Futterfläche, von der Entfernung zwischen Betriebsstandort und Milchsammelstelle und von der Anzahl der BHK-Punkte des Betriebes abhängig ist, gewährt werden. Dabei werden maximal 14,53 Euro pro ha AZ-fähige Futterfläche ausbezahlt.

Die Finanzierung der „Flächenbeträge 1 und 2“ (Tabelle 5) erfolgt durch EU, Bund und Land, während der „Flächenbetrag 3“ ausschließlich aus Landesmitteln gewährt wird.

Betriebstyp	erhält	FB 1 in Euro	FB 2 in Euro
RGVE-haltender Betrieb bis 6 ha GF	je ha FF	$((8,70 \times \text{Anzahl BHKP}) + 180)/6$	$(0,38 \times \text{Anzahl BHKP}) + 90$
	je ha SF	$((2,15 \times \text{Anzahl BHKP}) + 45)/6$	$(0,28 \times \text{Anzahl BHKP}) + 70$
RGVE-haltender Betrieb über 6 ha GF	je ha FF	$((8,70 \times \text{Anzahl BHKP}) + 180)/GF$	$(0,38 \times \text{Anzahl BHKP}) + 90$
	je ha SF	$((2,15 \times \text{Anzahl BHKP}) + 45)/GF$	$(0,28 \times \text{Anzahl BHKP}) + 70$
RGVE-loser Betrieb bis 6 ha GF	je ha FF oder SF	$((2,15 \times \text{Anzahl BHKP}) + 45)/6$	$(0,28 \times \text{Anzahl BHKP}) + 70$
RGVE-loser Betrieb über 6 ha GF	je ha FF oder SF	$(45 + (2,15 \times \text{Anzahl BHKP}))/GF$	$(0,28 \times \text{Anzahl BHKP}) + 70$

Tabelle 5: Ausmaß der Ausgleichszulage

Anmerkungen: FB 1 Flächenbetrag 1 im Ausmaß des Verhältnisses der LN im Benachteiligten Gebiet zur gesamten LN

FB 2 Flächenbetrag 2 für ausgleichszulagefähige Flächen im Benachteiligten Gebiet

FF AZ-fähige Futterfläche im Benachteiligten Gebiet

GF gesamte ausgleichszulagefähige Fläche (FF + SF)

SF AZ-fähige Sonstige Fläche im Benachteiligten Gebiet

BHKP Berghöfekataster-Punkte des Betriebes

RGVE Rauhfuttermittelverzehrende Großvieheinheiten

Im Jahr 2007 haben in Österreich insgesamt 98.647 landwirtschaftliche Betriebe um eine Ausgleichszulage angesucht und in Summe wurden an diese Betriebe 273.252 Mio. Euro ausbezahlt.

Da die Berghöfekatasterpunkte ein wichtiger Faktor in der Berechnung der Ausgleichszulage darstellen, wird ein Laserscanning DGM, das in ein paar Jahren flächendeckend für ganz Österreich vorhanden sein wird, auch bei der Bemessung der Höhe der AZ eine noch genauere Datenbasis schaffen und eine gerechtere Zuteilung der Fördermittel ermöglichen.

	B	K	NÖ	OÖ	S	ST	T	V
Anzahl Betriebe	3.725	11.467	18.834	16.944	7.406	24.878	12.143	3.250
Zahlungen (in Mio. €)	3.911	36.575	51.500	41.241	28.104	53.029	46.801	12.091

Tabelle 6: Ausgleichszulage nach Bundesländern gruppiert (aus: GRÜNER BERICHT 2008, S. 248)

3.4. Mahd von Steiflächen

Die Mahd von Steiflächen ist in der Sonderrichtlinie des Bundesministeriums für Land- und Forstwirtschaft, Umwelt und Wasserwirtschaft (BMLFUW) für das Österreichische Programm zur Förderung einer umweltgerechten, extensiven und den natürlichen Lebensraum schützenden Landwirtschaft (BMLFUW-LE.1.1.8/0073-II/8/2007) geregelt.

Die Offenhaltung der Kulturlandschaft, die Erhaltung steiler Grünlandflächen für die Bewirtschaftung und die Gewährleistung pflanzlicher und tierischer Biodiversität durch ein jährliches Mähen werden als Ziele deklariert. Eine Mindestfläche von 0,3 ha im ersten Jahr der Verpflichtungszeit, das mindestens einmalige Mähen in einem Jahr mit der Abfuhr des Mähgutes, ein maximaler GVE-Besatz von 2,0/ha LN und die Einhaltung von frühesten Mähterminen in den jeweiligen Hangneigungsstufen sind u. a. Förderungsvoraussetzungen. Die Hangneigungsstufen sind den letzten drei Stufen der Hangneigungsklassen des Berghöfekatasters angelehnt.

Kulturart	Hangneigungsstufen	Euro/ha
Grünlandfläche	Hangneigungsstufe 1: größer gleich 25 % bis kleiner 35 %	105,-
	Hangneigungsstufe 2: größer gleich 35 % bis kleiner 50 %	230,-
	Hangneigungsstufe 3: größer gleich 50 %	370,-

Tabelle 7: Höhe der Förderung für die Mahd von Steiflächen

Im Jahr 2007 haben bei der ÖPUL-Maßnahme „Mahd von Steiflächen“ 48.589 Betriebe teilgenommen, die eine Fläche von 177.045 ha angaben und an denen 31,40 Mio. Euro schlussendlich ausbezahlt wurden (GRÜNER BERICHT, S. 249 f.). Insgesamt wurden auf der Grundlage des Österreichischen Umweltprogrammes im Jahre 2007 für die 29 Maßnahmen 521 Mio. Euro aufgewandt. Damit kommt der Steiflächenmahd an der gesamten ÖPUL-Förderung in Österreich ein Anteil von 6 % zu.

Nach der obgenannten Sonderrichtlinie ist der Landwirt verpflichtet, die einbezogenen Flächen für mindestens fünf oder sechs Jahren (je nach Programm) nach den Vorgaben der Richtlinie zu bewirtschaften.

Bei der Steiflächenmahd kann wie bei der Ausgleichszulage angeführt werden, dass die genauen Laserscanning-Daten eine präzise Feststellung der Hangneigungen in Anlehnung an den Berghöfekataster ermöglichen werden und die Förderung insgesamt an Objektivität gewinnt.

3.5. Steiflächenförderung des Landes Tirol

Landwirtschaftliche Betriebe, die eine selbstbewirtschaftete Gesamtfläche von unter 2 ha aufweisen, können nicht am Österreichischen Programm zur Förderung einer umweltgerechten, extensiven und den natürlichen Lebensraum schützenden Landwirtschaft teilnehmen. Das Land Tirol hat daher für diese Betriebe, die Steiflächen bewirtschaften, eine Förderung bereitgestellt. In den Richtlinien des Amtes der Tiroler Landesregierung vom 4. April 2000 (Zl. IIIb2-ZV-129/193), zur Förderung der Bewirtschaftung von Steiflächen in der Landwirtschaft, ist der § 5 Gegenstand der Art und Höhe der Förderung:

- Für bewirtschaftete Steiflächen zwischen 25 % und 50 % werden S 3.000 (Euro 218,-) pro ha und
- für bewirtschaftete Steiflächen über 50 % S 4.000 (Euro 291,-) pro ha ausbezahlt.
- Der Förderungsbetrag muss mindestens S 1.500 (Euro 109,-) betragen, damit die Förderung gewährt werden kann.

Im Jahr 2007 wurden für diese Förderung an 150 Betriebe, die 146 ha bewirtschaftete Steiflächen angaben, Euro 36.711,- ausbezahlt. Die Fördersumme ist seit dem Jahr 2000 (Euro 73.228,-) laufend rückläufig, weil kleine Betriebe vermehrt durch Zupachtung die Mindestfläche von 2 ha erreichen bzw. überschreiten und somit am ÖPUL-Programm teilnehmen (BERICHT ÜBER DIE LAGE DER TIROLER LAND- UND FORSTWIRTSCHAFT 2006/2007, S. 77).

Auch hier wird ein Laserscanning-DGM eine genauere Zuteilung der Flächen zu den beiden Hangneigungsstufen gewährleisten.

4. Agrartechnik

4.1. Grundzusammenlegung

4.1.1. Rechtliche Grundlagen

Zusammenlegungen sind ein wesentlicher Bestandteil der Bodenreform. Auf der Gesetzebene fällt dem Bund die Grundsatzgesetzgebung zu, den Bundesländern die Ausführungsgesetzgebung und die Vollziehung. Für Tirol gilt das Tiroler Flurverfassungslandesgesetz 1996 (LANG 1989, S. 13 ff.).

Nach § 1 des Tiroler Flurverfassungslandesgesetzes 1996 (TFLG 1996) sind die Ziele und Aufgaben eines Zusammenlegungsverfahrens in der Schaffung und Erhaltung einer leistungsfähigen und umweltverträglichen Landwirtschaft zu sehen, indem die Besitz-, Benützung- und Bewirtschaftungsverhältnisse durch Neueinteilung und Erschließung des land- und forstwirtschaftlichen Grundbesitzes verbessert oder neu geordnet werden. Beinhaltet ist damit auch die Neuordnung der rechtlichen und wirtschaftlichen Grundlagen der land- und forstwirtschaftlichen Betriebe. Die Agrarstrukturverbesserung ist nach zeitgemäßen, betriebs- und volkswirtschaftlichen sowie ökologischen Gesichtspunkten durchzuführen. Als Mängel, die es zu beheben gilt, werden vor allem zersplitterter Grundbesitz, ideell oder materiell geteiltes Eigentum, eingeschlossene Grundstücke, ungünstige Ausformungen von Grundstücken, unwirtschaftliche Betriebsgrößen, beengte Lage der Hofstelle, unzureichende Verkehrserschließung, ungünstige Geländeformen, u.a. angeführt.

Ein Zusammenlegungsverfahren ist nach der Anhörung der Landeslandwirtschaftskammer von Amts wegen mittels Verordnung einzuleiten, wobei das Zusammenlegungsgebiet durch die Begrenzung oder durch die eingeschlossenen Grundstücke definiert wird (§ 3, TFLG 1996).

Eine Zusammenlegungsgemeinschaft, die mit einer Verordnung begründet wird und eine Körperschaft des öffentlichen Rechtes darstellt, wird durch die Eigentümer jener Grundstücke, die im Zusammenlegungsverfahren miteinbezogen werden, gebildet. Als Organe dieser Zusammenlegungsgemeinschaft treten der Ausschuss und der Obmann auf (§ 7, § 8 u. § 9, TFLG 1996).

Das Eigentum und sonstige Rechtsverhältnisse an den Grundstücken werden von der Agrarbehörde erhoben, mit den Parteien überprüft und als Ergebnis in einem Besitzstandsausweis in der Form eines Bescheides erlassen. Weiters werden in einem Verfahren die Grundstücke, unabhängig ihrer Zugehörigkeit zu einem land- oder forstwirtschaftlichen Betrieb und unabhängig der Person des jeweiligen Besitzes

bewertet. Die Ergebnisse der Bewertung werden in einem Bewertungsplan festgelegt, der als Bescheid zu erlassen ist. Wertänderungen bei Grundstücken durch Elementarereignisse oder durch Änderungen in der Flächenwidmung, die nach der Bewertung und noch vor der vorläufigen Übernahme der Abfindungsgrundstücke stattfinden, führen zu einer Neubewertung dieser Grundstücke (§ 12, § 13, § 14 u. § 15, TFLG 1996).

Nach der Rechtskraft des Bewertungsplanes beginnt die Neuordnung mit der Neueinteilung der Feldflur. Dabei sind die erforderlichen bodenverbessernden Maßnahmen wie z.B. Kultivierungen und Erdarbeiten durchzuführen und Anlagen wie u.a. Wege zu errichten, um die Abfindungsgrundstücke zweckmäßig bewirtschaften und erschließen zu können (§ 16 u. § 17, TFLG 1996).

Bei der Abfindung hat jede Partei darauf Anspruch, dass ihre Grundstücke, wie sie in das Verfahren eingebracht wurden, mit Grundstücken möglichst der gleichen Beschaffenheit abgefunden werden. Alle Abfindungen einer Partei müssen bei einer ordnungsgemäßen Bewirtschaftung, wobei die Art und Einrichtung eines Betriebes dabei nicht wesentlich zu ändern ist, den gleichen oder größeren Betriebserfolg ermöglichen, wie zuvor mit den Grundstücken, die in das Verfahren miteinbezogen wurden. Bei der Abfindung ist auch Bedacht zu nehmen, dass die Grundstücke eine günstige Form und Größe für die Bewirtschaftung aufweisen und eine ausreichende Erschließung gegeben ist. Der Anspruch einer Abfindung kann auch in Geld abgelöst werden, wenn die Partei zustimmt (§ 20, TFLG 1996).

Nach der Vermessung der neuen Einteilung der Grundstücke wird mit Bescheid der Zusammenlegungsplan erlassen, der aus der

- Haupturkunde mit der Darstellung des Verfahrensganges und den neuen rechtlichen Verhältnissen
- der Abfindungsberechnung und der
- Zusammenstellung der neuen Grundstücke in einem Abfindungsausweis besteht (LANG 1989, S. 82).

Nachdem der Zusammenlegungsplan in Rechtskraft erwachsen ist, obliegt es der Agrarbehörde, - sofern dies nicht schon geschehen ist -, alle gemeinsamen Maßnahmen mit der Errichtung der gemeinsamen Anlagen durchzuführen, die Grundabfindungen zu übernehmen, Geldabfindungen und die endgültige Kostentragung anzuordnen und alle Arbeiten im Zuge des Verfahrens, zu denen auch eine Vermessung und Vermarkung

gehören, abzuschließen. Die Agrarbehörde ordnet auch die Richtigstellung des Grundbuches und des Katasters an und beschließt das Zusammenlegungsverfahren mit einer Verordnung (§ 28 u. § 29, TFLG 1996).

Unterschied von Zusammenlegung und Flurbereinigung:

Bei einem kleineren Gebiet, bei einer kleineren Anzahl von land- und forstwirtschaftlichen Betrieben oder zur Durchführung von einzelnen Maßnahmen, sei es auf Grund anderer gesetzlicher Vorschriften der Bodenreform oder im öffentlichen Interesse, kann anstelle eines Zusammenlegungsverfahrens ein Flurbereinigungsverfahren durchgeführt werden. Nachstehende Vereinfachungen gegenüber einem Zusammenlegungsverfahren sind u.a. anzuführen:

- Eine Flurbereinigung wird mit Bescheid eingeleitet und abgeschlossen.
- Die Flurbereinigungsgemeinschaft, die anstelle der Zusammenlegungsgemeinschaft tritt, wird mit Bescheid gegründet und aufgelöst.
- Die Vollversammlung übernimmt die Aufgaben des Ausschusses, der nicht zu wählen ist.
- Besitzstands- und Bewertungsplan können gemeinsam mit dem Flurbereinigungsplan, mit dem die Flurbereinigung abschließt, erlassen werden.

Der Funktion eines Flurbereinigungsverfahrens entsprechen auch Parteienübereinkommen, die von der Agrarbehörde in einer Niederschrift beurkundet oder Verträge, die von den Parteien in einer verbücherungsfähigen Form abgeschlossen wurden (LANG 1989, S. 118 ff.).

4.1.2. Technische Maßnahmen

Mit einer Zusammenlegung sind auch stets Maßnahmen im technischen Bereich verbunden, die die Bewirtschaftung des landwirtschaftlichen Grund und Bodens verbessern bzw. erleichtern. Erschließungsanlagen wie Wege und Brücken, Anlagen zur Regelung des Bodenwasserhaushaltes wie Be- und Entwässerungen, Anlagen zum Schutz des Bodens vor Abtragung wie Windgürtel und Aufforstungen und Kultivierungsmaßnahmen wie der Ausgleich von Unebenheiten und das Entfernen von Steinen gehören zu diesen Maßnahmen (HENSLER 1977, S. 72 f.).



Abbildung 14: Die Fahlenbachbrücke wurde im Zusammenlegungsverfahren Weißenbach (Bezirk Reutte) errichtet

In den ersten Jahrzehnten nach dem 2. Weltkrieg kam es durch großflächige Kultivierungsmaßnahmen (Schubraupen) zu starken Eingriffen in das Landschaftsbild. Zahlreiche wertvolle Landschaftselemente wie Raine, Terrassen, Murkegel, krumme Wege, u.a. gingen dabei verloren, weil man den Standpunkt bezog, - den man aus dem zeitlichen Zusammenhang heraus verstehen muss -, dass für eine maschinelle Landbewirtschaftung möglichst hindernisfreie Flächen nötig sind. Mit dem Aufkommen des Naturschutzes hat sich bei den technischen Maßnahmen auch eine Hinwendung zu einer ökologischen Baubegleitung vollzogen. Im TFLG 1996 wird im § 17, der die „Gemeinsamen Maßnahmen und Anlagen“ zum Gegenstand hat, hingewiesen, dass zum Ausgleich von nachteiligen Auswirkungen auf die Umwelt naturnahe Strukturelemente (Heckenstreifen, Feldraine, Retentionsflächen, etc.) anzulegen sind. Der § 17a legt genau fest, nach welchen Bestimmungen bzw. Modalitäten eine Umweltverträglichkeitsprüfung durchzuführen ist.

Zusammenlegungsverfahren haben sich auch zu einem wertvollen Raumordnungsinstrument bei der Gestaltung des ländlichen Raumes entwickelt. Die Zurverfügungstellung von Flächen für die Errichtung von kommunalen Anlagen (z.B. Kläranlagen, Recyclinghöfe, Sportplätze) sind ein wichtiger Teilaspekt heutiger Verfahren im Bereich der Zusammenlegung. Auch die Neugestaltung des Ortsbildes durch Auflösung von materiell geteiltem Eigentum an Wohn- und Wirtschaftsgebäuden oder die Aussiedlung von Hofstellen aus beengten Ortslagen sind ein wichtiges Anliegen einer modernen Zusammenlegung (KRONSTEINER 1983, S. 31).

Dass die Dorferneuerung bei der Abteilung Bodenordnung (beim Amt der Tiroler Landesregierung), die die Zusammenlegungsverfahren und Flurbereinigungsverfahren technisch begleitet, angesiedelt ist, ist Ausdruck dieses engen Zusammenhanges.

4.1.3. Zusammenlegung „Thaur“

Die Grundzusammenlegung „Thaur“ wurde im Jahre 2007 eingeleitet. Das Zusammenlegungsgebiet (Z-Gebiet) erstreckt sich südlich der Ortschaft Thaur über eine Fläche von rd. 224 ha mit 1.094 Grundstücken und 207 Grundeigentümern. Auf einem überwiegenden Teil der landwirtschaftlichen Nutzflächen wird Gemüse angebaut. Die Grundstücke sind teilweise nicht optimal mit Wirtschaftswegen erschlossen und auch die Bewässerungsanlagen, die für den Gemüseanbau erforderlich sind, bedürfen einer Neustrukturierung.

Das Hauptziel dieses Zusammenlegungsprojektes ist es, die zersplitterten Besitzstrukturen neu zu ordnen, um eine effizientere und auch umweltverträglichere Bewirtschaftung der Böden zu gewährleisten. Damit bei der Neuverteilung der Grundstücke ein gerechter Ausgleich geschaffen werden kann, wurde das gesamte Gebiet aufgenommen und in verschiedene Werteklassen unterteilt. Für die Bewertung der Böden wird die Finanzbodenschätzung als Erstinformation herangezogen, Bodenproben werden an Ort und Stelle genommen und Mustergründe mit Profilstellen ausgewiesen. Zudem wird im Gelände als auch mit Hilfe digitaler Bilddaten und digitaler Geländemodelle das Relief kleinräumig erfasst. Durch die Verfügbarkeit des 1-Meter-Laserscanning-DGM können Geländeanalysen, die früher mit viel Aufwand in der Natur durchgeführt werden mussten, nunmehr automatisiert am Computer genau und objektiv berechnet werden. Die EDV-unterstützten Geländeanalysen können für jedes Grundstück statistische Kennzahlen wie Minimum, Maximum, arithmetischer Mittelwert, u.a. ausgeben oder auch anteilige Flächen der jeweiligen Grundstücke in differenzierten Klassen berechnen.

Klima und Relief, die sich gegenseitig stark beeinflussen, haben einen wesentlichen Einfluss auf die Bewirtschaftung und den Ertrag der landwirtschaftlichen Böden. Mit zunehmender Höhe nimmt die Temperatur für gewöhnlich ab, im Frühjahr kommt es zu einem Hinausschieben des Wachstumsbeginns und dann in höheren Lagen zu einem schnellen Wachstumsschub. Über das ganze Jahr hin gesehen, tritt mit zunehmender Höhe, eine Verkürzung der Vegetationsperiode ein. Im gemäßigten Klima beginnt ein spürbares Wachsen der Grünlandpflanzen bei etwa 5° C und ein ergiebiger Wuchs tritt erst um die 10° C ein (KLAPP 1971, S. 52).

Bei der Zusammenlegung Thaur kommt der Höhenaspekt auf Grund der geringen Höhendifferenz (Tabelle 8) des Zusammenlegungsgebietes nicht merklich zum Tragen, bei anderen Verfahren der Bodenreform aber sehr wohl.

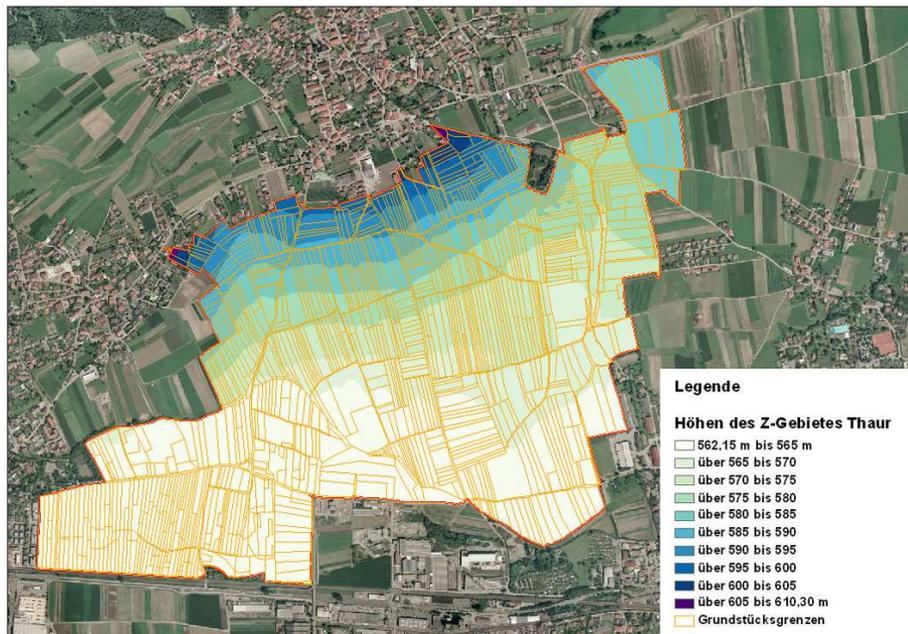


Abbildung 15: Höhenverhältnisse im Z-Gebiet Thaur mit den Grundstücksgrenzen der DKM auf der Grundlage eines 1-Meter-Laserscanning-DGM (Bearbeiter: O. Astner)

Statistische Kenndaten der Höhe	10-Meter-BEV-DGM	1-Meter-Laserscanning-DGM
Minimale Höhe	560,90 m	562,15 m
Maximale Höhe	609,40 m	610,30 m
Spannweite	48,55 m	48,15 m
Mittelwert	571,95 m	572,40 m
Standardabweichung	10,14	10,17

Tabelle 8: Vergleich zwischen 10-Meter-BEV-DGM und 1-Meter-Laserscanning-DGM bei den Höhenkenndaten des Z-Gebietes Thaur (Bearbeiter: O. Astner)

Die Neigung hat Einfluss auf die Bearbeitung der landwirtschaftlichen Nutzflächen (Maschinenbefahrbarkeit, siehe Pkt. 4.4.), der Arbeitsbedarf wächst mit zunehmender Steigung. Stärkere Neigungen wirken sich auch auf die Mächtigkeit eines Bodens aus. Flachgründige steile Hangbereiche mit geringerem Ertrag durch Erosion abgetragen, werden mit einem tiefgründigen Hangfuß und daher besseren Wuchsbedingungen abgeschlossen. Das Ausmaß des Bodenabtrages hängt von der Hangneigung, der Hanglänge, der Vegetationsdecke, vom Schluff- und Tongehalt des Bodens und von der Häufigkeit des Auftretens von Starkregen, u.a. ab (RIEDER 1983, S. 34).

Die beiden Abbildungen 16 u. 17 zeigen, dass das 1-Meter-Laserscanning-DGM den Formenreichtum des Z-Gebietes um vieles detaillierter darstellen kann. Wegböschungen, kleine Unebenheiten im Gelände, aber auch durch Menschenhand getätigte kleine Aufschüttungen werden vom 1-Meter-Laserscanning-DGM ausgewiesen, während beim 10-Meter-DGM dieser Formenreichtum verloren geht. Bei der hohen Auflösung des Laserscanning-DGM wird auch die Bandbreite der Neigungen nach oben

hin stark erweitert, weil lokale Erhebungen oder Versteilungen bei der engen Maschenweite des Neigungsrasters nunmehr berücksichtigt werden (Tabelle 9). Bei einem DGM mit einer hohen Auflösung, wird immer ein höherer Maximalwert der Neigung bei der Neigungsanalyse berechnet, als bei einem DGM mit einer niedrigeren Auflösung.

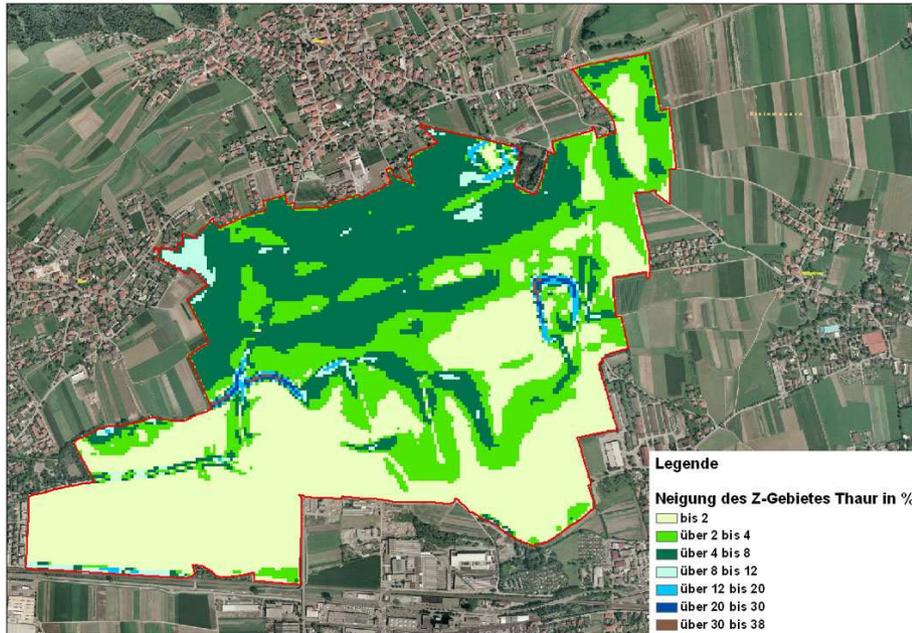


Abbildung 16: Neigungsverhältnisse im Z-Gebiet Thaur auf der Grundlage eines 10-Meter-DGM (Bearbeiter: O. Astner)

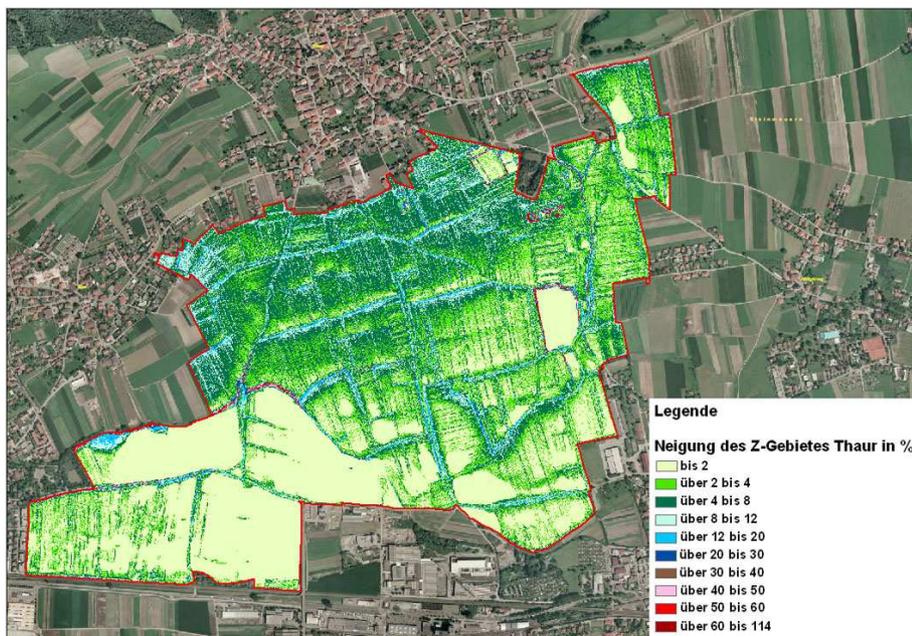


Abbildung 17: Neigungsverhältnisse im Z-Gebiet Thaur auf der Grundlage eines 1-Meter-Laserscanning-DGM (Bearbeiter: O. Astner)

Statistische Kenndaten der Neigungsverhältnisse	10-Meter-BEV-DGM	1-Meter-Laserscanning-DGM
Minimale Neigung	0 %	0 %
Maximale Neigung	38,2 %	113,9 %
Spannweite	38,2 %	113,9 %
Mittelwert	3,2 %	4,2 %
Standardabweichung	3,1	5,8

Tabelle 9: Vergleich zwischen 10-Meter-BEV-DGM und 1-Meter-Laserscanning-DGM bei den Neigungsverhältnissen des Z-Gebietes Thaur (Bearbeiter: O. Astner)

Im Zusammenhang mit der Exposition weisen Südhänge, wenn ausreichend Feuchtigkeit vorhanden ist, einen höheren Futterertrag auf als Nordhänge. Südhänge apern früher aus, da sie intensiver besonnt werden, die Vegetation zeigt im Allgemeinen eine größere Artenvielfalt und die Böden sind tendenziell basenreicher und mit einer besseren Struktur ausgestattet (KLAPP 1971, S. 61). Mit der Exposition stehen natürlich wieder mehrere Klima- und Relieffaktoren in engem Zusammenhang.

Auch hier gilt ähnliches wie bei der Neigung, dass die Laserscanning-Daten den Formenschatz des Geländes viel genauer erfassen können, was sich auch in der Flächenverteilung der Abdachungen des Z-Gebietes nach den Himmelsrichtungen augenscheinlich hervorhebt. Für die visuelle Darstellung ist aber die Expositionsanalyse mittels eines engmaschigen Laserscanning-DGM nur bedingt geeignet, weil keine klaren Strukturen hervortreten. Für die Darstellung scheint daher ein Resampling auf eine größere Maschenweite zweckmäßig.

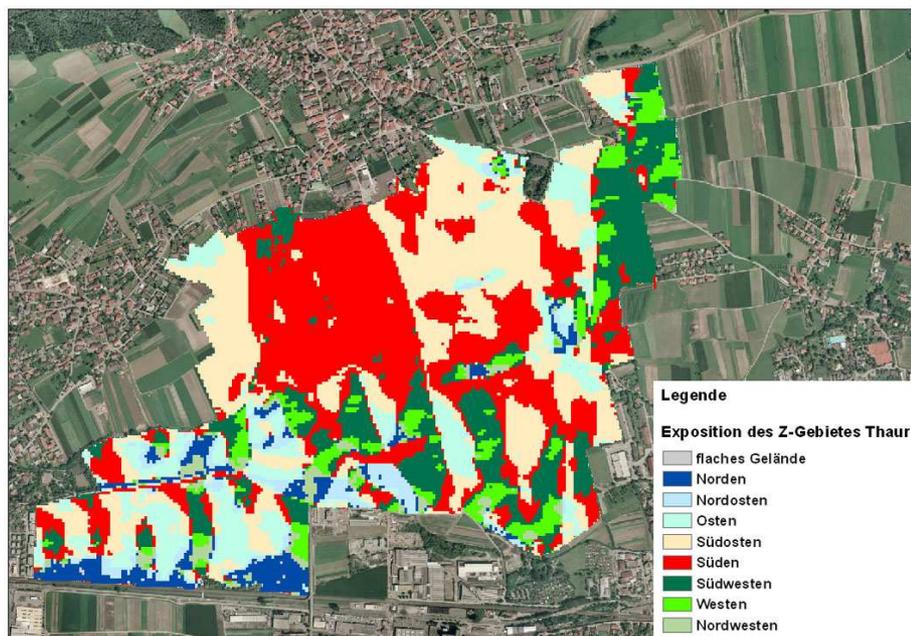


Abbildung 18: Exposition im Z-Gebiet Thaur auf der Grundlage eines 10-Meter-DGM (Bearbeiter: O. Astner)

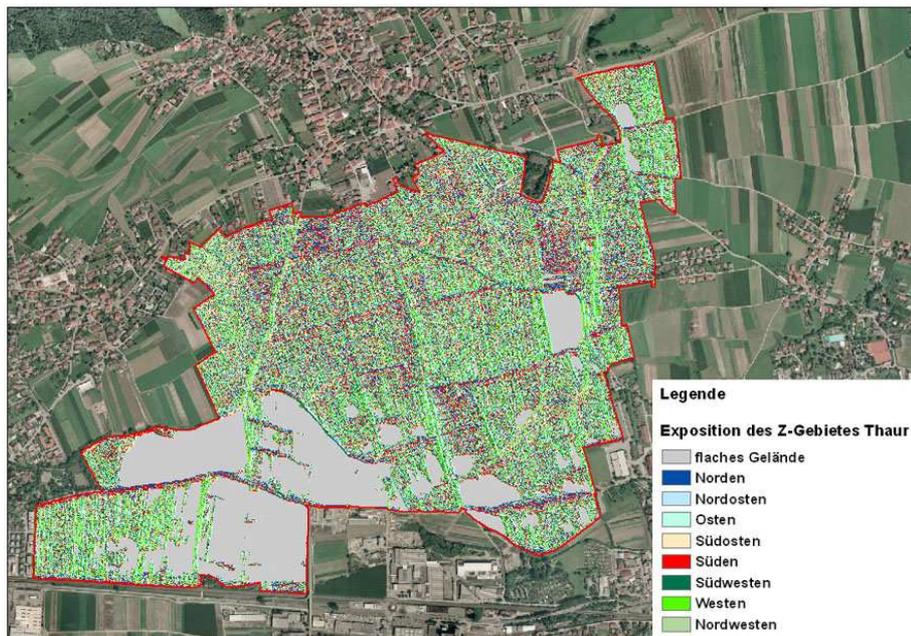


Abbildung 19: Exposition im Z-Gebiet Thaur auf der Grundlage eines 1-Meter-Laserscanning-DGM (Bearbeiter: O. Astner)

	Fläche 10-Meter- BEV-DGM (ha)	Fläche 10-Meter- BEV-DGM (%)	Fläche 1-Meter- Laserscanning- DGM (ha)	Fläche 1-Meter- Laserscanning- DGM (%)
Flaches Gelände	42,79	19,08	4,67	2,08
Norden	23,28	10,38	5,77	2,57
Nordosten	19,81	8,84	7,54	3,36
Osten	25,24	11,26	25,25	11,26
Südosten	22,32	9,95	60,53	27,00
Süden	24,58	10,96	68,65	30,62
Südwesten	20,26	9,04	32,62	14,55
Westen	24,79	11,06	13,81	6,16
Nordwesten	21,15	9,43	5,38	2,40

Tabelle 10: Vergleich zwischen 10-Meter-BEV-DGM und 1-Meter-Laserscanning-DGM bei der Exposition des Z-Gebietes Thaur (Bearbeiter: O. Astner)

Die Geländekrümmung (Curvature), als Maß für die Abweichung von der Ebene, hat im Zusammenspiel mit anderen Klima- und Relieffaktoren ebenso einen spürbaren Einfluss auf den Ertrag und die Bewirtschaftung der landwirtschaftlichen Betriebsflächen. Wasserhaushalt, Abflussverhalten, Frostanfälligkeit, Trockenschäden, Vernässung sind nur einige Elemente, die von den Wölbungserscheinungen des Geländes mitbestimmt werden. Nach KLAPP (1971, S. 60) wirken sich Hohlformen eher günstiger auf den Pflanzenwuchs aus.

Auch in den beiden nachfolgenden Abbildungen (20 und 21) ist ersichtlich, dass das Laserscanning-DGM die Strukturvielfalt viel detaillierter erfassen kann, während das 10-Meter-DGM vom BEV den weitaus größten Teil des Z-Gebietes mit keiner

Krümmung ausweist (Tabelle 11). Das Laserscanning-DGM geht so weit ins Detail, dass die Krümmung des Geländes bei oberflächlicher Betrachtung vor Ort nicht in dem Ausmaß erkennbar wäre, wie es das Laserscanning-DGM zeigt. Zuletzt muss auch hier für den visuellen Betrachter ein Resampling des Laserscanning-DGM auf eine größere Maschenweite (5 Meter) angedacht werden, um Strukturen zu erkennen.

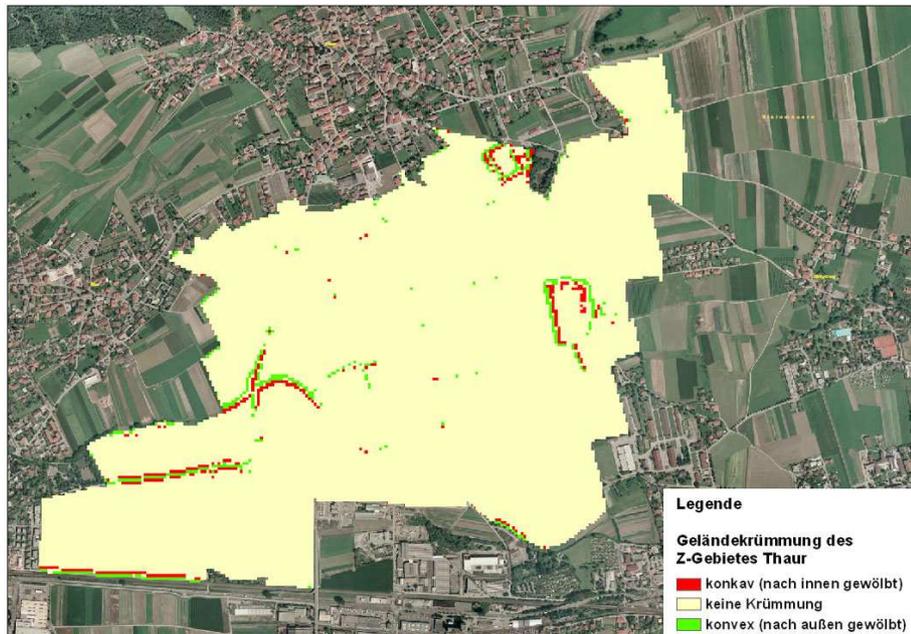


Abbildung 20: Geländekrümmung im Z-Gebiet Thaur auf der Grundlage eines 10-Meter-DGM (Bearbeiter: O. Astner)

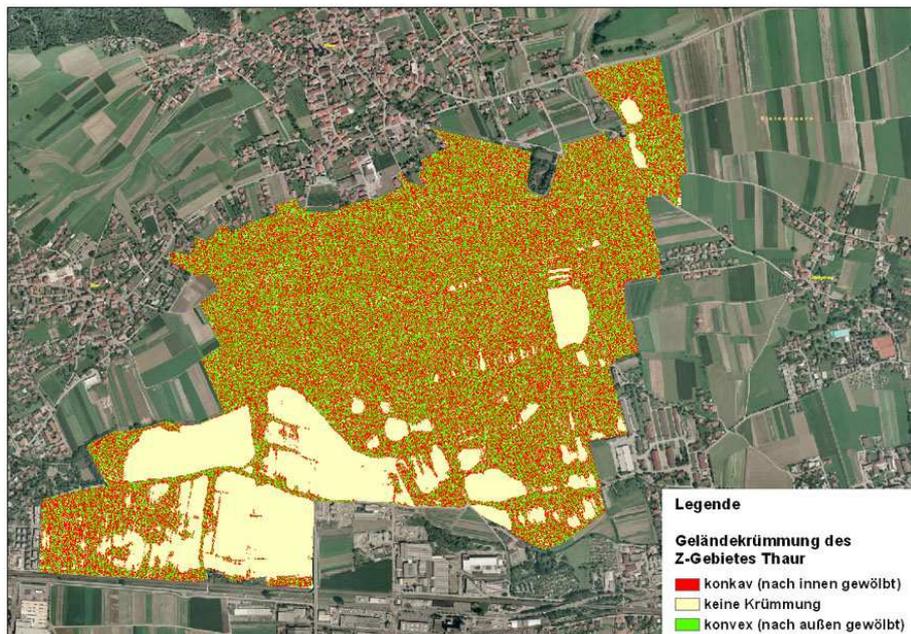


Abbildung 21: Geländekrümmung im Z-Gebiet Thaur auf der Grundlage eines 1-Meter-Laserscanning-DGM (Bearbeiter: O. Astner)

	Fläche 10-Meter- BEV-DGM (ha)	Fläche 10-Meter- BEV-DGM (%)	Fläche 1-Meter- Laserscanning- DGM (ha)	Fläche 1-Meter Laserscanning- DGM (%)
nach innen gewölbt (konkav)	3,41	1,52	84,61	37,74
nach außen gewölbt (konvex)	3,93	1,75	77,07	34,37
keine Krümmung	216,88	96,73	62,54	27,89

Tabelle 11: Vergleich zwischen 10-Meter-BEV-DGM und 1-Meter-Laserscanning-DGM bei der Geländekrümmung (Curvature) des Z-Gebietes Thaur (Bearbeiter: O. Astner)

In Z-Gebieten kann es vielfach nützlich sein, Informationen über die Abflussprozesse zu erhalten. Laserscanning-DGM schaffen genaue Grundlagen zur Ableitung von hydrologischen Kenngrößen wie z.B. Fließrichtungen, Abflussakkumulationen oder Gewässernetzen (FÜRST 2004, S. 197 ff.). Be- oder Entwässerungen, die Anlage von künstlichen Seen und überhaupt die Neueinteilung von Grundstücken kann von derartigen Analysen profitieren.

Eine grundlegende Voraussetzung für hydrologische Analysen stellt ein bereinigtes DGM dar, weil sich sonst keine wirklichkeitsnahen Aussagen über den Wasserhaushalt von zu untersuchenden Gebieten durchführen lassen. Eine Auffüllung von lokalen Senken (Fill sinks) muss als wichtiger Bearbeitungsschritt angesehen werden.

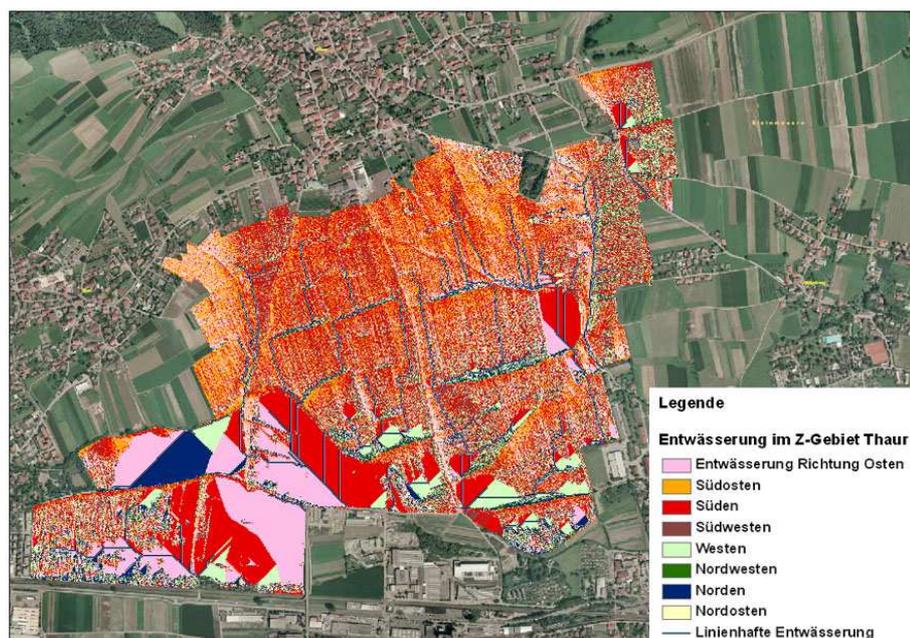


Abbildung 22: Entwässerung im Z-Gebiet Thaur auf der Grundlage eines 1-Meter-Laserscanning-DGM (Bearbeiter: O. Astner)

4.2. Wald-Weide-Trennung

Die Waldweide als uralte Nutzungsform in den Alpen hat nach wie vor eine nicht zu unterschätzende wirtschaftliche Bedeutung. Etwa 700.000 ha umfasst die Waldweide in Österreich und in Kombination mit den Eigenflächen weiden auf der gesamten Waldweidefläche etwa 100.000 GVE (BRUGGER u. WOHLFAHRTER 1982, S. 208).

Im östlichen Tirol, in Salzburg und im Salzkammergut sind die größten zusammenhängenden Wald-Weide-Komplexe, die in den rechtlichen, naturräumlichen und wirtschaftlichen Gegebenheiten sehr stark differieren, zu finden. Zumeist findet Waldweide auf fremdem Grund und Boden statt. Der weitaus größte Teil der belasteten Flächen steht im Eigentum der Republik Österreich (Österreichische Bundesforste).

Das Recht der Wald- und Weideservituten, die besser als Einforstungsrechte zu bezeichnen sind, wird in Österreich in den Wald- und Weideservitutengesetzen geregelt. In Tirol gilt das Wald- und Weideservitutengesetz 1952 (WWSG) vom 17. März 1952, zuletzt geändert im Jahre 2007, über die Behandlung von Wald- und Weidenutzungsrechten sowie besonderer Felddienstbarkeiten. Im § 1 des WWSG werden die Nutzungsrechte angeführt, die vom Gesetz betroffen sind: Das Recht in oder aus einem fremden Wald Holz oder sonstige Forstprodukte zu beziehen, das Recht der Weide auf fremdem Grund und Boden und andere Felddienstbarkeiten im Wald ohne den Wegerechten. Nutzungsrechte können nach dem WWSG (§ 2) nicht ersessen werden und durch Nichtausübung kann auch keine Verjährung eintreten. Die Nutzungsrechte können nach den Bestimmungen dieses Gesetzes gesichert, geregelt oder abgelöst werden. Bei der Trennung von Wald und Weide (WWSG, § 16) bzw. bei der Regulierung von Weiderechten ist die Ausübung der Weide möglichst auf vorhandene oder im Zuge einer Rodung anzulegende Reinweideflächen festzulegen und die verbleibenden Waldflächen von der Weide frei zu halten.

Der Gegensatz zwischen Forstwirtschaft und Weidewirtschaft besteht schon seit Jahrhunderten und dazu kommt auch noch die Wald-Wild-Problematik. Bei den meisten Servitutenneuregulierungsverfahren hat sich immer wieder gezeigt, dass der Erfolg einer Neuordnung von Wald und Weide vor allem davon abhängt, ob die belastete Liegenschaft ausreichend Reinweideflächen anbieten kann (LANG 1991, S. 93). Vielfach wird zur Lösung des Problems „Wald-Weide“ auch auf eine Kombination mit anderen Möglichkeiten, die das WWSG bietet, zurückgegriffen. Diese Kombination kann darin bestehen, dass neben der Schaffung von reinen Weiden, ein Teil der Weiderechte mit Geld abgelöst und womöglich ein Teil in Holzbezugsrechte umgewandelt wird (LANG 1991, S. 94). Die Ablösung von Nutzungsrechten in Grund

und Boden, wie es das WWSG (§ 18) vorsieht, kommt nur äußerst selten vor, weil die Belasteten und Berechtigten zumeist keine Einigung erzielen können. Eine zwangsweise Ablöse in Grund und Boden gegen den Willen der Beteiligten am Einforstungsverhältnis wird nach § 18 Abs. 2 als unzulässig angesehen (LANG 1991, S. 109).

Die Forstwirtschaft ist bemüht die Weidebelastung der Wälder zu verringern oder überhaupt die Waldweide in den Wäldern wegen der Vertritt- und Verbisschäden zu eliminieren. Die Weidberechtigten führen ihre althergebrachten Weidrechte (Servitutenregulierungsurkunden) ins Treffen und beharren auf den nötigen Futterertrag für ihre eingeforsteten Tiere. Die Bedeutung der Waldweide wird auch dadurch festgeschrieben, dass bei der Futterflächenerfassung auf den Almen die Waldweide in einer Prozentgewichtung mit dem Kriterium der „Überschirmung“ erfasst wird. Unter dem Begriff „Überschirmung“ wird dabei jener Prozentsatz der Fläche bezeichnet, die von den Baumkronen auf den Boden projiziert wird.

Überschirmung in %	Futterfläche in %
0 - 20	100
über 20 bis 50	70
über 50 bis 80	30
über 80 bis 100	0

*Tabelle 12: Prozentsätze an Futterflächen nach Überschirmungsgraden
(aus: Leitfaden der AMA 2000, S. 2)*

Als Futterfläche gelten alle Flächen, die der Rinder-, Schaf- und/oder Ziegenhaltung dienen und mit Gräsern, Kräutern und Leguminosen bewachsen sind. Unproduktive Flächen (Geröll-, Fels-, Schuttflächen, etc.), Flächen, zu denen die Weidetiere keinen Zugang haben, verbaute Flächen wie Straßen, Wege und Gebäude sowie Bäche, Teiche und Gewässer, u.a. werden nicht als Futterflächen anerkannt (Leitfaden der AMA 2000, S. 1).

Der Großteil der Land- und Forstwirte sind sich einig, dass die Waldweide keine optimale Bewirtschaftungsform für den Wald darstellt und gleichzeitig auch für die Weidewirtschaft nicht den optimalen Nutzen bringt. Bestrebungen Wald und Weide zu trennen, bestehen schon sehr lange und es gibt auch genügend Beispiele, wo eine Trennung zum Vorteil des Belasteten als auch des Berechtigten führte. Zu den Vorteilen einer Wald-Weid-Trennung für den Berechtigten gehören (LEGNER 2002, S. 3 f.):

- Eine Reinweide mit einer qualitativen und quantitativen Steigerung der Futterqualität (Düngung) verbessert die Leistungsfähigkeit der Tiere.

- Arrondierte und eingezäunte Flächen führen zu einem verminderten Arbeitsaufwand bei der Behirtung und damit ist die Einsparung von Almpersonalkosten möglich.
- In einem Servitutenneuregulierungsverfahren kann die Obergrenze von Gräsern aufgehoben, die Lehnviehaufnahme gestattet sowie die Modalitäten der Weide (z.B. Tag- und Nachtweide) ausgedehnt werden.
- Konzentrierte Flächen um die Almgebäude bedingen kürzere Triebwege und neugeschaffene Reinweideflächen bergen ein geringeres Unfallrisiko.
- Rechtssicherheit und keine langen Behördenverfahren bei der Sicherung der Weiderechte (Schonungslegung)
- In Folge der Neuordnung kommt es zumeist auch zu Investitionen, die sich positiv auf den Wirtschaftserfolg auswirken: Neubau von Gebäuden, Errichtung von Wirtschaftswegen, Verbesserung der Wasserversorgung, etc.

Vorteile einer Trennung für den Belasteten:

- Keine Vertritt- bzw. Verbisschäden durch Weidetiere
- Höherer Holzzuwachs und eine besser Holzqualität
- Keine Schonungslegung erforderlich (Zäunungskosten)

Eine Grundvoraussetzung für eine erfolgreiche Wald-Weide-Trennung stellt das Vorhandensein von optimalen Reinweideflächen (Größe und Qualität) dar. Dabei werden die in die Auswahl einbezogenen Flächen gründlich auf die Bodenverhältnisse, auf den Wasserhaushalt und auch auf Neigung und Exposition untersucht (LEGNER 2002, S. 7).

Die Hangneigung wirkt sich entscheidend auf die Nutzung durch unterschiedliche Tiergruppen aus. BRUGGER u. WOHLFAHRTER 1982, S. 19 geben für die wichtigsten Tiergruppen etwa nachstehende Neigungsobergrenzen der Weideareale an:

Kühe	bis 40%
trächtige Kalbinnen	bis 50 %
Jungrinder und Pferde	bis 60 %
Kälber	bis 70 %
Schafe und Ziegen	bis 80 %

Diese Neigungsgrenzen hängen aber auch von den Bodenverhältnissen und den Tiergewichten der einzelnen Rassen (z.B. leichte Jersey- oder schwere Fleckviehkühe) ab, so dass sich geringfügige Verschiebungen ergeben können.

Mit Hilfe digitaler Laserscanning-DGM kann ohne Begehung an Ort und Stelle abgeklärt werden, welche Flächen für die Schaffung von Reinweideflächen in Frage kommen. Mögliche Reinweideflächen für eine Kuhweide, die höchstens eine Neigung bis etwa 40 % aufweisen dürfen, können schon im Vorfeld ausgeschieden werden und eine zeitlich aufwändige Begehung der steileren Bereiche, die für eine Beweidung mit Kühen nicht geeignet sind, ist somit nicht mehr notwendig (Abbildung 23).

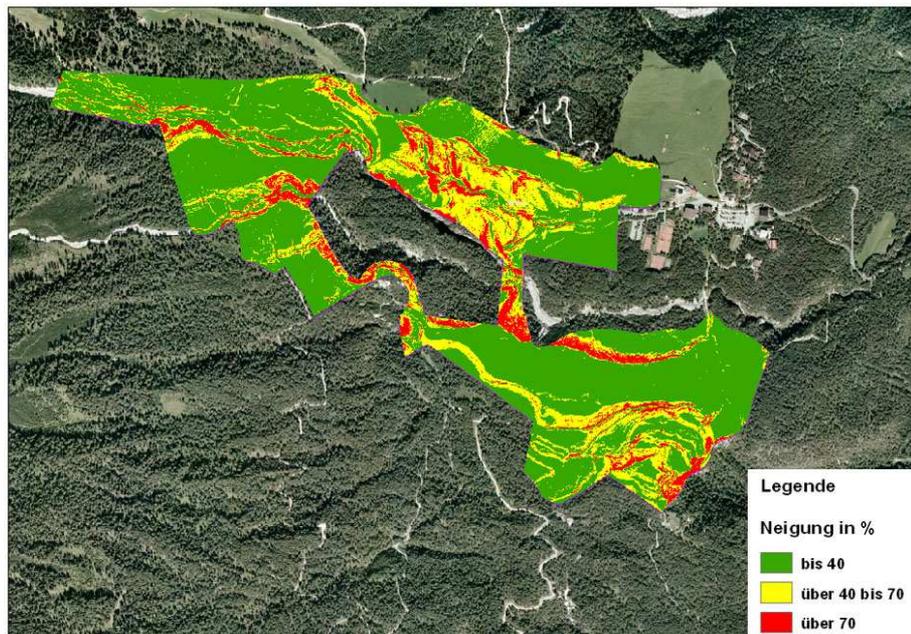


Abbildung 23: Neigungsanalyse potenzieller Reinweideflächen im oberen Inntal auf der Grundlage eines 1-Meter-Laserscanning-DGM (Bearbeiter: O. Astner)

Mittels eines GIS-Programmes können auch andere reliefbedingte Faktoren in Kombination (Kriterienkombination, McCOY et al. 2001-2004, S. 61 ff.) zur Auswahl von geeigneten Reinweideflächen herangezogen werden. So können verschiedene Distanzen von einem Almgebäude, unterschiedliche Neigungen, die Abdachungen zu den Himmelsrichtungen und die Einstrahlung der Sonne in einer Kriterienkombination untereinander gewichtet werden. Im konkreten Beispiel einer Wald-Weide-Trennung in der Gemeinde Brandenburg (Abbildung 24) wurden zuerst in ArcGIS drei Distanz-Raster (Euclidean Distance) in den drei Entfernungen von 500 m, 1.000 m und 1.500 m erstellt und mit Reclassify die drei Bereiche neu klassifiziert, wobei eine Abstufung von der Nähe (kürzere Triebwege mit weniger Leistungsverlust) zur Ferne (längere Triebwege mit mehr Leistungsverlust) erfolgte. Weiters wurde eine Neigungsanalyse mit den zwei Neigungsklassen „bis 40 %“ und „über 40 bis 70 %“ durchgeführt, wobei mit Reclassify der Neigungsanteil „bis 40 %“ besser bewertet wurde. Untersuchungen

haben gezeigt, dass der Weidetrug bei Nordost-, Nord- und Nordwestexposition vielfach wesentlich geringer ist (BRUGGER u. WOHLFAHRTER 1983, S. 17), so wurde auch die Exposition für alle Himmelsrichtungen berechnet und die Gunstlagen (Süd-, Ost- und Westabdachungen) mit Reclassify besser eingestuft. Zuletzt wurde die Sonneneinstrahlung für die Monate Mai, Juni, Juli, August und September, in den Monaten also in denen ein Beweidung stattfindet, analysiert, über die fünf Monate mit der Mean Function von Local Cell Statistics der Mittelwert berechnet und mit Reclassify vier Klassen gebildet. Schlussendlich wurden mit dem Tool „Weighted Overlay“ alle Raster kombiniert, wobei die Distanzanalyse mit einer Gewichtung von 40 %, die Neigungsanalyse ebenso mit 40 % und die Expositions- und Sonneneinstrahlungsanalyse mit einer Gewichtung von jeweils 10 % in die Berechnung eingingen. Als Ergebnis werden Flächenareale mit einer guten und mit einer schlechten Eignung für mögliche Reinweideflächen ausgewiesen.

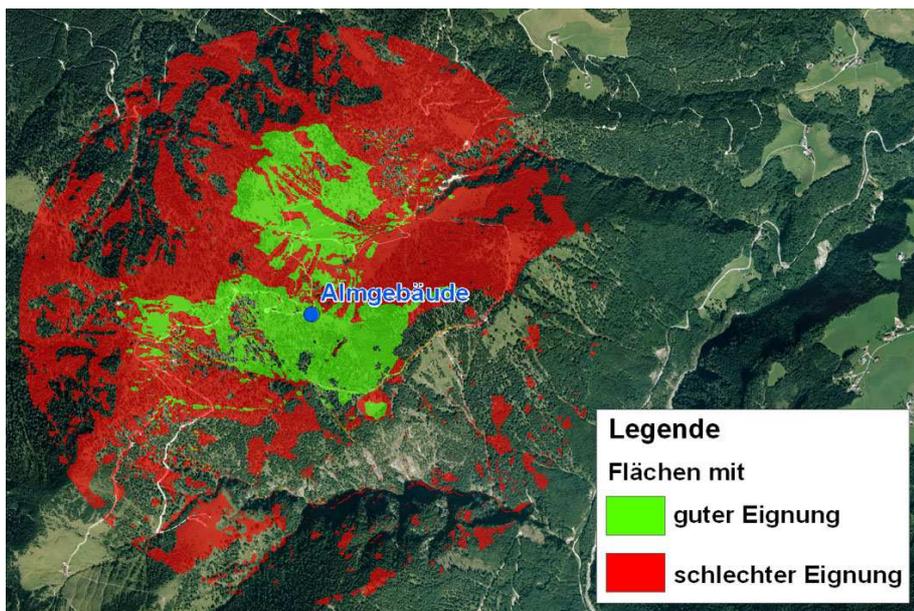


Abbildung 24: Kriterienkombination einer Distanz-, Neigungs-, Expositions- und Sonneneinstrahlungsanalyse in einem Wald-Weide-Trennungsv erfahren im Brandenbergtal (Bearbeiter: O. Astner)

Diese beiden Beispiele zeigen wiederum, dass Rasteranalysen, die auf hochgenauen Laserscanning-DGM basieren, ein sehr dienliches Mittel für die unterschiedlichsten Aufgabenstellungen in der Agrartechnik sein können. Eine beträchtliche Arbeitszeiterparnis, objektive und nachvollziehbare Ergebnisse und eine Genauigkeit, die mit den klassischen Geländemessgeräten (z.B. Neigungsmesser) nie erreicht werden kann, sind die Vorteile dieser neuen Techniken. Eine Begehung vor Ort wird auch zukünftig nicht erspart bleiben, um weitere wesentliche Sachverhalte zu erheben. Aber

die Techniker bzw. Sachverständigen gehen mit einem großen Informationspotenzial bereits in das Gelände hinaus und können dieses Potenzial gewinnbringend für das jeweilige Verfahren nützen.

4.3. Straßen und Wege im ländlichen Raum

4.3.1. Straßen- und Wegebau

In den letzten Jahrzehnten hat ein gewaltiger Wandel im Straßen- und Wegebau stattgefunden. War früher eher das Ziel, schnell von einem Ort zu einem anderen gelangen, so spricht man heute von einem landschaftsangepassten und umweltverträglichen Straßen- und Wegebau. Zudem wurden früher die Entwicklungen im Kraftfahrzeugwesen und im land- und forstwirtschaftlichen Maschinenpark zu wenig berücksichtigt, so dass die Fahrbahnbreiten und Längssteigungen dieser alten Trassen heute vielfach ein beträchtliches Hindernis bei der Befahrbarkeit darstellen.

Die heutige Planung von Erschließungen geht von einer integralen Sichtweise aus. Alle möglichen Interessenten wie Land- und Almwirtschaft, Forstwirtschaft, Jagd, Tourismus, Wildbach- und Lawinerverbauung, u.a. sind in ein Projekt miteinzubeziehen. Straßen- und Wege dürfen nicht an Grenzen von Gebietskörperschaften, Eigentums Grenzen oder Nutzungsgrenzen (z.B. Wiese-Wald) haltmachen (LITZKA 1987, S. 9). Weiters ist ein sorgfältiges Variantenstudium durchzuführen, bei dem die Vor- und Nachteile aller Varianten untereinander abzuwägen sind.

Der § 3 des Güter- und Seilwege-Landesgesetzes 1970 (GSLG 1970) bestimmt, dass Bringungsrechte so zu gestalten sind, dass durch die Einräumung und Ausübung eines Bringungsrechtes die erreichbaren Vorteile die damit verbundenen Nachteile überwiegen, Menschen und Sachen nicht gefährdet werden, fremder Grund in einem möglichst geringem Ausmaß in Anspruch genommen wird und überhaupt durch das Bringungsrecht möglichst geringe Kosten verursacht werden. Unter einem Bringungsrecht versteht das GSLG 1970 (§ 1), u.a. das eingeräumte Recht zu Gunsten von Grundstücken, die land- oder forstwirtschaftlich genutzt werden, Personen und Sachen über fremden Grund zu bringen.

Als dritte Säule eines ordnungsgemäßen Erschließungsprojektes sind die Anforderungen der Landschafts- und Tierökologie anzuführen, die von den Naturschutzgesetzen der einzelnen Bundesländern ihre rechtliche Grundlagen erfahren. Der Naturschutz geht bei Erschließungen im ländlichen Raum von einer möglichen

Intensivierung in der Landwirtschaft aus (z.B. Almerschließung mit intensiverer Almbewirtschaftung), die zu ökologischen Problemen wie zu einer Abnahme der Artenvielfalt führen könnten. Aber auch der eigentliche bauliche Eingriff kann sich negativ auf die Flora und Fauna auswirken. Dazu gehören vor allem die direkte Zerstörung von Biotopen, wobei hier Feucht- und Trockengebiete, Waldgesellschaften oder Lebensräume von Tieren (Rauhfußhühner) beeinträchtigt oder sogar zerstört werden. Straßen und Wege führen auch zur Entstehung von Barriereneffekten, so dass besonders für kleinere Tiere die linienhaften Erschließungen unüberwindbare Hindernisse darstellen und damit zu einer Begrenzung ihres Lebensraumes führen (BURKHALTER u. SCHADER 1994, S. 39 ff.).

Im Verfahren und letztendlich im Bescheid der Behörde werden bei Erschließungsmaßnahmen, bei denen das jeweilige Naturschutzgesetz anzuwenden ist, zumeist umfangreiche Auflagen vorgeschrieben, die einer Kontrolle unterliegen und bei einer nicht bescheidmäßigen Ausführung unter Umständen zu einer Nichtgewährung einer öffentlichen Förderung führen kann. Die naturschutzrechtlichen Auflagen können zum Beispiel bei Böschungen von der Vorschreibung einer standortgerechten Samenmischung, die den ökologischen Verhältnissen am besten angepasst ist bis zur Fixierung des Samens und der Dünger mittels Spritzverfahren reichen (NEUSCHMID 1996, S. 103 ff.)

Für die technische Ausführung von Straßen- und Wegeprojekten werden in Österreich die Richtlinien und Vorschriften für den Straßenbau (RVS), die von der Forschungsgesellschaft für das Verkehrs- und Straßenwesen gemeinsam mit dem Bundesministerium für Verkehr, Innovation und Technologie herausgegeben werden, herangezogen. Für die ländlichen Straßen und Wege gelten die RVS 3.8, die mit Erlass des damaligen Bundesministeriums für Bauten und Technik im Jahr 1987 (Änderung September 1992) verfügt wurden. In diesen RVS wird zwischen ländlichen Straßen mit größerer Verkehrsbedeutung und ländlicher Straßen mit geringerer Verkehrsbedeutung unterschieden. Ländliche Straßen mit größerer Verkehrsbedeutung verbinden Ortschaften und Siedlungsgebiete mit dem übergeordneten Straßennetz, übergeordnete Straßen untereinander und als weiteres Merkmal weisen diese ein ganzjährig höheres Verkehrsaufkommen auf. Ländliche Straßen mit geringerer Verkehrsbedeutung erschließen Dauersiedlungen (Weiler und Einzelhöfe) zusammen mit den angrenzenden Grundflächen mit dem nächst höheren Straßennetz. Dieses Straßennetz muss eine ganzjährige Befahrbarkeit aufweisen, wobei das Verkehrsaufkommen gering ist und neben landwirtschaftlichen Fahrzeugen auch PKW und LKW diese Straßen benützen.

Zu den ländlichen Straßen mit geringerer Verkehrsbedeutung gehören die Wirtschaftswege, die land- und forstwirtschaftliche Flächen erschließen. Das sind vor allem Wirtschaftswege in Zusammenlegungsgebieten, parallel geführte Wege zu den Hauptverkehrsstraßen und Almwege auf denen hauptsächlich landwirtschaftliche Fahrzeuge und Arbeitsgeräte fahren. Diese Wirtschaftswege müssen in ihrer technischen Bauausführung aber auch für den PKW-Verkehr und auch einen fallweise möglichen LKW-Verkehr ausgelegt sein.

In den RVS werden die Trassierungsgrenzwerte der ländlichen Straßen und Wege angeführt. Zulässige Kehrenmindestradien, minimale Kuppen- und Wannenausrundungsradien, maximale Längsneigungen (Tabelle 13), die Querneigung in der Geraden und im Kreisbogen, Regelquerschnitte, Böschungsausbildung, Ausweichen, u.a. sind hier ausführlich beschrieben und auch mit graphischen Darstellungen dokumentiert. Auch die spezifischen Gesetze (z.B. GSLG 1970) bzw. die daran anknüpfenden Verordnungen, die die Errichtung von ländlichen Straßen und Wegen zum Inhalt haben, greifen auf die RVS zurück.

Schwierigkeitsgrad	Maximale Längsneigung in % (S _{max})	
	Ländliche Straßen mit geringer Verkehrsbedeutung - Dauersiedlungen	Ländliche Straßen mit geringer Verkehrsbedeutung - Wirtschaftswege
leicht	12	12
mittel	12	14
schwer	12 bzw. 14 in Ausnahmefällen	14 bzw. 16 in Ausnahmefällen

Tabelle 13: Trassierungsgrenzwerte in der Längsneigung für ländliche Straßen mit geringer Verkehrsbedeutung (aus: RVS 3.8, Blatt 1)

Genauere hochauflösende Laserscanning-DGM können bei der Projektierung von Straßen und Wegen wertvolle Informationen liefern. Laser-Scanning DGM vermitteln erste Eindrücke über die Hangneigung und in Verbindung mit weiteren Layern wie über den Boden- und Gesteinsaufbau können grobe Trassierungs-Grenzwerte erkannt werden. Ein erfahrener Wegebaufachmann kann mit diesen Informationen schon abschätzen, ob es technisch sinnvoll ist, einen Hang „anzuschneiden“. Ferner kann durch die Generierung von Höhenlinien mit einer kleinen Äquidistanz eine gute Vorstellung vom Gelände erzielt werden. Genauere Hangneigungsinformationen schaffen auch Berechnungsgrundlagen für das Ausmaß des notwendigen Längstransportes des Aushubmaterials.

Laserscanning-DGM unterstützen auch die Entwicklung und Aufbereitung von Förderprogrammen zur Erhaltung des bereits bestehenden Straßen- und Wegenetzes. Es

gibt noch zahlreiche Beispiele von Wegtrassen aus der Vergangenheit, die den heutigen technischen Erfordernissen nicht mehr gerecht werden. Ein digitales Straßen- und Wegenetz kann mit einem DGM verschnitten und dabei können jene Abschnitte ermittelt werden, die eine zu starke Längsneigung aufweisen. Die Längsneigung hat nicht nur Einfluss auf die Befahrbarkeit, auch die Kosten für die Instandsetzung nehmen bei hohen Steigungswerten überproportional zu (BRUGGER u. WOHLFARTER 1983, S. 112), weil das Wasser auf nicht asphaltierten Straßen und Wegen viel schneller abfließt und so die Wegoberfläche stärker ausspülen kann.

Ebenso kann für das Auftreten von privaten Elementarschäden eine Risikoabschätzung durchgeführt werden. Straßen- und Wegabschnitte, die häufig nach Elementarereignissen einer Instandsetzung bedürfen, sind in Folge einer Neutrassierung zuzuführen und helfen somit zur Einsparung von finanziellen Mitteln beim Wegerhalter und bei der öffentlichen Hand.



Abbildung 25: Weg mit Metrierung und Angabe der mittleren Steigung, bezogen auf 10 Meter Abschnitten (Bearbeitung: O. Astner)

4.3.2. Digitales Straßen- und Wegeprojekt Tirol

In Tirol wurde das gesamte Straßen- und Wegenetz, das mit zweispurigen Kraftfahrzeugen befahrbar ist, auf der Grundlage von hochauflösenden Farb-Orthofotos (25 cm) on screen digitalisiert. Im dichten Wald und bei Abschattungen ist eine Erkennung der Trassen aus den Orthofotos oft nur schwer oder überhaupt nicht möglich. Etwa 7 % des gesamten Straßen- und Wegenetzes konnte auf Basis der Farb-Orthofotos nicht vektorisiert werden. Eine Aufnahme des fehlenden Bestandes mittels geodätischer Vermessung oder differentiellem GPS wurde auf Grund der hohen Kosten nicht in Erwägung gezogen.

Digitale Geländemodelle aus einer Lasersanning-Befliegung ermöglichen aber die lagegenaue Bestimmung des Verlaufes der Straßen und Wege auch in diesen Bereichen. Änderungen in der Himmelsrichtung und des Horizontwinkels beim Hillshade erleichtern zudem die Erkennbarkeit der Trassenführung. Eine flächendeckende Laserscanning Aufnahme der gesamten Landesfläche schafft damit eine wichtige Voraussetzung für einen möglichst vollständigen Straßen- und Wegegraphen. Eine möglichst lückenlose Erfassung ist deswegen sinnvoll, weil nachträgliche geometrische Ergänzungen und Veränderungen des Graphen sich in einem beträchtlichen Mehraufwand bei der nachfolgenden erforderlichen Korrektur des Routenlayer und der Event Tables auswirken.

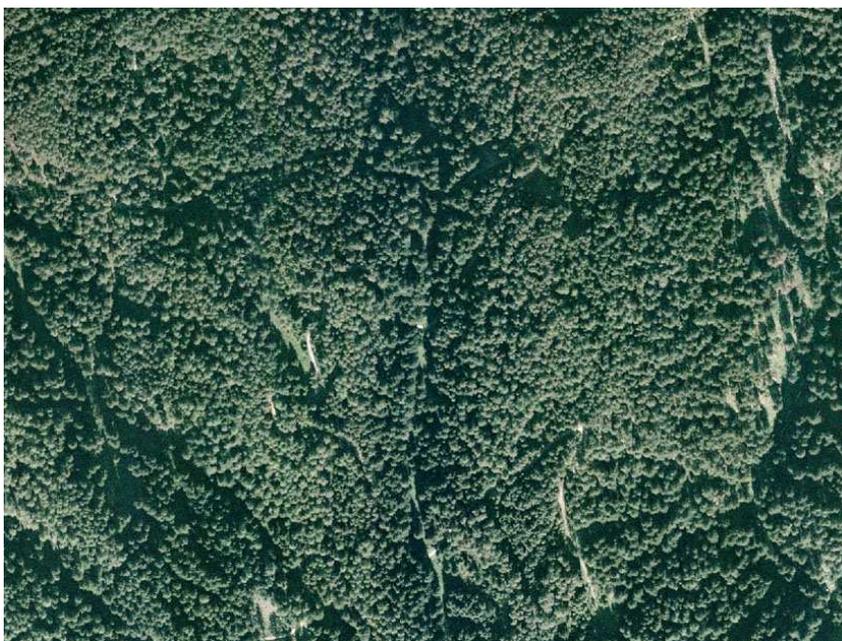


Abbildung 26: Wege im Waldbereich (Gemeinde Roppen, Horner Wald), die im Orthofoto schwer oder überhaupt nicht erkennbar sind (Bearbeiter: O. Astner)



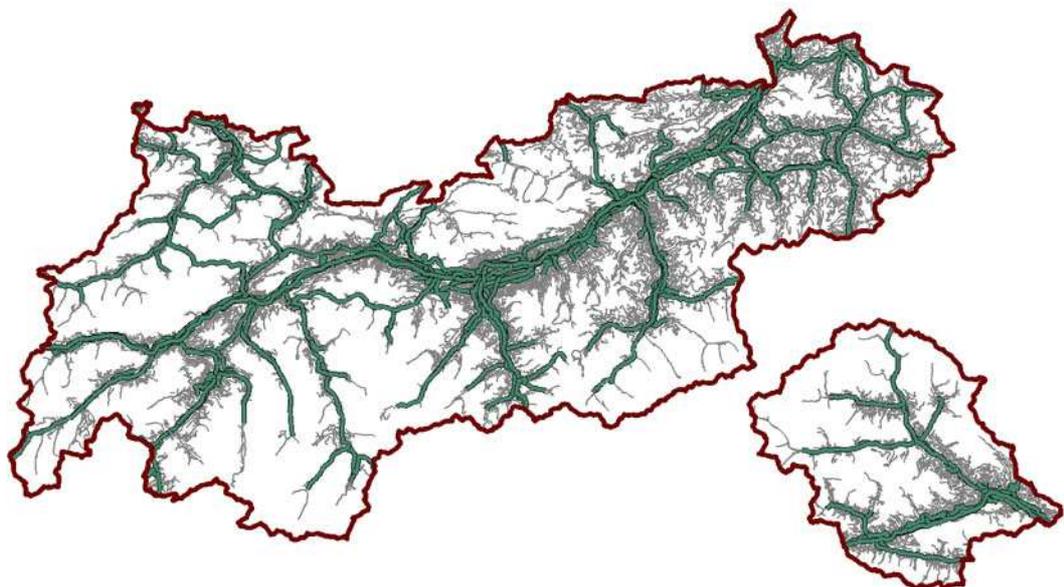
Abbildung 27: Wege des vorherigen Ausschnittes im 1-Meter-digitalen Geländemodell (Hillshade). Unterschiedliche Beleuchtungen führen zu einer verbesserten Sichtbarmachung (Bearbeiter: O. Astner)

Das Straßen- und Wegenetz im Bundesland Tirol umfasst eine Länge von rd. 31.500 km, wobei etwa 2.500 km dem höherrangigen Straßennetz und 29.000 km dem niederrangigen Straßennetz zuzuordnen sind. Die höherrangigen Straßen umfassen die Autobahnen, Schnellstraßen, Landesstraßen B (vormals Bundesstraßen) und Landesstraßen L, die niederrangigen Straßen die Gemeindestraßen, Öffentlichen Interessentenstraßen, Öffentlichen Privatstraßen, Forststraßen, Güterwege nach dem Güter- und Seilwegelandesgesetz 1970, private Straßen und Wege, u. a. Im österreichischen Bundesstraßengesetz 1971 (BStG 1971) werden Verzeichnisse aller Bundesstraßen A (Bundesautobahnen) und Bundesstraßen S (Bundesschnellstraßen) geführt, wo auch die Beschreibung der Strecke angeführt ist. Die Landesstraßen B und Landesstraßen L sind im Landesstraßenverzeichnis B und im Landesstraßenverzeichnis L im Tiroler Straßengesetz 1989 in der Anlage mit einer Streckenbeschreibung enthalten.

In allen Bundesländern Österreich laufen aktuelle Bestrebungen, das gesamte Straßen- und Wegenetz digital zu erfassen und die unterschiedlichsten Inhalte in einem umfassenden Modell zu vereinen. Da Straßen und Wege an Grenzen nicht haltmachen und das Verkehrs- und Transportwesen Informationen über möglichst lange Distanzen benötigt (z.B. Gefahrguttransporte über mehrere Bundesländer), finden derzeit Besprechungen der Ländervertreter zu einem einheitlichen Datenmodell statt.

Bezirke	absolute Länge in km	relativ in %	Fläche in km ²	Wegdichte km/km ²
Imst	3.139	10,0	1.725,6	1,82
Innsbruck Land	5.143	16,3	1.990,3	2,58
Innsbruck Stadt	661	2,1	104,9	6,30
Kitzbühel	4.366	13,9	1.163,1	3,75
Kufstein	4.018	12,7	969,6	4,14
Landeck	3.126	9,9	1.594,8	1,96
Lienz	4.005	12,7	2.020,0	1,98
Reutte	2.655	8,4	1.236,7	2,15
Schwaz	4.404	14,0	1.843,0	2,39
Tirol	31.517	100,0	12.648,0	2,49

Tabelle 14: Straßen- und Weglängen sowie Wegdichten nach Bezirken (Bearbeiter: O. Astner)



Legende

- Höherrangiges Straßennetz (2.500 km)
- Niederrangiges Straßen- und Wegenetz (29.000 km)
- Landesgrenze

Abbildung 28: Das Tiroler Straßen- und Wegenetz (Bearbeiter: O. Astner)

4.4. Einfluss der Hangneigung auf die Maschinenbefahrbarkeit

4.4.1. Allgemeines

Anfänglich gilt es zwischen Berglandwirtschaft und Hanglandwirtschaft zu unterscheiden (OTT 1979, S. 38). Bergbetriebe können unter Umständen auf ebenen Betriebsflächen recht günstige Voraussetzungen für eine Mechanisierung aufweisen, während Hanglandwirtschaft durch eine Landbewirtschaftung an mehr oder weniger stark geneigten Hängen charakterisiert ist. Auch Talbetriebe können natürlich auch hängige Nutzflächen neben ebenen Betriebsflächen besitzen.

Der Einsatz einer zeitgemäßen Maschinen- und Gerätetechnik, die den Strukturwandel in der Landwirtschaft in den letzten Jahrzehnten maßgeblich bestimmt hat, ist heute für die meisten landwirtschaftlichen Betriebe eine Voraussetzung, um auf dem Markt bestehen zu können. Landwirtschaftliche Nutzflächen umfassen nicht nur ebene Flächen, sondern wie wir die alpine Landwirtschaft kennen, viele Ertragsflächen, die eine Neigung aufweisen. Die Bewirtschaftung von Hangflächen ist im Vergleich zu den ebenen Flächen schon immer mit einem höheren Aufwand verbunden gewesen. Der Wert von landwirtschaftlichen Grundstücken wird nicht nur von der Ertragsfähigkeit bestimmt, sondern auch von der Mechanisierbarkeit der auf diesen Grundstücken möglichen Produktionsverfahren.

Die Grenzen der Einsetzbarkeit von Maschinen am Hang werden vor allem von der Hangneigung beeinflusst, aber auch andere Faktoren wie die Bodenverhältnisse, die Geschicklichkeit des Bedienungspersonals und die Bauart der landwirtschaftlichen Maschinen haben Auswirkungen auf die Einsatzgrenzen im Gelände (HANDLER 1986, S. 1). Ein dichter Grasbestand mit einem gut entwickelten Wurzelwerk trägt zu einer erhöhten Scherfestigkeit eines Bodens bei. Besonders Böden an schattigen Nordhängen haben auf Grund der länger andauernden Feuchtigkeit ein häufig schwach entwickeltes Wurzelwerk und eine weniger dichte Grasnarbe, was eine reduzierte Tragfähig- und Scherfestigkeit verursacht (NOTO u. SAUTER 2006, S. 17). Auch dem Faktor Mensch kommt eine gewichtige Rolle zu, da es einerseits Landwirte gibt, die auf die Sicherheit sehr viel Wert legen, andererseits auch solche Maschinen bedienen, die größere Risiken eingehen.

4.4.2. Ackerbau

Die Kostendeckung des Ackerbaues in Hanglagen ist wesentlich ungünstiger als die der Grünlandbewirtschaftung. Äcker in Hanglagen sind zudem einer nicht zu

unterschätzenden Erosionsgefahr ausgesetzt. Die Erosionsrisiken setzen dem Maisanbau in Hanglagen von 20 bis 25 % natürliche Grenzen.

Die Mechanisierung des Hangackerbaues bringt im Vergleich zum Hangfutterbau weitere Schwierigkeiten mit sich (OTT 1979, S. 40 f.):

- Bodenbearbeitungsgeräte, die im Ackerbau eingesetzt werden, benötigen eine hohe Zugkraft und die Antriebsräder haben auf Ackerböden eine geringere Bodenhaftung wie auf Grünlandböden.
- Beim Futterbau können schwere Arbeitsgeräte auf den Antrieb eines kompakten Transporters aufgebaut werden, sodass keine Zugkraft aufgewendet werden muss, um Steigungen zu überwinden.

Die in der Tabelle 15 ausgewiesenen Werte zeigen, dass die Einsatzgrenzen in der Falllinie in einigen Bereichen höher liegen, als die der Nutzung in der Schichtlinie. Ein Bearbeiten der Ackerflächen in der Falllinie begünstigt aber das Aufkommen von Erosionserscheinungen. Bei der Befahrung in der Falllinie erhöhen sich auch der Arbeitszeitbedarf und die Kosten, weil ein höherer Schlupf der Antriebsräder auftritt und bestimmte Arbeiten nur bergab verrichtet werden können, sodass bergauf Leerfahrten zu verrichten sind (PFAHLER 1986, S. 37 f).

Tätigkeit	Schichtlinie		Falllinie	
	befriedigendes Arbeitsergebnis möglich bis %	Einsatzgrenze % Hangneigung	befriedigendes Arbeitsergebnis möglich bis %	Einsatzgrenze % Hangneigung
Bodenbearbeitung				
Pflügen				
Beetpflug	18	25	25	30
Wendepflug	25	30	25	30
Grubbern	25	30	25	30
Eggen				
gezogen	20	25	20	25
zapfwellengetrieben	25	30	25	30
Saat				
Drillsaat	30	30	30	30
Einzelkornsaat				
Mais (75 cm Reihenabstand)	18	25	20	25
Zuckerrüben (45 cm Reihenabstand)	16	20	20	25
Kartoffel legen				
2-reihig	14	16	18	20
mit Spurhilfe	16	18	18	20
4-reihig	18	20	18	20

Pflege				
Mineraldüngerausbringung	25	30	25	30
Spritzen	25	30	25	30
Hacken (45 cm Reihenabstand)				
Frontanbau	15	20	25	30
Zwischenachsenbau	18	20	25	30
Heckanbau mit Spurhilfen	18	20	25	30
Kartoffeln häufeln	18	20	18	20
Ernte				
Mähdrusch Getreide	22	25	23	30
Pflückdrusch Körnermais	18	22	20	28
Drusch mit Hangmähdrescher	25	30	28	30
Silomais häckseln mit angehängtem Wagen				
1-reihig (schlepperangeb.)	18	25	20	28
2-reihig (schleppergez.)	15	20	20	25
Parallelverfahren mehreihig (Selbstfahrer)	18	27	20	28
Zuckerrüben roden				
1-reihiger Bunkerköpf- roder	16	20	15	20
mit Hangscheibe	18	20	15	20
mehreihig				
mehrphasig mit	20	22	18	22
Selbstfahrer (Allradlenkung)	18	20	15	20
Kartoffeln roden				
1-reihiger Sammelroder	10	12	10	14
mit Deichsellenkung	14	16	10	14
mit Deichsellenkung u. Achsschenkelkenkung	17	19	10	14
mehreihiger Roder mit Überladevorrichtung	18	20	12	20

*Tabelle 15: Hangneigungsgrenzen in Schichtlinie und Falllinie im Ackerbau
(aus: PFAHLER 1986, S. 124)*

Ein essentielles Problem bei der Getreideernte am Hang stellen die Verluste dar. Während in der Ebene die Verluste bei etwa 1 % liegen, so machen die Verluste bei einer Neigung von 30 % bereits mehr als 11 % bei gleicher Fahrgeschwindigkeit wie auf der Ebene aus (PFAHLER 1986, S 84 ff.).

Schlussendlich gibt es Hangneigungsgrenzen, bis zu denen es sinnvoll ist, bestimmte Fruchtarten anzubauen (Tabelle 16). So kann Mais bis etwa 18 % maschinentechnisch beherrschbar in der Falllinie bewirtschaftet werden, während die Grenze bei Kartoffeln bei 10 % liegt. Bei maschinentechnisch erschwert beherrschbaren Verhältnissen in der Falllinie kann Getreide bis zu einer Neigung von etwa 30 % angebaut werden (PFAHLER, S. 127).

Fruchtart	Maschinentechnisch beherrschbar		Maschinentechnisch erschwert beherrschbar		Maschinentechnisch nicht mehr beherrschbar	
	Schichtlinie	Falllinie	Schichtlinie	Falllinie	Schichtlinie	Falllinie
Getreide/ Raps	0 - 20 %	0 - 25 %	21 - 28 %	26 - 30 %	über 28 %	über 30 %
Silomais	0 - 18 %	0 - 20 %	19 - 25 %	21 - 28 %	über 28 %	über 30 %
Körnermais	0 - 18 %	0 - 20 %	19 - 25 %	21 - 28 %	über 25 %	über 28 %
Zucker- rüben	0 - 16 %	0 - 16 %	17 - 19 %	16 - 20 %	über 19 %	über 20 %
Kartoffeln	0 - 10 %	0 - 12 %	11 - 20 %	13 - 18 %	über 20 %	über 18 %

Tabelle 16: Grenzen des Anbaus von Fruchtarten (aus: PFAHLER 1986, S. 127)

4.4.3. Grünland

Bei der Grünlandbewirtschaftung in Hanglagen ist entscheidend, ob man mit einem Traktor als zentrale Arbeitsmaschine das Auslangen findet, oder ob Spezialmaschinen zusätzlich angeschafft werden müssen. Schon kleine Unebenheiten können die Stabilität einer Maschine am Hang sehr negativ beeinflussen. Angehängte Geräte wie z.B. Miststreuer oder Ladewagen beeinflussen die Eigenschaften einer Zugmaschine nachhaltig, weil zu den Zugkräften noch die Abstützkräfte dazu kommen.

Motormäher, die beinahe auf jedem Betrieb anzutreffen sind und mit Stollen- oder Gitterrädern ausgerüstet sind, können in einem Gelände von etwa 70 bis 80 % noch eingesetzt werden, wobei das Bedienungspersonal hier schon große Kraftanstrengungen leisten muss. Zudem entfallen rd. 40 % des gesamten Kraftaufwandes mit Motormähern am Hang auf die Geharbeit (SIEG u. WIPPL 1988, S. 23). Traktoren mit Mähwerken können etwa bis zu einer Neigung von 35 % eingesetzt werden. Allradantrieb, Doppelbereifung, Frontmähwerk und sonst günstige Bodenbedingungen können diese Grenze bis über 40 % ausdehnen (NOTO u. SAUTER 2006, S. 17). Der Traktor stellt eine universelle Arbeitsmaschine dar, dessen Vorteile vor allem in der Vielseitigkeit (Grünland, Ackerbau, Forst, etc.), bei seiner hohen Arbeits- und Transportleistung sowie bei der Überwindung größerer Entfernungen liegen. Im steileren Gelände erreicht aber der Traktor mit seinen Zusatzgeräten bald seine Einsatzgrenze.

Ab etwa 40 % Hangneigung sollte beim Mähen der Zweiachsmäher mit seiner tiefen Schwerpunktlage eingesetzt werden, der dem Traktor auch bezüglich Wendigkeit überlegen ist und bei stärker geneigten Flächen auch eine weiterhin konstante Leistung bieten kann. Universal-Transporter, die von ihrer Konzeption her vor allem für

Transporte geeignet sind, können in der Schichtenlinie bis etwa 45 % und in der Falllinie bis etwa 60 % gefahren werden.

Maschine bzw. Arbeitsart	Arbeitszeitbedarf AKh/ha	Fahrweise	Grad der Beeinträchtigung bei Neigung von %		Einsatzgrenze bei %	Einsatzgrenzen, feuchte Wiese, bei %
			leicht	stark		
Mähen						
Normaltraktor mit Mähwerk	1 - 2	S + F	10 - 20	20 - 30	30	
Allradtraktor mit Mähwerk	1 - 2	S + F	15 - 25	25 - 35	35	25
Motormäher, leicht Arbeitsbreite: 1,6 m	4	S	50 - 60	60 - 80	85	65
		FB	40 - 50	50 - 70	70	
Motormäher, schwer Arbeitsbreite: 1,9 m	3	S	30 - 50	50 - 60	65	45
		FB	30 - 40	40 - 50	60	
Zweiachsmäher mit Terrareifen	1 - 2	S + FB	40 - 50	50 - 60	65	40 - 60
Heuwerbung						
Traktor mit Kreiselheuer	0,6 - 0,8	F	20 - 30	30 - 35	35	
		S	20 - 35	-	35	
Motormäher mit Bandrechen	2,5	S + F	25 - 35	35 - 50	60	45
Zweiachsmäher mit Kreiselheuer	0,8	S + F	40 - 50	50 - 60	60	
Zweiachsmäher mit Kreiselheuer	0,8	S + F	30 - 40	40 - 50	50	40
Raufutterbergung						
Allradtraktor mit Ladewagen	2	S + F	15 - 25	25 - 35	35	30
Allradtraktor und Ballenpresse	2,5	S + F	20 - 25	25 - 35	35	
Transporter mit Ladegerät	2,0	F	30 - 40	45 - 60	60	40
	2,0	S	20 - 30	30 - 45	45	30

Tabelle 17: Behinderung und Grenzen des Maschineneinsatzes im Hanggelände (aus: HANDLER 1993, S. 7)

Anmerkungen: AKh Arbeitskraftstunde

FB Falllinie bergwärts gefahren (auch Steiglinie genannt)

S Schichtlinie

F Falllinie

4.4.4. Laserscanning-Daten für den Maschineneinsatz in Hangbereichen

Laserscanning-DGM mit einer hohen räumlichen Auflösung erschließen für den Landwirt sehr genaue Informationen über die Neigungsverhältnisse seiner Betriebsflächen. Aus den langjährigen Erfahrungswerten kennen die meisten Bauern die Einsatzgrenzen ihres Maschinenparks. Bei überbetrieblichen Einsätzen wie bei einer

Nachbarschaftshilfe oder bei Maschinenring-Einsätzen muss oft schnell entschieden werden, ob man den Hang gefahrlos befahren kann. Wie es jetzt schon Hofkarten für alle Betriebe gibt, die bei der AMA ein Förderungsansuchen stellen, so wird es zukünftig nach flächendeckenden Laerscanning-Befliegungen opportun sein, für jeden Betrieb genaue Neigungskarten zu erstellen. Mit diesen genauen Neigungsinformationen wird dem Landwirt ein weiteres Potenzial in die Hand gegeben, um seine betrieblichen Grundlagen im Sinne des erweiterten Begriffes „Precision Farming“ (Pkt. 4.5.) genauer gestalten zu können.

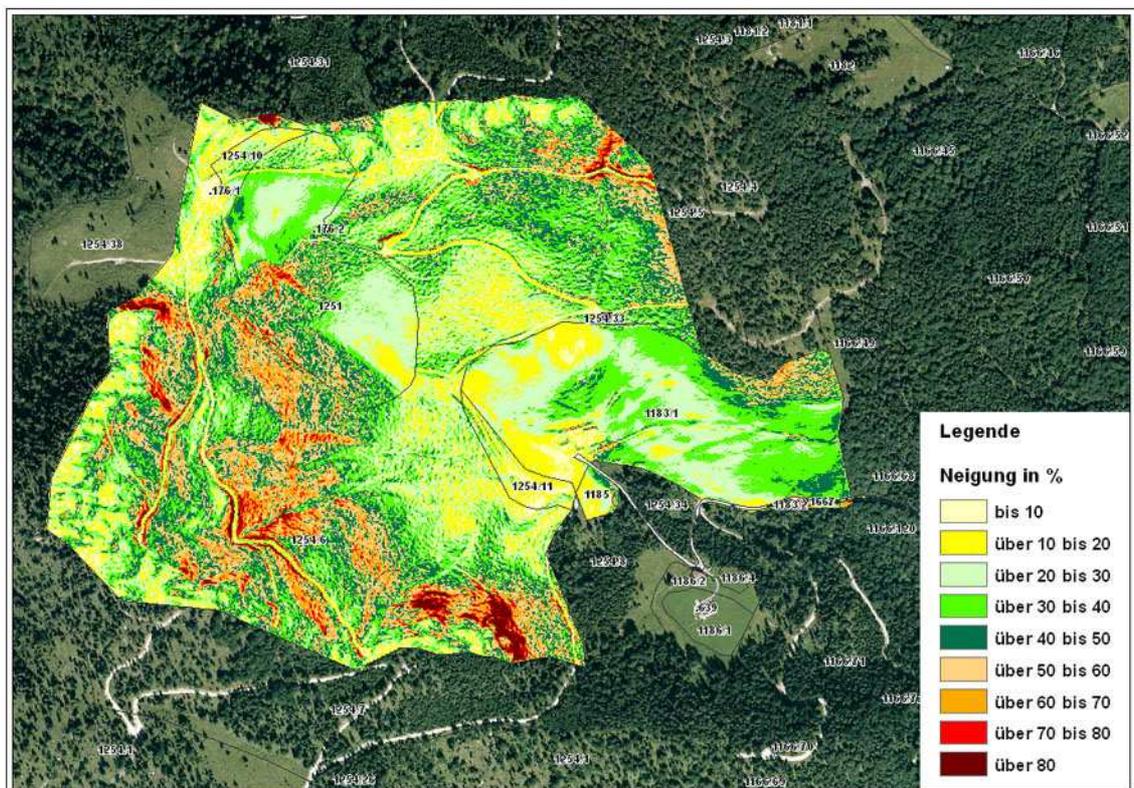


Abbildung 29: Neigungskarte eines landwirtschaftlichen Betriebes auf der Basis eines 1-Meter-Laserscanning-DGM mit Orthofoto und DKM (Bearbeiter: O. Astner)

4.5. Precision Farming

Precision Farming (PF) ist eine Technik oder ein Verfahren im Pflanzenbau, wobei die Maßnahmen im Pflanzenbau präzise, d.h. vielfach genauer als vorher durchgeführt werden. Der Landwirt erhält durch PF genaue Informationen über seine pflanzenbaulichen Standorte. Für PF kommen auch die synonymen Begriffe „Präzisionslandbau“, „Präzisionspflanzenbau“, „Teilflächenwirtschaft“, „GPS-Pflanzenbau“ oder „Satellitenpflanzenbau“ gelegentlich zur Anwendung (KTBL 2004, Kapitel 1, S. 1 ff.).

PF führt im Pflanzenbau zu ökonomischen und ökologischen Verbesserungen, die sich im betrieblichen Erfolg und im Bereich des Umweltschutzes auswirken (LUDOWICY et al. 2002, S. 9):

- Einsparung bei den Betriebsmitteln
- Verringerung von Maschineneinsatz- und Arbeitszeiten
- Steigerung des Ertrages und Verbesserung der Qualität der Produkte
- Genaue Dokumentation der Betriebsabläufe
- Reduktion der Umweltbelastungen

Bei der Anwendung von PF kommt eine Kette von Verfahrensschritten zur Anwendung, die umfassende Informationen über die Grundlagen und betrieblichen Abläufe bei der Produktion zur Verfügung stellen. Für die Standortbestimmung von landwirtschaftlichen Maschinen wird GPS (Global Positioning System) eingesetzt, wobei mit Hilfe von Korrektursignalen eine höhere Genauigkeit der Positionsbestimmung erreicht wird. Weiters werden beim PF räumliche Merkmale eines Betriebes und die dazugehörigen landwirtschaftlichen Nutzflächen in einem GIS verwaltet und raumbezogene GIS-Daten mit Sachdaten verknüpft: Eigentumsgrenzen nach dem Kataster oder nach den Grenzen in der Natur (Grenzsteine), Grenzen von Feldstücken und Schlägen für das Förderungsmanagement, Bodeninformationen, Ertrags- und Nährstoffkartierung, räumliche Muster der Probenahme, Düngung und Pflanzenschutzmitteleinsatz, u.v.a.m (LUDOWICY et al. 2002, S. 29 ff.).

Sensoren liefern Informationen, die unmittelbar anschließend für den Einsatz von gezielten Bewirtschaftungsmaßnahmen (Düngung, Pflanzenschutz) genutzt werden. Stickstoff-Sensoren messen während der Fahrt die Reflexion des Lichtes am Pflanzenbestand und die Messungen werden anschließend sofort in die notwendige Menge von Stickstoff-Dünger umgerechnet. Die Messung und die Ausbringung des erforderlichen N-Düngers können damit in einem Arbeitsgang erfolgen (KTBL 2004, Kapitel 3, S. 1 f.). Die unterschiedliche Reflexion des einfallenden Lichtes von Nutzpflanzen und Unkräutern wird auch zur Unkraut-Detektion verwendet. Die Aufwandsmengen an Herbizidmitteln können dadurch beträchtlich reduziert werden und eine flächendeckende Anwendung der Spritzmittel zur Bekämpfung der Unkräuter, die zumeist sehr heterogen auf den Bewirtschaftungsflächen verteilt sind, ist nicht mehr nötig (KTBL 2004, Kapitel 4, S. 33 ff.).



Abbildung 30: Stickstoff-Sensor-Düngung mit Messung, Berechnung und Ausbringung (aus: LUDOWICY et al. 2002, S. 121)

Zur Umsetzung von PF braucht es nicht zuletzt auch hochauflösende digitale Geländemodelle, die Laserscanning-Befliegungen liefern können, um Reliefeinflüsse auf landwirtschaftliche Parameter in einer erforderlichen Genauigkeit zu bestimmen. Das Relief als Hauptumsatzfläche für Strahlung und Wasserhaushalt regelt nebst anderen Faktoren die Bodenbildung, das Verhältnis von Abfluss und Versickerung, die Richtung und das Ausmaß der Wasserbewegung im Gelände, bestimmt das Mikroklima, etc. und trägt überhaupt zur Standortdifferenzierung der Landschaft bei (PRE AGRO 2004, Kapitel 3, S. 77 f.).

Besonders bei der Berechnung des Topographischen Wetness-Index (TWI), der sich als geeigneter Parameter für die Repräsentation der Bodenfeuchte erweist, sind genaue Laserscanning-Daten (Höhe: +/- 15 cm) erforderlich, um eine hydrologisch kontinuierliche Oberfläche mit allen Detailinformationen des Reliefs zu erhalten, die den Abfluss bestimmen. Der TWI errechnet sich aus dem Logarithmus des Quotienten eines spezifischen Einzugsgebietes und der lokalen Geländeneigung, $TWI = \ln(A_s/\tan\beta)$. Die Grundlage des TWI beruht auf der Berechnung der Lage der Abflusspfade aus den lokalen Höhenunterschieden. Dabei kommt es zur Annahme, dass die Geländeform für die räumliche Verteilung der Feuchte in den oberen Bodenbereichen entscheidend ist (SCHMIDT 2003, S. 54).

Auch die Ableitung von geomorphologischen Reliefattributen wie Neigung, Exposition und Wölbung von Laserscanning-DGM kann im PF nutzbringend eingesetzt werden. Dabei können nachfolgend auch einheitliche Reliefausprägungen (z.B. Neigung und Exposition) in homogene Bewirtschaftungsflächen ausgewiesen werden.

Die Aussagekraft von DGM-Daten steigt mit einer höheren Vielfalt des Reliefformenschatzes von Betriebsflächen. Bei gleichförmigen Flächen mit nur geringen oder keinen Reliefunterschieden ist der Einsatz eines DGM als nicht sinnvoll

zu erachten. Da sich das Relief der landwirtschaftlichen Nutzflächen über die Jahre hindurch als relativ stabil erweist, ergeben sich auch langjährige stabile Messwerte (KTBL 2004, Kapitel 3, S. 43).

Die anfängliche Euphorie von PF hat sich etwas abgeschwächt, weil das PF vielfach komplexe Lösungsansätze erfordert, die vor allem die anwendenden Landwirte überfordert und auch die Anschaffungs- und Betriebskosten nicht zu unterschätzen sind. Dazu kommt auch ein erheblicher Arbeitsaufwand, der besonders beim Aufbau anfällt. Man geht heute von einer bestimmten Betriebsgröße aus, damit PF ökonomisch sinnvoll eingesetzt werden kann.

Warum PF aber sich nur auf den Pflanzenbau (Ackerbau) beziehen sollte, ist zu überdenken, da auch in der Grünlandwirtschaft genügend Ansatzpunkte vorhanden sind, um diese für den jeweiligen Betrieb zweckmäßig einzusetzen. Digitale Hofkarten, Web-GIS Lösungen im Zusammenhang mit den landwirtschaftlichen Förderungen, digitale Bodenkarten oder die Vielfalt anderer digitaler landwirtschaftlicher Datensätze, wie diese in Österreich zum Beispiel von den Landesinformationssystemen geführt werden, gehen schon längere Zeit in diese Richtung. Weiters muss zu PF angemerkt werden, dass nicht immer die ganze Palette der Technik der Teilflächenwirtschaft eingesetzt werden muss, damit von dieser Bezeichnung ausgegangen werden kann.

Mit den Laserscanning-Daten ist nunmehr eine Genauigkeitsstufe erreicht, die den Einsatz eines DGM für jeden landwirtschaftlichen Betrieb, unabhängig von der Größe seiner Betriebsflächen, als zweckmäßig erachten lässt.

5. Zusammenfassung und Ausblick

Landwirtschaftliche Aktivitäten sind zumeist mit einem Bezug zum Raum verbunden. Der landwirtschaftliche „Bewirtschaftungsraum“ ist ident mit der Geländeoberfläche, die mit einem digitalen Geländemodell in einem dreidimensionalen Raum dargestellt werden kann. Seit etwa den 90-er Jahren des vorigen Jahrhunderts bieten kommerzielle Anbieter Laserscanning-Befliegungen an, aus denen hochgenaue digitale Geländemodelle und digitale Oberflächenmodelle abgeleitet werden.

Öffentliche Förderungen, die für die meisten bäuerlichen Betriebe von existenzieller Bedeutung sind, beziehen ihre Grundlagen auch aus einem geographischen Flächeninformationssystem. In Österreich können die Bauern seit dem Jahr 2004 ihre Förderflächen über das Internet eingeben und bearbeiten. Der Berghöfekataster, der mit den Mehrfachanträgen laufend aktualisiert wird, stellt eine der Grundlagen für die Berechnung der Ausgleichzulage und der ÖPUL-Maßnahme „Mahd von Steilflächen“ dar. Von der maximalen Punkteanzahl des Berghöfekatasters von 570 entfallen 280 Punkte alleine auf die Hangneigung, der damit das Hauptkriterium für die Erschwernisse der Berglandbewirtschaftung zukommt. Bei der Berechnung der Hangneigung kommt derzeit noch das 10-Meter-Geländemodell vom Bundesamt für Eich- und Vermessungswesen zum Einsatz, das auf 5 Meter verdichtet wurde, um auch kleinere Grundstücke einbeziehen zu können. Die österreichischen Bundesländer führen derzeit Laserscanning-Befliegungen ihrer Landesflächen durch, damit kann in absehbarer Zukunft für die landwirtschaftliche Förderverwaltung ein hochauflösendes Laserscanning-DGM eingesetzt werden.

In dieser Arbeit wurde das 10-Meter-DGM des BEV mit dem 1-Meter-Laserscanning-DGM des Landes Tirol (1 Punkt/m²) bei der Einordnung von Feldstücken in die fünf Hangneigungsstufen des Berghöfekatasters verglichen. Dabei zeigte sich, dass vor allem in der Gemeinde Kappl (ein extremes Bergbauerngebiet in Österreich), wo ein überwiegender Teil der Feldstücke stark geneigt ist, beträchtliche Unterschiede in der niedrigsten und höchsten Hangneigungsstufe auftreten. Auch bei der Auswertung auf der betrieblichen Ebene geht das 1-Meter-Laserscanning-DGM viel tiefer in das Detail als das 10-Meter-DGM des BEV.

Mit dem zukünftigen Einsatz eines Laserscanning-DGM bei der Analyse der Hangneigungen der landwirtschaftlichen Förderflächen, wird eine weitaus genauere Datenbasis geschaffen, um die Fördergelder genau und objektiv auf die österreichischen Landwirte verteilen zu können.

Laserscanning-DGM bieten auch in der Agrartechnik vielfältige Möglichkeiten, das Gelände genau und automatisiert zu erfassen. In dieser Master Thesis wurden die Grundzusammenlegung, die Wald-Weide-Trennung, die Straßen und Wege im ländlichen Raum, der Einfluss der Hangneigung auf die Maschinenbefahrbarkeit und Precision Farming untersucht, inwieweit nunmehr die Laserscanning-Daten einen Fortschritt in der Geländeanalyse bringen.

In den Grundzusammenlegungs- und Flurbereinigungsverfahren kann das Relief mit den neuen Laserscanning-DGM sehr detailreich erfasst und somit präzise statistische Kenndaten durch Oberflächenanalysen gewonnen werden, die eine objektive Bewertung der Grundstücke ermöglichen. Da bei diesen Verfahren zumeist eine größere Anzahl von Parzellen einer Neuordnung unterliegen und von der Voraussetzung auszugehen ist, dass die Ergebnisse auch einer nachträglichen Überprüfung standhalten (Wiederholbarkeit), werden mit den hochgenauen Laserscanning-DGM die nötigen Voraussetzungen dafür geschaffen. Bei dem Vergleich zwischen dem 10-Meter-DGM vom BEV und dem 1-Meter-Laserscanning-DGM vom Land Tirol offenbaren sich deutlich die Unterschiede, weil das Laserscanning-DGM den kleinräumigen Formenreichtum viel umfassender abbilden kann.

Ebenso bieten Laserscanning-Daten in der Wald-Weide-Trennung objektive und nachvollziehbare Ergebnisse an, so dass mit den herkömmlichen Geländemessgeräten (z.B. Neigungsmesser) eine Erfassung von relevanten Geländemerkmalen vor Ort nicht mehr notwendig ist. Techniker bzw. Sachverständige können dieses Informationspotenzial gewinnbringend in Stellungnahmen und Gutachten einbringen. Die verschiedensten Geländeeigenschaften vereint mit dem Wissen von bestimmenden Bewirtschaftungsfaktoren können in einer Kriterienkombination, eine Analysetechnik, die ein GIS zur Verfügung stellt, sinnvoll angewendet werden und schaffen einen Mehrwert an wertvollen Informationen.

Bei der Projektierung von Straßen und Wegen, wie auch bei der Entwicklung und Aufbereitung von Förderprogrammen für das bestehende Straßen- und Wegenetz, können Laserscanning-Daten eine wertvolle Unterstützung bieten.

Auch der große Informationsgehalt dieser neuen Daten für den bäuerlichen Betrieb selbst, wenn es z.B. um die Maschinenbefahrbarkeit der Betriebsflächen geht, zeigt wie Laserscanning-Daten ein sehr dienliches Mittel für die unterschiedlichen Aufgaben der Agrartechnik sein können.

6. Literatur- und Quellenverzeichnis

6.1. Verwendete Literatur

ALBERTZ, J. (2007): Einführung in die Fernerkundung. Grundlagen der Interpretation von Luft- und Satellitenbildern. 3. Auflage. Darmstadt, 254 S.

BARTELME, N. (2005): Geoinformatik. Modelle-Strukturen-Funktionen. 4. Auflage. Berlin-Heidelberg, 454 S.

BENUTZERHANDBUCH INVEKOS-GIS (2005): Herausgegeben von der Agrarmarkt Austria. Wien, 32 S.

BERICHT ÜBER DIE LAGE DER TIROLER LAND- UND FORSTWIRTSCHAFT 2006/2007. Herausgegeben vom Land Tirol, Amt der Tiroler Landesregierung, Gruppe Agrar. Innsbruck, 79 S.

BRUGGER, O. u. WOHLFARTER, R. (1982): Alpwirtschaft heute. Graz, 268 S.

BURKHALTER, R. u. SCHADER, S. (1994): Straßen statt Wiesen und Wälder? Ökologische und ökonomische Beurteilung von Forst- und Güterstraßen. Zürich, 123 S.

FÜRST, J. (2004): GIS in Hydrologie und Wasserwirtschaft. Heidelberg, 336 S.

GAJSKI, D. (2004): Rasterbasierte Geländeoberflächenanalysen. Dissertation am Institut für Photogrammetrie und Fernerkundung der TU Wien. Wien, 157 S.

GRÜNER BERICHT 2008: 49. Grüner Bericht gemäß § 9 des Landwirtschaftsgesetzes, BGBl. Nr. 375/1992. Wien, 320 S.

HANDLER, F. (1993): Einsatzgrenzen von Maschinen und Geräten am Hang. Bundesanstalt für Landtechnik in Wieselburg. Wieselburg, 10 S.

HENSLER, E. (1977): Dreißig Jahre Zusammenlegung landwirtschaftlicher Grundstücke in Tirol. Sonderdruck aus Mitteilungen der Österreichischen Geographischen Gesellschaft, Band 119, I, 1977. Wien, 66-88.

KATZENBEISSER, R. u. KURZ, S. (2004): Airborne Laser-Scanning, ein Vergleich mit terrestrischer Vermessung und Photogrammetrie. Photogrammetrie-Fernerkundung-Geoinformation, Jahrgang 2004, Heft 3. Organ der Deutschen Gesellschaft für Photogrammetrie, Fernerkundung und Geoinformation (DGPF) e.V. Stuttgart, 179-187.

KLAPP, E. (1971): Wiesen und Weiden. Eine Grünlandlehre. 4. Auflage. Berlin-Hamburg, 620 S.

KNÖBL, I. (1983): Bergbauernförderung in Österreich. Direktzahlungen von Bund und Ländern. Forschungsbericht Nr. 10, 2. Auflage. Wien, 138 S.

KRAUS, K. (2000): Photogrammetrie. Band 3, Topographische Informationssysteme. Köln, 419 S.

KRAUS, K. (2002): Laserscanning - ein Paradigma-Wechsel in der Photogrammetrie. Vermessung, Photogrammetrie, Kulturtechnik. Schweizerischer Verein für Vermessungswesen und Kulturtechnik, Schweizerische Gesellschaft für Photogrammetrie, 10/2002. Zürich, 620-624.

KRAUS, K. (2004). Photogrammetrie. Band 1, Geometrische Informationen aus Photographien und Laserscanneraufnahmen. 7. Auflage. Berlin, 516 S.

KRONSTEINER, O. (1983): Zusammenlegungsverfahren in Tirol - Neuordnung im ländlichen Raum. 100 Jahre Agrarische Operationen in Österreich. Herausgegeben vom Amt der Tiroler Landesregierung. Innsbruck, 80 S.

KTBL (2004): Precision Farming. Analyse, Planung, Umsetzung in die Praxis. Herausgegeben von Johann Hufnagel, Ruprecht Herbst, Andreas Jarfe und Armin Werner. Kuratorium für Technik und Bauwesen in der Landwirtschaft e. V. (KTBL), Schrift 419, Loseblattsammlung, Darmstadt.

LANG, E. W. (1989): Tiroler Agrarrecht I. Das Recht der Grundzusammenlegung, Flurbereinigung und des landwirtschaftlichen Siedlungsverfahrens. Institut für Föderalismusforschung Schriftenreihe Verwaltungsrecht, Band 1. Herausgegeben vom Institut für Föderalismusforschung, Innsbruck. Wien, 188 S.

LANG, E. W. (1991): Tiroler Agrarrecht II. Das Recht der Einforstungsrechte (Wald- und Weideservituten) und der agrargemeinschaftlichen Grundstücke. Institut für Föderalismusforschung, Schriftenreihe Verwaltungsrecht, Band 2. Herausgegeben vom Institut für Föderalismusforschung, Innsbruck. Wien, 365 S.

LEGNER, F. (2002): Erfolgreiche Strategien der Wald- und Weideordnung in Tirol. Teil 2. Der Alm- und Bergbauer. Innsbruck, 3-5.

LEGNER, F. (2002): Erfolgreiche Strategien der Wald- und Weideordnung in Tirol. Teil 3. Der Alm- und Bergbauer. Innsbruck, 7-9.

LITZKA, J. (1987): Ländliche Straßen - Bestandteil oder Feind der Landschaft. Vortrag anlässlich der Drei-Länder-Wegebautagung 1987 am 26.05.1987 in Mayrhofen/Zillertal. In: Mitteilungen des Institutes für Geotechnik und Verkehrswesen Universität für Bodenkultur Wien. Reihe Verkehrswesen, Heft 14, Ländliche Straßen Planung-Bau-Erhaltung. Wien, 1-25.

LUDOWICY, C., SCHWAIBERGER, R. u. PEER, L. (2002): Precision Farming. Handbuch für die Praxis. 1. Auflage. Frankfurt am Main, 168 S.

McCOY, J., JOHNSTON, K., KOPP, S., BORUP, B. u. WILLISON, J. (2001-2004): ArcGIS 9. Using ArcGIS Spatial Analyst. GIS by ESRI. USA, 232 S.

NEUSCHMID, K. (1996): Methoden der Böschungssicherung von Hangquerungen im steilen Gelände (Schipisten, Forstwege, Objektsicherungen, etc.). Thiersee, S. 128.

NOTO, F. u. SAUTER, J. (2006): Einsatzgrenzen und Arbeitszeitbedarf von Traktoren und Zweiachsmähern am Hang - Ergebnisse von Praxiserhebungen. In: FAT-Schriftenreihe Nr. 68 (2006). Landtechnik im Alpenraum. Tagung vom 10./11. Mai 2006 in Feldkirch. Tänikon, 17 - 20.

OTT, A. (1979): Stand und Zielvorstellungen für die Mechanisierung der Berglandwirtschaft. Bedeutung, Stand und Entwicklungsmöglichkeiten der Hügel- und Bergbetriebe sowie Stand und Entwicklungsaussichten der Mechanisierung in der

schweizerischen Berglandwirtschaft. Schriftenreihe der Eidg. Forschungsanstalt für Betriebswirtschaft und Landtechnik FAT. Tänikon, 114 S.

PFAHLER, K. (1986): Einfluss der Hangneigung auf die Verfahrenstechnik am Beispiel des Anbaus von Getreide und Körnermais - eine Grundlage für die Bewertung hängiger Flurstücke. Forschungsbericht Agrartechnik des Arbeitskreises Forschung und Lehre der Max-Eyth-Gesellschaft (MEG), Nr. 119 (1986). Weihenstephan, 181 S.

PRE AGRO (2004): Managementsystem für den ortsspezifischen Pflanzenbau. Verbundprojekt pre agro Abschlussbericht. Leibniz-Zentrum für Agrarlandschafts- und Landnutzungsforschung (ZALF) e.V., Müncheberg.

RESORT-GIS-KONZEPT BMLFUW 2007: Erstellt im Auftrag des Bundesministeriums für Land- und Forstwirtschaft, Umwelt und Wasserwirtschaft, Abteilung II/10, Stubenring 1, Wien. Wien, 93 S.

RIEDER, J. B. (1983): Dauergrünland. München, 192 S.

SCHMIDT, F. (2003): Hochgenaue digitale Geländemodelle. Untersuchungen zur Erstellung, Analyse und Anwendung in der Landwirtschaft. Dissertation an der Fakultät für Ingenieurwissenschaften der Universität Rostock. Rostock, 133 S.

SIEG, R. u. WIPPL, J. (1988): Die Außenmechanisierung der Bergbauernbetriebe. Landtechnische Schriftenreihe, Heft 154. Österreichisches Kuratorium für Landtechnik und Landentwicklung. Wien, 69 S.

TAMME, O., BACHER, L., DAX, T., HOVORKA, G., KRAMMER, J. u. WIRTH, M. (2002): Der neue Berghöfekataster - Ein betriebsindividuelles Erschwernisfeststellungssystem in Österreich. Facts & Features Nr. 23 der Bundesanstalt für Bergbauernfragen. Wien, 32 S.

WAGNER, W., ULLRICH, A. u. BRIESE, C. (2003): Der Laserstrahl und seine Interaktion mit der Erdoberfläche. Österreichische Zeitschrift für Vermessung und Geoinformation (VGI), 91. Jahrgang (2003), 4. Wien, 223 - 235.

6.2. Verwendete Gesetze, Verordnungen und Richtlinien

Bundesstraßengesetz 1971 (BStG 1971), BGBl. Nr. 286/1971.

Güter- und Seilwege-Landesgesetz 1970, LGBl. Nr. 40/1970.

INVEKOS-GIS-Verordnung, BGBl. II Nr. 335/2004. Verordnung des Bundesministeriums für Land- und Forstwirtschaft, Umwelt und Wasserwirtschaft über eine auf ein geographisches Informationssystem gestützte Flächenidentifizierung.

Leitfaden der AMA. Futterfläche auf Almen. Abt. VI/A2, 02.05.2000, 6 S.

Richtlinie zur Förderung der Bewirtschaftung von Steilflächen in der Landwirtschaft. Amt der Tiroler Landesregierung, IIIb2-ZV-129/193, vom 4. April 2000.

RVS 3.8, Richtlinien und Vorschriften für den Straßenbau. Herausgegeben von der Forschungsgesellschaft für das Verkehrs- und Straßenwesen gemeinsam mit dem Bundesministerium für Bauten und Technik (heute: Bundesministerium für Verkehr, Innovation und Technologie). Erlass, Zl. 801.103/4-301/87, Ausgabe März 1987 (Änderung September 1992).

Sonderrichtlinie des Bundesministers für Land- und Forstwirtschaft, Umwelt und Wasserwirtschaft (BMLFUW) für das Österreichische Programm zur Förderung einer umweltgerechten, extensiven und den natürlichen Lebensraum schützenden Landwirtschaft - ÖPUL 2007, BMLFUW-LE.1.1.8/0073-II/8/2007. Herausgegeben vom Bundesministerium für Land- und Forstwirtschaft, Umwelt und Wasserwirtschaft. Wien, 86 S.

Sonderrichtlinie des Bundesministeriums für Land- und Forstwirtschaft, Umwelt und Wasserwirtschaft zur Gewährung von Zahlungen für naturbedingte Nachteile in Berggebieten und Zahlungen in anderen Gebieten mit Benachteiligungen - Ausgleichszulage 2008, BMLFUW-LE.1.1.4/0020-II/7/2007. Herausgegeben vom Bundesministerium für Land- und Forstwirtschaft, Umwelt und Wasserwirtschaft. Wien, 22 S.

Tiroler Flurverfassungslandesgesetz 1996 (TFLG 1996), LGBl. Nr. 74/1996.

Tiroler Straßengesetz, LGBl. Nr. 13/1989.

Tiroler Wald- und Weideservitutengesetz 1952 (WWSG), LGBl. Nr. 21/1952.

Verordnung (EWG) Nr. 3508/92 des Rates vom 27. November 1992 zur Einführung eines integrierten Verwaltungs- und Kontrollsystems für bestimmte gemeinschaftliche Beihilferegelungen.

Verordnung (EG) Nr. 1257/1999 des Rates vom 17. Mai 1999 über die Förderung der Entwicklung des ländlichen Raums durch den Europäischen Ausrichtungs- und Garantiefonds für die Landwirtschaft (EAGFL) und zur Änderung bzw. Aufhebung bestimmter Verordnungen.

Verordnung (EG) Nr. 1593/2000 des Rates vom 17. Juli 2000 zur Änderung der Verordnung (EWG) Nr. 3508/92 zur Einführung eines integrierten Verwaltungs- und Kontrollsystems für bestimmte gemeinschaftliche Beihilferegelungen.

Verordnung (EG) Nr. 1782/2003 des Rates vom 29. September 2003 mit gemeinsamen Regeln für Direktzahlungen im Rahmen der Gemeinsamen Agrarpolitik und mit bestimmten Stützungsregelungen für Inhaber landwirtschaftlicher Betriebe und zur Änderung der Verordnungen (EWG) Nr. 2019/93, (EG) Nr. 1452/2001, (EG) Nr. 1453/2001, (EG) Nr. 1454/2001, (EG) Nr. 1868/94, (EG) Nr. 1251/1999, (EG) Nr. 1254/1999, (EG) Nr. 1673/2000, (EWG) Nr. 2358/71 und (EG) Nr. 2529/2001.

Verordnung (EG) Nr. 796/2004 der Kommission vom 21. April 2004 mit Durchführungsbestimmungen zur Einhaltung anderweitiger Verpflichtungen, zur Modulation und zum Integrierten Verwaltungs- und Kontrollsystem nach der Verordnung (EG) Nr. 1782/2003 des Rates mit gemeinsamen Regeln für Direktzahlungen im Rahmen der Gemeinsamen Agrarpolitik und mit bestimmten Stützungsregelungen für Inhaber landwirtschaftlicher Betriebe.

6.3. Internet-Adressen

<http://www.eama.at>

<http://www.land.lebensministerium.at>