



universität
wien

MASTERARBEIT / MASTER'S THESIS

Titel der Masterarbeit / Title of the Master's Thesis

„Freie Geodaten in der topographischen Kartographie –
Realisierung einer topographischen Karte 1:25.000 im
Hochgebirge.“

verfasst von / submitted by
Florian Stender, BSc

angestrebter akademischer Grad / in partial fulfilment of the requirements for the degree of
Master of Science (MSc)

Wien, 2016 / Vienna 2016

Studienkennzahl lt. Studienblatt /
degree programme code as it appears on
the student record sheet:

A 066 856

Studienrichtung lt. Studienblatt /
degree programme as it appears on
the student record sheet:

Kartographie und Geoinformation

Betreut von / Supervisor:

Ass.-Prof. Mag. Dr. Karel Kriz

Danksagung

Mein herzlicher Dank gilt allen Menschen, die mich bis hierhin auf meiner Reise begleitet und unterstützt haben. Meinem Betreuer und seiner Arbeitsgruppe danke ich für ihre Geduld, konstruktive Kritik und die zahlreichen Probedrucke der Karte sowie das Beisteuern einer exzellenten Felszeichnung. Sehr verbunden bin ich ebenso meinen zahlreichen Korrekturlesern, welche den letzten Schritt zum Abschluss dieser Arbeit wesentlich erleichtert haben.

Inhaltsverzeichnis

Abbildungsverzeichnis	vii
Kurzfassung	xiii
Abstract	xiv
1 Problemstellung und Hintergrund	1
1.1 Erläuterung der Problemstellung	1
1.2 Ziele der Arbeit	1
2 Forschungsfragen	4
2.1 Hauptfrage	4
2.2 Teilfragen	4
2.3 Vorausgehende Annahmen	5
3 Die topographische Kartographie	6
3.1 Die topographische Karte	6
3.1.1 Kartenmaßstab	7
3.1.2 Verwendungszweck einer Karte	7
3.1.3 Entstehung einer Karte	8
3.2 Gestaltungselemente topographischer Spezialkarten	8
3.2.1 Situation	9
3.2.2 Geländedarstellung	12
3.2.3 Namengut und Höhenbeschriftung	20
3.2.4 Blattrandausstattung	21
3.3 Generalisierung	22
4 Die österreichische topographische Hochgebirgskartographie	24
4.1 Die Entwicklung der Kartographie in Österreich	24
4.2 Die amtliche topographische Kartographie in Österreich nach dem Zweiten Weltkrieg	25
4.3 Die Alpenvereinskartographie in Österreich	25

4.4	Aktuelle Situation der Verlagskartographie	28
5	Digitale Höhendarstellungen und Folgeprodukte	29
5.1	Abgrenzung von (digitalen) Höhendarstellungen	29
5.1.1	Unterschiedliche Typen von digitalen Höhendarstellungen	29
5.1.2	Aufbau einer Geländedarstellung (stellvertretend für alle Höhendarstellungen)	30
5.2	Erhebung von Höhendaten	31
5.2.1	Entwicklung topographischer Messinstrumente zur Erfassung von Geländehöhen	31
5.2.2	Aktuelle Verfahren zur Erhebung von Geländehöhen für kartographische Zwecke	32
5.3	Die Weiterverarbeitung von Höhendaten	38
5.3.1	Speichern und visualisieren von digitalen Höhendaten	38
5.3.2	Dateiformate von Höhendarstellungen	39
5.3.3	Technische Daten von digitalen Höhendarstellungen in Abhängigkeit der Erhebungsmethoden der Rohdaten sowie deren Weiterverarbeitung	40
5.3.4	Abgeleitete Kartenelemente	43
6	Überblick über die Open Data- und Open Government Data-Initiativen	45
6.1	Potenziale in der Marktwirtschaft durch offene Daten	45
6.2	(Geo)Daten und Datenquellen	46
6.3	Die Ursprünge von frei verfügbaren Daten	47
6.4	Merkmale und Unterscheidung von Open Data und Open Government Data	47
6.5	Anforderungen an Open Data	48
6.6	Anforderungen an Open Government Data	49
6.7	Standard-Lizenzmodelle für Open Data und Open Government Data	49
6.7.1	Gründe für Standard-Lizenzmodelle	50
6.7.2	Anforderungen an Lizenzmodelle	50
6.7.3	Lizenelemente	50
6.7.4	Beispiele verschiedener Lizenzmodelle	51
6.8	Publikationsformen von offenen Geodaten	53
6.8.1	Art der Institution	53

6.8.2	Maßstabsebene und globaler Deckungsgrad	54
6.8.3	Datentyp	54
6.8.4	Art der Datenverbreitung	54
6.8.5	Lizenzmodell.....	54
6.9	Nutzbarkeit der verfügbaren Geodaten	55
6.9.1	Relevante Datenquellen für die Umsetzung einer topographischen Spezialkarte im alpinen Raum Österreichs	55
6.9.2	Globale Mindestdeckung.....	55
7	Vorstellung des Untersuchungsgebietes	57
7.1	Lage und Grund der Selektion	57
7.2	Auswahl relevanter Daten.....	58
8	Dokumentation der Datenaufbereitung und Kartenherstellung 1:25.000.....	59
8.1	Rohdatenaufbereitung mittels ArcGIS	61
8.1.1	Datenimport und -transformation	61
8.1.2	Datenaufbereitung	65
8.2	Ergänzung fehlender und unvollständiger Daten mittels Geländeerhebung	68
8.2.1	Ressourcen und Methodik.....	68
8.3	Externe Expertise	70
8.3.1	Felszeichnung	70
8.3.2	Schuttgräben	71
8.4	Graphische Aufbereitung mittels Adobe Illustrator.....	72
8.4.1	Geländeinformationen.....	73
8.4.2	Karteninhalt	74
8.4.3	Kartenrandausstattung und gesamte Karte	75
8.5	Die Zeichenerklärung.....	76
8.6	Statistische Auswertungen	79
8.6.1	Güte der Höhendaten	79
8.6.2	Zeitaufwand für die Kartenherstellung.....	83

8.6.3	Flächenanteil der Landbedeckung des Kartenfensters	85
9	Ergebnisse und Diskussion	86
9.1	Die Karte 1:25.000 mit 10 m Höhendaten	86
9.2	Die Karte 1:25.000 mit 30 m Höhendaten	86
9.3	Generalisierung auf die Maßstäbe 1:50.000 und 1:200.000	89
9.3.1	Maßstab 1:50.000	89
9.3.2	Maßstab 1:200.000	92
9.4	Analyse und Vergleich der Ergebnisse	94
9.4.1	Qualität der Karten	94
9.4.2	Ressourcenaufwand	94
9.4.3	Standortverfügbarkeit	95
9.5	Bezug zu den Forschungsfragen	95
9.5.1	Beantwortung der Teilfragen	95
9.5.2	Beantwortung der Hauptfrage	96
10	Zukunftsausblick	97
10.1	Potenziale und aktuelle Beschränkungen offener Geodaten	97
10.2	Voraussichtliche Entwicklungen von Open Data und Open Government Data	97
10.3	Entwicklungsmöglichkeiten der Kartographie	97
	Abkürzungsverzeichnis	99
	Literaturverzeichnis	103
	Druckmedien exclusive topographischer Karten	103
	Topographische Karten	106
	Internetlinks	106
	Externe Expertise	111
	Anhang	112

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1 - Darstellung von Siedlungen in einer ÖK50 (Maßstab: 1:50.000 - nicht maßstabsgerecht) - Quelle: BEV 2007	9
Abbildung 2 - Darstellung von Verkehrswegen in einer ÖK50 (Maßstab: 1:50.000 - nicht maßstabsgerecht)- Quelle: BEV 2013	10
Abbildung 3 - Darstellung von Gewässern in einer Schweizer Landeskarte 1:25.000 (nicht maßstabsgerecht) - Quelle: SWISSTOPO 2012	10
Abbildung 4 - Darstellung von Vegetation in einer Alpenvereinskarte (nicht maßstabsgerecht) - Quelle: ÖAV & DAV 2005 (A)	11
Abbildung 5 - Formen und Anordnungen von Signaturen - Quelle: Hake & Grünreich 1994, S.101	12
Abbildung 6 - Unterschiedliche Schummerungen abgeleitet aus einem 10 m Laserscan DGM - Quelle: OGD in Niederösterreich 2016 und GIS Steiermark 2016; eigene Darstellung	13
Abbildung 7 - Alpenvereinskarte 51 (Brentagruppe) mit genetischer Felsdarstellung (Maßstab: 1:25.000 - nicht maßstabsgerecht) - Quelle: ÖAV & DAV 2005 (B).....	15
Abbildung 8 - Schweizer Karte 1:25.000 1269 (Aletschgletscher) mit geometrische gebundener Felsdarstellung (nicht maßstabsgerecht) - Quelle: SWISSTOPO 2007.....	16
Abbildung 9 - ÖK50 143 (St. Anton am Arlberg) mit geometrische gebundener Felsdarstellung (nicht maßstabsgerecht) - Quelle: BEV 2000.....	16
Abbildung 10 - Alpenvereinskarte 31/1 (Stubai Alpen Hochstubai) mit geometrisch gebundener Felsdarstellung (Maßstab: 1:25.000 - nicht maßstabsgerecht) - Quelle: ÖAV & DAV 2005 (A)	17
Abbildung 11 - Alpenvereinskarte 10/2 (Hochkönig Hagengebirge) mit geometrisch integrierter Felsdarstellung (Maßstab 1:25.000 - nicht maßstabsgerecht) - Quelle: ÖAV & DAV 2015	17
Abbildung 12 - Typen geometrischer Generalisierung - Quelle: Hake & Grünreich 1994, S.112	23
Abbildung 13 - Alpenvereinskarte 18 (Hochschwabgruppe) als Lizenzkarte des BEV mit geometrisch gebundener Felsdarstellung (Maßstab: 1:50.000 - nicht maßstabsgerecht) - Quelle: ÖAV & DAV 2013.....	28
Abbildung 14 - Unterschiedliche LiDAR-Verfahren - Quelle: Höfle & Rutzinger, 2011.....	32

Abbildung 15 - Vergleich diskreter und kontinuierlicher Laserscans - Quelle: Glennie et al. 2013, S.14	33
Abbildung 16 - Darstellungsmöglichkeiten einer DHD - Quelle: A und B: <i>GIS Steiermark</i> 2016; C: <i>IfGR</i> 2012; eigene Darstellung	39
Abbildung 17 - CC Lizenzmodelle - Quelle: CC (D) 2016.....	52
Abbildung 18 - Untersuchungsgebiet Schneealpe (rot umrandet) in einer ÖK200 (nicht maßstabsgerecht) - Quelle: <i>Austrian Map Online</i> 2016; eigene Darstellung	57
Abbildung 19 – chronologischer Arbeitsablauf der Kartenherstellung – Quelle: eigene Darstellung	60
Abbildung 20 - Auswahl des Kartenausschnitts anhand des Orthophoto-Datendienstes <i>Geoimage Austria</i> - Quelle: <i>Geoimage Austria</i> 2016; eigene Darstellung.....	62
Abbildung 21 - Rohdatenimport in <i>ArcGIS</i> - Quelle: <i>OGD in Niederösterreich</i> 2016, <i>GIS Steiermark</i> 2016 und <i>Geofabrik</i> 2016; eigene Darstellung.....	63
Abbildung 22 – Ausschnitt der abgeleiteten Höhenschichtlinien - Quelle: <i>OGD in Niederösterreich</i> 2016, <i>GIS Steiermark</i> 2016 und <i>Earthexplorer</i> 2016; eigene Darstellung.....	64
Abbildung 23 - Differenzmodell aus <i>DGM</i> und <i>DOM</i> - Quelle: <i>GIS Steiermark</i> 2016; eigene Bearbeitung und Darstellung	66
Abbildung 24 - Vorher-Nachher-Vergleich der ALS-Höhenlinien - Quelle: <i>OGD in Niederösterreich</i> 2016 und <i>GIS Steiermark</i> 2016; eigene Bearbeitung und Darstellung.....	67
Abbildung 25 - Zu beseitigende Unklarheiten im Untersuchungsgebiet (nicht maßstabsgerecht) - Quelle: <i>OGD in Niederösterreich</i> 2016, <i>GIS Steiermark</i> 2016 und <i>Geofabrik</i> 2016; eigene Bearbeitung und Darstellung	69
Abbildung 26 - Eingesetztes GPS-Gerät der Firma <i>Z:NEX</i> - Quelle: eigenes Photo	69
Abbildung 27 - Export der aufbereiteten Daten aus <i>ArcGIS</i> (nicht maßstabsgerecht) - Quelle: <i>OGD in Niederösterreich</i> 2016, <i>GIS Steiermark</i> 2016 und <i>Geofabrik</i> 2016; eigene Bearbeitung und Darstellung	70
Abbildung 28 - Ausschnitt der automatisiert generierten Felszeichnung (nicht maßstabsgerecht) - Quelle: Grünwald 2015.....	71
Abbildung 29 - Eingabeparameter für den <i>Scree Painter</i> - Quelle: <i>Scree Painter</i> 2016; eigene Bearbeitung und Darstellung	72
Abbildung 30 – Ausschnitt der Schuttdarstellung (nicht maßstabsgerecht) - Quelle: <i>Scree Painter</i> 2016; eigene Bearbeitung und Darstellung	72

Abbildung 31 - Ausschnitt der Geländedarstellung (nicht maßstabsgerecht) - Quelle: <i>OGD in Niederösterreich 2016, GIS Steiermark 2016 und Geofabrik 2016</i> ; eigene Bearbeitung und Darstellung	74
Abbildung 32 - Ausschnitt des Karteninhaltes (nicht maßstabsgerecht) - Quelle: <i>OGD in Niederösterreich 2016, GIS Steiermark 2016 und Geofabrik 2016</i> ; eigene Bearbeitung und Darstellung	75
Abbildung 33 - Ausschnitt des Karteninhaltes mit ASTER-Daten (nicht maßstabsgerecht) - Quelle: <i>OGD in Niederösterreich 2016, GIS Steiermark 2016, Earthexplorer 2016 und Geofabrik 2016</i> ; eigene Bearbeitung und Darstellung	87
Abbildung 34 - Ausschnitt des Karteninhaltes mit SRTM-Daten (nicht maßstabsgerecht) - Quelle: <i>OGD in Niederösterreich 2016, GIS Steiermark 2016, Earthexplorer 2016 und Geofabrik 2016</i> ; eigene Bearbeitung und Darstellung	88
Abbildung 35 - Testgebiet 1 1:50.000 mit Laserscan-Daten (nicht maßstabsgerecht) - Quelle: <i>OGD in Nieder-österreich 2016, GIS Steiermark 2016 und Geofabrik 2016</i> ; eigene Bearbeitung und Darstellung	90
Abbildung 36 - Testgebiet 1 1:50.000 mit ASTER-Daten (nicht maßstabsgerecht) - Quelle: <i>OGD in Nieder-österreich 2016, GIS Steiermark 2016, Earthexplorer 2016 und Geofabrik 2016</i> ; eigene Bearbeitung und Darstellung	90
Abbildung 37 - Testgebiet 1 1:50.000 mit SRTM-Daten (nicht maßstabsgerecht) - Quelle: <i>OGD in Nieder-österreich 2016, GIS Steiermark 2016, Earthexplorer 2016 und Geofabrik 2016</i> ; eigene Bearbeitung und Darstellung	90
Abbildung 38 - Testgebiet 2 1:50.000 mit Laserscan-Daten (nicht maßstabsgerecht) - Quelle: <i>OGD in Nieder-österreich 2016, GIS Steiermark 2016 und Geofabrik 2016</i> ; eigene Bearbeitung und Darstellung	91
Abbildung 39 - Testgebiet 2 1:50.000 mit ASTER-Daten (nicht maßstabsgerecht) - Quelle: <i>OGD in Nieder-österreich 2016, GIS Steiermark 2016, Earthexplorer 2016 und Geofabrik 2016</i> ; eigene Bearbeitung und Darstellung	91
Abbildung 40 - Testgebiet 2 1:50.000 mit SRTM-Daten (nicht maßstabsgerecht) - Quelle: <i>OGD in Nieder-österreich 2016, GIS Steiermark 2016, Earthexplorer 2016 und Geofabrik 2016</i> ; eigene Bearbeitung und Darstellung	91
Abbildung 41 - Ausschnitt Untersuchungsgebiet 1:200.000 mit Laserscan-Daten (nicht maßstabsgerecht) - Quelle: <i>OGD in Niederösterreich 2016, GIS Steiermark 2016 und Geofabrik 2016</i> ; eigene Bearbeitung und Darstellung	92
Abbildung 42 - Ausschnitt Untersuchungsgebiet 1:200.000 mit ASTER-Daten (nicht maßstabsgerecht) - Quelle: <i>OGD in Niederösterreich 2016, GIS Steiermark 2016, Earthexplorer 2016 und Geofabrik 2016</i> ; eigene Bearbeitung und Darstellung.....	93

Abbildung 43 - Ausschnitt Untersuchungsgebiet 1:200.000 mit SRTM-Daten (nicht maßstabsgerecht) - Quelle: <i>OGD in Niederösterreich 2016, GIS Steiermark 2016, Earthexplorer 2016</i> und <i>Geofabrik 2016</i> ; eigene Bearbeitung und Darstellung.....	93
Abbildung 44 - Untersuchungsgebiet 1:200.000 mit Laserscan-Daten (nicht maßstabsgerecht) - Quelle: <i>OGD in Niederösterreich 2016, GIS Steiermark 2016</i> und <i>Geofabrik 2016</i> ; eigene Bearbeitung und Darstellung	122
Abbildung 45 - Untersuchungsgebiet 1:200.000 mit ASTER-Daten (nicht maßstabsgerecht) - Quelle: <i>OGD in Niederösterreich 2016, GIS Steiermark 2016, Earthexplorer 2016</i> und <i>Geofabrik 2016</i> ; eigene Bearbeitung und Darstellung.....	123
Abbildung 46 - Untersuchungsgebiet 1:200.000 mit SRTM-Daten (nicht maßstabsgerecht) - Quelle: <i>OGD in Niederösterreich 2016, GIS Steiermark 2016, Earthexplorer 2016</i> und <i>Geofabrik 2016</i> ; eigene Bearbeitung und Darstellung.....	124

Tabellenverzeichnis

Tabelle 1 - Äquidistanzen topographischer Karten - Quelle: eigene Erhebung und Darstellung.....	19
Tabelle 2 - Hochgebirgsäquidistanzen - Quelle: Brandstätter 1957, S.30 und Kriz 2015, S.155; eigene Darstellung	20
Tabelle 3 - Die Perioden der Gestaltungslehre in der Alpenvereinskartographie – Quelle: Krexhammer 2014	27
Tabelle 4 - Geländedarstellungen - Quelle: Bill 1996, S.123, Bill 2010, S.361 und Kohlstock 2010, S.163; eigene Darstellung.....	30
Tabelle 5 - Speicherformate für Höhendaten - Quelle: eigene Erhebung und Darstellung.....	40
Tabelle 6 - Vergleich verschiedener <i>DHDs</i> - Quelle: eigene Erhebung und Darstellung.....	41
Tabelle 7 - Aufwand für verschiedene <i>DHDs</i> - Quelle: eigene Erhebung und Darstellung	42
Tabelle 8 - Vokabular der <i>CC OD</i> -Lizenzen - Quelle: <i>CC (A) 2016</i> und <i>CC (B) 2016</i> ; eigene Erhebung und Darstellung	51
Tabelle 9 - Relevante Datenquellen für das Untersuchungsgebiet - Quelle: eigene Erhebung und Darstellung	58
Tabelle 10 - Korrelation nach Pearson für die Höhenpunkte der Schneealpe - Quelle: eigene Erhebung und Darstellung	80

Tabelle 11 - Kolmogorov-Smirnov-Test auf Normalverteilung für die Höhenpunkte der Schneealpe - Quelle: eigene Erhebung und Darstellung	81
Tabelle 12 - Bartlett-Test auf Sphärität für die Höhenpunkte der Schneealpe - Quelle: eigene Erhebung und Darstellung	81
Tabelle 13 - Validitätsprüfung der Regressionsanalyse für die 10 m DGM und ÖK50 Höhenpunkte der Schneealpe - Quelle: eigene Erhebung und Darstellung	81
Tabelle 14 - Regressionskoeffizienten der Regressionsanalyse für die 10 m DGM und ÖK50 Höhenpunkte der Schneealpe - Quelle: eigene Erhebung und Darstellung	82
Tabelle 15 - Aufgewendete Zeit für die Erstellung der topographischen Karte 1:25.000 - Quelle: eigene Erhebung und Darstellung	84
Tabelle 16 – Landbedeckung des Untersuchungsgebietes – Quelle: eigene Erhebung und Darstellung.....	85
Tabelle 17 – internationale Datenquellen für Österreich – Quelle: eigene Erhebung und Darstellung.....	112
Tabelle 18 - nationale Datenquellen für Österreich – Quelle: eigene Erhebung und Darstellung.....	113
Tabelle 19 - regionale Datenquellen für Österreich (A) – Quelle: eigene Erhebung und Darstellung.....	114
Tabelle 20 - regionale Datenquellen für Österreich (B) – Quelle: eigene Erhebung und Darstellung.....	115
Tabelle 21 - regionale Datenquellen für Österreich (C) – Quelle: eigene Erhebung und Darstellung.....	116
Tabelle 22 - Validitätsprüfung der Regressionsanalyse für die 30 m DGM und ÖK50 Höhenpunkte der Schneealpe - Quelle: eigene Erhebung und Darstellung	118
Tabelle 23 - Regressionskoeffizienten der Regressionsanalyse für die 30 m DGM und ÖK50 Höhenpunkte der Schneealpe - Quelle: eigene Erhebung und Darstellung	118
Tabelle 24 - Validitätsprüfung der Regressionsanalyse für die 10 m DGM und 30 m DGM Höhenpunkte der Schneealpe - Quelle: eigene Erhebung und Darstellung	118
Tabelle 25 - Regressionskoeffizienten der Regressionsanalyse für die 10 m DGM und 30 m DGM Höhenpunkte der Schneealpe - Quelle: eigene Erhebung und Darstellung.....	118
Tabelle 26 - Korrelation nach Pearson für die Höhenpunkte der Region Arlberg - Quelle: eigene Erhebung und Darstellung	119
Tabelle 27 - Kolmogorov-Smirnov-Test auf Normalverteilung für die Höhenpunkte der Region Arlberg - Quelle: eigene Erhebung und Darstellung	119

Tabelle 28 - Bartlett-Test auf Spherizität für die Höhenpunkte der Region Arlberg - Quelle: eigene Erhebung und Darstellung.....	119
Tabelle 29 - Validitätsprüfung der Regressionsanalyse für die 10 m <i>DGM</i> und <i>ÖK50</i> Höhenpunkte der Region Arlberg - Quelle: eigene Erhebung und Darstellung	120
Tabelle 30 - Regressionskoeffizienten der Regressionsanalyse für die 10 m <i>DGM</i> und <i>ÖK50</i> Höhenpunkte der Region Arlberg - Quelle: eigene Erhebung und Darstellung.....	120
Tabelle 31 - Validitätsprüfung der Regressionsanalyse für die 30 m <i>DGM</i> und <i>ÖK50</i> Höhenpunkte der Region Arlberg - Quelle: eigene Erhebung und Darstellung	120
Tabelle 32 - Regressionskoeffizienten der Regressionsanalyse für die 30 m <i>DGM</i> und <i>ÖK50</i> Höhenpunkte der Region Arlberg - Quelle: eigene Erhebung und Darstellung.....	120
Tabelle 33 - Validitätsprüfung der Regressionsanalyse für die 10 m <i>DGM</i> und 30 m <i>DGM</i> Höhenpunkte der Region Arlberg - Quelle: eigene Erhebung und Darstellung	121
Tabelle 34 - Regressionskoeffizienten der Regressionsanalyse für die 10 m <i>DGM</i> und 30 m <i>DGM</i> Höhenpunkte der Region Arlberg - Quelle: eigene Erhebung und Darstellung.....	121

Kurzfassung

Das Thema frei verfügbarer Daten sollte auch im Bereich der Kartographie ausführlich diskutiert werden, da ein großer Teil von Daten aller Art einen räumlichen Bezug hat und somit für die Kartographie von Relevanz ist. Österreich hat im Zuge der Entwicklung bezüglich *Open Government Data* in Europa eine Führungsrolle eingenommen. Unter Berücksichtigung dieser Trends ist es das Ziel dieser Arbeit herauszufinden, ob es möglich ist eine vollwertige topographische Hochgebirgskarte im Maßstab 1:25.000 aus frei verfügbaren Daten zu erstellen.

In einem ersten Schritt wurden die Kriterien für die Erstellung einer professionellen topographischen Karte im Hochgebirgsraum festgelegt. Dabei erfolgte nach Ausweisung der generellen Kriterien eine Differenzierung nach Maßstabsebene. Besonders wichtige Stilelemente für eine topographische Hochgebirgskarte sind vor allem die Felszeichnung, die Höhenschichtlinien sowie die Geländeschummerung. Durch die individuelle Konstellation (beziehungsweise auch das Weglassen) einzelner Elemente ergibt sich ein jeweils eigener Charakter der gesamten Karte. Diese Elemente werden allesamt aus Höhendaten gewonnen. Aus diesem Grund lag ein besonderes Augenmerk auf den verschiedenen Quellen sowie der Weiterverarbeitung von Höhendaten. Eine Auseinandersetzung mit kartographischen Meilensteinen soll dazu beitragen diverse Stilrichtungen in der topographischen Hochgebirgskartographie vorzustellen und zu beurteilen. In einem zweiten Schritt wurden potenziell brauchbare Datenquellen erhoben und bewertet. Aus diesem Datenpool wurden für den Raum Ostösterreich brauchbare Daten miteinander verglichen und ausgewählt.

Nach der Festlegung der Kriterien einer topographischen Karte sowie der ausführlichen Datenbestandserhebung folgte in einem praktischen Teil die exemplarische Umsetzung einer topographischen Karte aus frei verfügbaren Daten. Zunächst wurde ein Untersuchungsgebiet im Bereich der Schneealpe in der Steiermark und in Niederösterreich mit verschiedenen Höhendaten im Maßstab 1:25.000 abgebildet. Um auch schlechter aufgelöste Datensätze nicht grundsätzlich als erste Priorität auszuschließen, wurde mittels zwei Generalisierungsstufen (1:50.000 und 1:200.000) versucht herauszufinden, welche Datengenauigkeit die Mindestanforderung eines Maßstabbereiches ist.

Es zeigte sich, dass die aktuelle Versorgungslage mit frei verfügbaren Daten in Österreich mehr als ausreichend ist topographische Karten zu erzeugen, welche auch kartographischen Standards genügen.

Abstract

The topic of freely available data should be discussed also in the branch of cartography in detail because a major part of data of all kinds contains a spatial relation und therefore is relevant for cartography. Austria took a leading role in the course of the development of *Open Government Data* in Europe. Considering these trends the goal of this thesis is to evaluate if it is possible to create wholesome topographical maps in high mountain regions with the scale 1:25.000 out of freely available data.

In a first step the criteria for the development of a professional topographical map in high mountain regions were specified. After declaring general criteria a differentiation by scale followed. Major style elements for a topographical map in high mountain regions are especially the rock drawing, the contour lines and the relief shading. By individual alignment (or omitting) of single elements an own character of the map emerges. These elements all are assessed out of elevation data. For this reason special attention is paid to the different sources as well as the processing of elevation data. An examination of cartographic milestones shall help to introduce and evaluate different stylistic directions in the topographical high mountain cartography. In a second step potentially useful sources of data have been assessed and valued. Out of this data pool useful data for eastern Austria have been compared and selected.

After the definition of criteria of a topographical map as well as the extensive assessment of data availability in a practical part the exemplified realization of a topographical map generated with freely available data followed. At first a research area in the region "Schneealpe" in Styria and Lower Austria with different elevation data with the scale 1:25.000 was displayed. In order not to exclude data with a lower resolution principally as first priority it was tried to discover via two steps of generalization (1:50.000 and 1:200.000) which data precision the minimum requirement of a scale is.

The research demonstrated that the actual supply situation with freely available data in Austria is more than sufficient to create topographic maps which meet the demanding standards of cartography.

1 Problemstellung und Hintergrund

Innerhalb der letzten Jahre ist im Rahmen von zahlreichen Initiativen bezüglich *Open Data (OD)* und *Open Government Data (OGD)* die Verfügbarkeit von freien Daten im Internet rasant angestiegen. Dies birgt für die topographische Kartographie zahlreiche Chancen und Alternativen, aber auch vielfältige Risiken. Die topographische Kartographie selbst befindet sich seit einigen Jahren in einer ausgeprägten Entwicklungsphase. Neue digitale Darstellungsformen ergänzen die klassische analoge Verlagskartographie oder konkurrieren mit ihr. Trotz geringer Mitarbeiterzahlen in Kartenverlagen nimmt die analoge Karte noch immer einen hohen Stellenwert bei den Nutzern ein (Krexhammer 2014, S. 102). Dies stellt für kleine Privatunternehmer eine Chance dar, selbstständig Karten zu publizieren und zu vermarkten, da der Zeit- und Kostenaufwand mit Hilfe von frei verfügbaren Geodaten sinkt und auch in etablierten Kartenverlagen die Funktionen des Kartographen mit jenen eines Redakteurs oder Marketingspezialisten verschmelzen. Allerdings ist hier Vorsicht geboten, da durch die flexiblere und einfachere Produktion die Gefahr besteht, dass Ausbildungshürden umgangen werden und somit die Qualität dieser Kartenprodukte unzureichend ist.

1.1 Erläuterung der Problemstellung

An dieser Stelle hakt nun die zentrale Forschungsfrage ein, welche sich den Überlegungen widmen soll, aus frei verfügbaren Daten hochqualitative topographische Karten zu produzieren. Ob eine grundsätzliche Annahme eines Zusammenhanges zwischen einer erhöhten Quantität an verfügbaren Daten und einer daraus entstehenden verbesserten Nutzbarkeit der Datensituation zutrifft, gilt es unter anderem im Verlauf der praktischen Arbeit herauszufinden. Da prinzipiell jede Person Daten im Internet verfügbar machen kann und dies auch in hohem Maße geschieht, fehlt hier eine nötige Qualitätskontrolle. Ebenso muss stets der Lizenztyp, unter welchem ein Datensatz zur Verwendung angeboten wird, beachtet werden. Besonders im Rahmen von kommerziellen Folgeprodukten gibt es oftmals Limitierungen in Bezug auf die Modifikation und die Weitergabe von Daten.

1.2 Ziele der Arbeit

Im Rahmen dieser Masterarbeit sollen in einem ersten Schritt die Kriterien für die Erstellung einer professionellen topographischen Karte im Hochgebirgsraum festgelegt werden. Dabei soll nach Ausweisung der generellen Kriterien eine Differenzierung nach Maßstabebene erfolgen. Zudem sollen die Feinheiten der individuellen kartographischen Schulen herausgearbeitet werden, anhand welcher das freie gestalterische Potenzial ausgelotet werden soll. Ein Gestaltungsspielraum ist zum einen erstrebenswert im Sinne einer individuellen kartographischen Vielfalt, zum anderen aber eventuell aufgrund der Datenlage auch zwingend erforderlich. Besonders wichtige Stilelemente für eine topographische Hochgebirgskarte sind die Felszeichnung, die Höhenschichtlinien sowie die Geländeschummerung.

Durch die individuelle Konstellation (beziehungsweise auch das Weglassen) einzelner Elemente ergibt sich ein jeweils eigener Charakter der gesamten Karte. Auch die Landbedeckungsklassen spielen eine wichtige Rolle für die Orientierung im Gelände. Je stärker die Klassen differenziert sind, desto einfacher ist in der Regel die Orientierungsmöglichkeit für den Nutzer im Gelände. Eine intensive Auseinandersetzung mit der Alpenvereinskartographie und ihrer geschichtlichen Entwicklungsdynamik soll ebenfalls dazu beitragen diverse Stilrichtungen in der topographischen Hochgebirgskartographie vorzustellen und zu beurteilen.

In einem zweiten Schritt sollen potenziell brauchbare Datenquellen erhoben und bewertet werden. Grundsätzlich kann man vier verschiedene politische Ebenen an Datenschnittstellen unterscheiden. Es gibt internationale Anbieter (wie zum Beispiel *Earthexplorer* (2016) des *United States Geological Survey (USGS)* oder *Geofabrik* (2016) mit Datenpaketen von *Open Street Map (OSM)*), welche großräumig verfügbare Datensätze anbieten. Dies können beispielsweise Höhenmodelle (Raster) wie *Advanced Spaceborne Thermal Emission and Reflection Radiometer (ASTER)* und *Shuttle Radar Topography Mission (SRTM)* oder Situationsdaten (Vektor) in kleinem Maßstab sein. Zu beachten ist für diese internationalen Anbieter das teilweise Verwischen der Grenze zwischen *OGD* und *OD*. Weiters gibt es einige Anbieter auf nationaler Ebene, wie zum Beispiel das *Bundesamt für Eich- und Vermessungswesen (BEV)* (*BEV (A)* 2016), welche ihre Daten hauptsächlich kommerziell vertreiben. Auf Länderebene gibt es bereits ein größeres Angebot für kostenfreie Daten. Inzwischen bieten zahlreiche österreichische Bundesländer hochauflösende Höhenmodelle aus Laserscans zur Nutzung an. Zudem gibt es noch einige lokale Anbieter.

Für die genannten Schritte soll ein besonderes Augenmerk auf digitale Höhenmodelle und deren Folgeprodukte gelegt werden, da durch diese eine Karte entscheidend geprägt wird und eine ausreichende Deckung mit Daten hier besonders wichtig ist.

Nach der Festlegung der Kriterien einer topographischen Karte sowie der ausführlichen Datenbestandserhebung und einer Bewertung nach qualitativen Gesichtspunkten sollen in einem praktischen Teil exemplarische Umsetzungen von topographischen Karten folgen. Hierbei soll ein Untersuchungsgebiet im Bereich der Schneealpe in der Steiermark und in Niederösterreich in verschiedenen Maßstäben abgebildet werden. Dabei sollen die theoretisch ausgelegten Gestaltungskriterien und die erhobenen Datenquellen angewendet werden. Schwierigkeiten könnten im Besonderen zum einen bei der Erhebung des Namengutes auftreten. Hier sind voraussichtlich Geländearbeiten nötig, welche sich in dieser Region als recht gut machbar erweisen sollten. Zum anderen stellt sich die Darstellung einer Felszeichnung, welche in der Vergangenheit per Hand angefertigt wurde und künstlerisches Geschick erforderte, als Herausforderung dar. In dieser Arbeit soll versucht werden auf Basis eines automatisierten Prozesses nach Grünwald & Kriz 2015 (S.99ff) eine automatisiert abgeleitete Felszeichnung anzuwenden.

Ziel der Arbeit ist es zu erheben, ob es grundsätzlich möglich ist ausschließlich mit frei verfügbaren Ressourcen topographische Karten für den Hochgebirgsraum in einer brauchbaren Art und Weise darzustellen, oder ob grundsätzlich oder punktuell Daten hinzugekauft beziehungsweise selbst erhoben werden müssen. Hierbei soll auch eine Differenzierung zwischen global und lokal verfügbaren Daten erfolgen. *ASTER*- oder *SRTM*-Höhenmodelle mit einer räumlichen Auflösung von 30 m beziehungsweise 90 m können aus diversen Datenquellen für die gesamte bewohnte Erdoberfläche kostenlos bezogen werden. *Shape*-Datensätze der *OSM* können nach Staat diffe-

renziert bezogen werden. Höher aufgelöste Daten müssen voraussichtlich lokal bezogen werden und können unter Umständen lediglich kommerziell verfügbar sein. Dies erhöht zwar das Potenzial großmaßstäbiger Karten, erhöht jedoch auch den Aufwand und die Kosten. Als Resultat der praktischen Arbeiten sollen zunächst drei verschiedene Karten im Maßstab 1:25.000 mit unterschiedlicher Datenbasis vorliegen. Diese sollen dann hinsichtlich der Erfüllung der zuvor festgelegten kartographischen Rahmenbedingungen kritisch miteinander verglichen werden. Die erzeugten Karten sollen anschließend mittels Generalisierung auf zwei kleinere Maßstäbe (1:50.000 und 1:200.000) umgesetzt werden.

Schlussendlich soll eine Empfehlung abgegeben werden, ob (und falls ja bis zu welcher Maßstabsebene) frei verfügbare Daten die Erstellung einer professionellen topographischen Karte zulassen. Als Zukunftsausblick soll anhand der Qualität der Karten im Maßstab 1:25.000 in Verbindung mit prognostizierten weiteren Entwicklungen im Bereich der offenen Daten ein Urteil darüber abgegeben werden, wie die weitere Entwicklung der klassischen Kartographie aussehen könnte.

2 Forschungsfragen

In diesem Abschnitt soll die Kernfrage der Arbeit in den Raum gestellt sowie anhand weiterer Teilfragen von verschiedenen Perspektiven beleuchtet und kritisch hinterfragt werden. Die Teilfragen sollen zudem als roter Faden dienen und durch die folgenden Kapitel des theoretischen und praktischen Teils leiten.

2.1 Hauptfrage

Sämtliche, im Laufe dieser Arbeit beschriebenen Erkenntnisse, Ableitungen und Komplikationen sollen der Beantwortung der folgenden zentralen Fragestellung der Arbeit dienen: „Inwieweit ermöglichen frei verfügbare Geodaten die Erstellung großmaßstäbiger topographischer Hochgebirgskarten / topographischer Spezialkarten, welche kartographischen Standards genügen?“ In sämtlichen theoretischen und praktischen Schritten wird hierbei ein besonderes Augenmerk auf digitale Höhenmodelle und deren Folgeprodukte gelegt.

2.2 Teilfragen

Aus der Forschungsfrage ergeben sich nun in Folge viele weitere zu klärende Begrifflichkeiten sowie neue Probleme.

Als essentielle Unterfragen zur näheren Untersuchung der Hauptfrage ergeben sich:

- 1) Was sind allgemein anerkannte Gestaltungskriterien für topographische (Hochgebirgs-) Karten in Abhängigkeit von der Maßstabsebene?
- 2) Was sind digitale Höhenmodelle und welche verschiedenen Typen gibt es?
- 3) Was sind (freie) Daten, wie gliedern sie sich und wie sieht die Datensituation auf globaler und regionaler Ebene aus?
- 4) Wie viel der benötigten Daten für eine topographische Karte können auf globaler Ebene mindestens erwartet werden und mit welcher Qualität?
- 5) Welche Daten werden für topographische Karten benötigt?
- 6) Welche Daten müssen in welchem Ausmaß selbst erhoben werden und wie hoch ist der Aufwand?
- 7) Lassen sich aus frei verfügbaren Höhenmodellen brauchbare Folgeprodukte ableiten und wie äußern sich deren Qualitätsunterschiede bei verschiedenen Ausgangsdaten?
- 8) Wo liegen die Grenzen der (ökonomischen) Machbarkeit in der Kartenerzeugung und gilt dies global für eine gleiche Maßstabsebene?
- 9) Wie stellt sich die rechtliche Situation bezüglich der kommerziellen Weiterverwendung von offenen Daten dar?
- 10) Wie hoch wird das Zukunftspotenzial in der Erstellung von topographischen Karten auf Basis von offenen Daten eingeschätzt?

Die ersten beiden Fragen zielen auf allgemeine gestalterische Grundsätze ab. Frage 1) soll nach einer kurzen Einführung in die topographischen Grundlagen (siehe **Kapitel 3**) und Frage 2) in **Kapitel 5** geklärt werden. In **Kapitel 6** wird das Konzept von frei verfügbaren Daten erläutert, in den **Abschnitten 6.8.2** und **6.9.2** soll Frage 4) erläutert werden. **Abschnitt 7.2** soll die verfügbaren Daten hinsichtlich der Nutzbarkeit für die vorliegende Arbeit prüfen und in weiterer Folge dabei helfen die nächsten vier Fragen zu klären. Weitere Details zu diesen Fragen finden sich in Unterkapiteln der **Kapitel 6, 8** und **9**. Frage 9) wird in **Kapitel 6.7** und **7.2** beantwortet. Die letzte Frage 10) wird im abschließenden **Kapitel 10** erläutert. Alle verbleibenden Unklarheiten und Ergänzungen werden in **Kapitel 9.5.1** behandelt.

2.3 Vorausgehende Annahmen

In Bezug auf die technische Umsetzung wurden für einige der Teilfragen bezüglich des Untersuchungsgebietes im Vorfeld Annahmen getroffen und gewisse Erwartungen gehegt.

- 3) Im Rahmen der in Österreich recht fortgeschrittenen *OGD* Initiative wird für die österreichischen Bundesländer eine hohe Datenverfügbarkeit mit recht hoher Qualität erwartet.
- 6) Aufgrund von 3) wird der Eigenaufwand eher niedrig eingeschätzt und auf wenige Teildatensätze beschränkt sein.
- 7) Für die Maßstäbe 1:25.000 und 1:50.000 sollten 10 m Laserscans eine mehr als ausreichende Qualität aufweisen. Die flächendeckend verfügbaren Daten aus der Weltraumfernerkundung könnten mit 30 m Bodenauflösung zu grob sein und erst ab einem Maßstab 1:100.000 und kleiner brauchbar werden. Für punktuelle Höheninformationen werden 30 m-Daten vermutlich grundsätzlich nicht geeignet sein.

3 Die topographische Kartographie

Der erste vorbereitende Schritt zur praktischen Umsetzung der Forschungsfrage soll zunächst eine gründliche Literaturrecherche bezüglich der Gestaltungskriterien für topographische Karten darstellen. Hierbei soll sich auf einige Werke aus der Standardliteratur beschränkt werden und die Auswahl eines für die Arbeit relevanten gestalterischen Duktus begründet werden. Grundsätzlich kann man behaupten, dass hinsichtlich der Darstellung der grundlegenden Kartenelemente (beispielsweise Situation, Landbedeckung oder Höhenschichtlinien) weitgehend Einigkeit herrscht (zum Beispiel Arnberger & Kretschmer 1975; Brandstätter 1983; Hake & Grünreich 1994; Imhof 1965 und Kohlstock 2014). Daher sollen für diese Arbeit vor allem die Kriterien für allgemeine Gestaltungsregeln aus den genannten Informationsquellen herangezogen werden und nicht grundsätzlich die kartographische Gestaltungslehre in Frage gestellt werden. Dennoch sollen in diesem Abschnitt verschiedene Ausprägungen in der Gestaltungslehre und auch in der praktischen Umsetzung in den Raum gestellt und miteinander verglichen werden. Stellvertretend für die Schweizer Schule soll das Standardwerk von Imhof (1965) herangezogen werden. Besonders in Bezug auf die Felszeichnung und die Darstellung von Schutt spielen diese Ansätze für den praktischen Teil eine Rolle (siehe **Kapitel 5.3.4.3** und **Kapitel 8.3**). Für die österreichische Schule sollen die beiden Standardwerke von Brandstätter (1983) und Arnberger & Kretschmer (1975) herangezogen werden. Ein essentieller Streitpunkt stellt beispielsweise das Gestaltungselement der Schummerung dar. Brandstätter (1983, S.289) lehnt diese ab, alle weiteren zitierten Quellen (zum Beispiel Arnberger & Kretschmer (1975, S.293ff) und Imhof (1965, S.183ff)) dieses Abschnitts tendieren zum Einsatz einer Schummerung in topographischen Spezialkarten.

Die gesammelten Richtlinien sind hierbei in ihrer Gültigkeit stets im Kontext der jeweiligen Darstellungsform zu sehen. So ergeben sich je nach der Maßstabsebene aber auch nach dem Zweck einer Karte unterschiedliche Gestaltungskriterien. Die Kategorisierung eines Gestaltungselementes variiert wiederum in Abhängigkeit von Maßstabsebene und Zweck der Karte.

3.1 Die topographische Karte

Um Gestaltungskriterien topographischer Karten differenziert betrachten zu können, muss zunächst einmal geklärt werden, was eine topographische Karte grundsätzlich auszeichnet. Nach Kohlstock (2010, S.77) ergeben sich wesentliche Unterscheidungsmerkmale topographischer Karten anhand vom Kartenbild (definiert durch den Maßstab), dem Verwendungszweck und der Entstehung. Als Topographie werden sämtliche natürlichen und vom Mensch geprägten Elemente des Geländes und der damit verbundenen Objekte bezeichnet. Eine topographische Karte hat den Auftrag diese Elemente in Abhängigkeit des Kartenmaßstabes so korrekt und umfangreich als möglich wiederzugeben. Sie stellt also ein Abbild der Erdoberfläche mit denen auf ihr befindlichen natürlichen und künstlichen Objekten dar. Sie zeigt ein mit Hilfe graphischer Elemente abstrahiertes Bild (Hake & Grünreich 1994, S.370f und Kohlstock 2014, S.77).

3.1.1 Kartenmaßstab

Da auch auf einer Karte mit einem Maßstab von 1:1 nicht alle Elemente der „Wirklichkeit“ integriert werden können (und dies auch nicht zielführend wäre), stellt jede Karte, in Anbetracht des individuellen Zwecks, eine Reduzierung und Vereinfachung der wahrgenommenen Informationen dar (Arnberger & Kretschmer 1975, S.35). Der Generalisierungsgrad der Karte, in Abhängigkeit vom gewählten Maßstab, bestimmt hierbei die Objektauswahl und -gestaltung. Diese hat sich üblicherweise an bestimmten Regeln zu orientieren, welche in **Kapitel 3.2** näher erläutert werden (Arnberger & Kretschmer 1975, S.35 und Kohlstock 2010, S.77).

In der Literatur werden für topographische Karten gerne die Begriffe großer, mittlerer und kleiner Maßstab verwendet, ohne konkret zu beschreiben, wie diese abzugrenzen sind. Dabei richtet sich eine Abgrenzung auch nach dem Zweck der Karten. Beispielsweise ist eine Karte im Maßstab 1:10.000 meist als Plankarte zu bezeichnen, allerdings hat der Alpenverein auch eine großmaßstäbige topographische Karte vom Gosaukamm im Maßstab 1:10.000 herausgegeben (Witt 1979, S.377 und Kostka und Moser 2014, S.90). Vorliegende Arbeit stützt sich auf die Abgrenzung nach Witt 1979 (S.377f). Diese stellt eine für thematische Karten vereinfachte Abgrenzung dar. Diese Auswahl geschieht mit dem Hintergedanken dadurch etwas Spielraum zu haben nach Möglichkeit die schwammigen Abgrenzungen sämtlicher zitierter Literatur mit einzubeziehen und sinngemäß wiederzugeben. Demnach ist eine Karte mit einem Maßstab zwischen 1:10.000 und 1:25.000 als großmaßstäbige Karte zu bezeichnen. Zwischen 1:50.000 und 1:500.000 werden Karten als mittelmaßstäbig bezeichnet. Alle Karten mit Maßstäben 1:1.000.000 oder kleiner werden als kleinmaßstäbig bezeichnet.

Aufgrund der gleichbleibenden Thematik topographischer Karten ist der Maßstab das einzig übliche Gliederungsmerkmal (Hake & Grünreich 1994, S.370). Klassische topographische Karten werden mit einem Maßstab bis 1:300.000 (Hake & Grünreich) beziehungsweise 1:500.000 (Kohlstock) definiert. Dies entspricht groß- und mittelmaßstäbigen Darstellungen (Hake & Grünreich 1994, S.370f und Kohlstock 2014, S.77).

3.1.2 Verwendungszweck einer Karte

Die Kartenobjekte setzen sich aus Punkten, Linien und Flächen sowie dem ergänzenden Namen-gut in Schriftform zusammen. Dabei hat neben dem Informationsgehalt die Lesbarkeit der Karte oberste Priorität. Diese beiden essentiellen jedoch ambivalenten Komponenten gilt es so gut als möglich gegeneinander abzuwägen sowie einen akzeptablen und dem Kartenzweck angepassten Kompromiss zu finden (Kohlstock 2014, S.78).

Den Zweck einer Karte kann man anhand verschiedenster Parameter definieren. Eine einfache Kategorisierung kann in amtliche Kartographie und Verlagskartographie erfolgen. Für die amtliche Kartographie erfüllt die amtliche Karte keinen speziellen Auftrag, sondern existiert als Selbstzweck. Im Konkreten bedeutet dies die Bedienung der Auflagen der Verfassung des jeweiligen Staates. In Österreich ist das BEV für die Erfüllung dieser Pflichten zuständig. Die Verlagskartographie verfolgt hingegen kommerzielle Absichten und bedient den Bedarf auf Sektoren wie Schulbildung oder Tourismus und Freizeit. Hier müssen also auch der Wissensstand des Be-

trichters oder der Betrachtungsabstand berücksichtigt werden und die Karte zweckgebunden angepasst werden (Arnberger & Kretschmer 1975, S.59f). Daraus ergibt sich ein, dem Nutzerkreis angepasstes, Kartenbild. Auf Freizeitkarten sind Hinweise für Parkplätze, Apotheken, Unterkünfte oder Gasthäuser zu finden. Auf einer amtlichen Karte hingegen sind auch Details wie Strommasten, Umspannwerke oder Windkraftanlagen vorhanden. Entspricht ein Betrachter nicht dem vorgesehenen Nutzerkreis, so können einige Elemente von ihm als störend empfunden werden, beziehungsweise die Karte als Ganzes kann überladen wirken oder im schlimmsten Falle nutzlos sein. Besonders amtliche Karten sind hier mit der Schwierigkeit konfrontiert, einen Bogen zwischen den Bedürfnissen eines breitgefächerten Nutzerkreises und einer noch immer anschaulichen topographischen Karte zu schlagen (Arnberger & Kretschmer 1975, S.59f, 441f).

3.1.3 Entstehung einer Karte

Somit ergibt sich aus dem maßstabsbedingten Generalisierungsgrad und dem Verwendungszweck eine Kategorisierung topographischer Karten. Bis 1:10.000 spricht man von topographischen Grundkarten oder Plankarten. Die Grundrisstreue steht hier im Vordergrund. Sie stellen oftmals topographische Basiskarten für thematische Kartenwerke dar. Einen Maßstab bis zu 1:75.000 (Hake & Grünreich) beziehungsweise 1:100.000 (Kohlstock) weisen topographische Spezialkarten auf. Diese weisen eine grundrissähnliche Darstellung auf bei einer stärkeren Farbdifferenzierung. Da die angestrebte Kartenneuerstellung dieser Arbeit eine Karte im Maßstab 1:25.000 (und Ableitungen bis 1:200.000) hervorbringen soll, stehen dieser Kartentyp und dessen Gestaltungskriterien deutlich im Vordergrund der nachfolgenden Kapitel. Topographische Übersichts- oder Generalkarten weisen einen Maßstab 1:100.000 und kleiner auf bei einem deutlich höheren Generalisierungsgrad. Karten welche einen kleineren Maßstab als 1:300.000 (Hake & Grünreich) beziehungsweise 1:500.000 (Kohlstock) aufweisen, werden meist nicht mehr als topographische Karten im engeren Sinne, sondern als physische Karten bezeichnet (Hake & Grünreich 1994, S.370f und Kohlstock 2014, S.77).

Der Maßstab ist auch stets eine Frage der Siedlungsdichte der betreffenden Region und der Größe eines Staates. So wäre eine Darstellung der gesamten Staatsfläche Russlands im Maßstab 1:10.000 ein äußerst aufwändiges Unterfangen. In solchen Fällen macht es Sinn von einem Flächendeckenden Kartenwerk Abstand zu nehmen und lediglich dichter besiedelte und als wichtig erachtete Gebiete in diesem Detailgrad abzubilden (Kohlstock 2010, S.77).

3.2 Gestaltungselemente topographischer Spezialkarten

In der topographischen Kartographie haben sich im Laufe der Zeit bestimmte Kartenelemente als prägend und unerlässlich bewiesen. Diese gilt es unbedingt in eine topographische Karte zu integrieren. Bei der Gestaltung gibt es grundsätzlich Spielraum, es sollte sich jedoch an die Richtlinien der Standardliteratur gehalten werden (zum Beispiel Hake & Grünreich, S.369ff und Kohlstock 2014, S.77ff).

Arnberger & Kretschmer (1975, S.235) teilen den Inhalt topographischer Karten (Kartenfeld) in die vier Darstellungsbereiche Situation, Geländedarstellung, Namengut und Höhenbeschriftung sowie Blattrandausstattung ein, welche durch die folgenden Unterkapitel repräsentiert werden.

3.2.1 Situation

Die Situation gibt, abgesehen von der Geländedarstellung und des Namengutes, sämtliche topographischen Objekte eines zu kartierenden Gebietes wieder. Die dafür definierten Objekte stellen die Thematik der topographischen Karte dar (Hake & Grünreich 1994, S.371 und Arnberger & Kretschmer 1975, S.235). Wie bereits in **Kapitel 3.1.2** erwähnt, setzt sich eine Karte aus punkt-, linien- und flächenförmigen Geometrieobjekten zusammen. Die nachfolgenden Elemente der Situation wurden so gut als möglich kategorisiert. Jedoch kann nicht ein jedes Teilelement ausschließlich einer Kategorie oder einem Geometrieobjekt zugeordnet werden. Flächen, welche in keiner Klasse vergeben sind, bleiben in der Regel weiß.

3.2.1.1 Siedlungen

Dieses Element ist strenggenommen eine Fläche. In topographischen Spezialkarten werden Gebäude möglichst grundrissähnlich dargestellt, da die reale Gebäudestruktur meist zu komplex ist. Für den Maßstab 1:25.000 sollten lediglich Gebäude mit einem Mindestdurchmesser von 8 m und einem Mindestabstand von 5 m zueinander grundrisstreu dargestellt werden. In der Regel findet hier also bereits ein starker Generalisierungsprozess statt (siehe **Kapitel 3.3**), welcher für kleinere Maßstäbe weiter fortgesetzt wird. Lediglich einige wenige Einzelobjekte (wie Kirchen, Berghütten oder Schlösser) werden funktional gekennzeichnet (siehe **Kapitel 3.2.1.5**), diese werden dafür überhalten dargestellt. Obwohl die Gebäude in topographischen Spezialkarten vornehmlich Einzelobjekte darstellen und diese kartographische Umsetzung mit einer Signatur vergleichbar ist, sind Siedlungen eher zu den flächenhaften, als zu den punktförmigen Objekten zählen. Bei offener Bauweise wird versucht die typischen Gebäudemerkmale zu erhalten (siehe **Abbildung 1**). Bei geschlossener Bauweise muss oftmals eine Darstellung der Einzelgrundrisse ohne Berücksichtigung von Freiflächen durch eine Flächenschraffur ersetzt werden (Hake & Grünreich 1994, S.373f und Arnberger & Kretschmer 1975, S.240).



Abbildung 1 - Darstellung von Siedlungen in einer ÖK50 (Maßstab: 1:50.000 - nicht maßstabsgerecht) - Quelle: BEV 2007

3.2.1.2 Verkehrswege

Zu dieser Kategorie zählen versiegelte und nicht versiegelte Straßen und Wege sowie Bahngleise. Dargestellt werden diese als bandförmige Flächen, werden jedoch zu den linienhaften Objekten gerechnet. In topographischen Spezialkarten findet man grundrissähnliche oder zumindest lage-treue Darstellungen in Form von Signaturen vor, wobei sich bei Bahngleisen die Art der Signatur nach Spurweite und Anzahl der Gleise und bei Fahrwegen nach dem definierten Typ richtet. Die Typisierung von Fahrwegen sollte sich primär an der verwaltungsmäßigen Einteilung (und damit der Leistungsfähigkeit) sowie dem Ausbauzustand orientieren. Dabei sind die Klassengrenzen in der Literatur und der Verlagskartographie alles andere als einheitlich abgegrenzt. Es werden

weitere die Zugänglichkeit, die Bauart, die Straßenbreite, der Straßenzustand oder die Vorrangsebene als Indikatoren für eine Klassifizierung herangezogen. Die tatsächliche Klassifikation ist meist eine Verquickung mehrerer Unterscheidungsmerkmale (Hake & Grünreich 1994, S.375f und Arnberger & Kretschmer 1975, S.244).

Abbildung 2 zeigt einen Kartenausschnitt der *Österreichischen Karte* im Maßstab 1:50.000 (ÖK50) (Kartenblatt *Neuberg an der Mürz*). Die orangefarbene Linie zeigt eine höherrangige Landesstraße (ist jedoch in der Legende lediglich als Hauptverbindung deklariert), die weißen Linien zeigen schmale und breite Ortsstraßen, die gelbe Linie kennzeichnet eine als wichtig definierte Nebenverbindung. Anhand dieses Beispiels soll die Schwierigkeit und Individualität einer Klassifikation von Fahrwegen veranschaulicht werden.

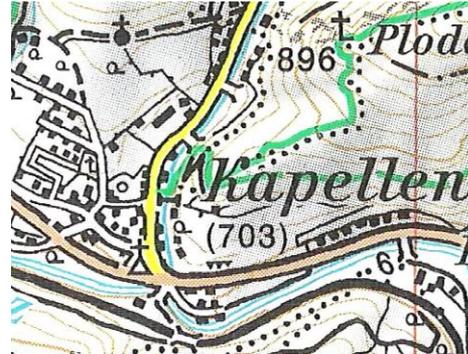


Abbildung 2 - Darstellung von Verkehrswegen in einer ÖK50 (Maßstab: 1:50.000 - nicht maßstabsgerecht) - Quelle: BEV 2013

Weitere qualitative Angaben werden durch Schrift ergänzt. Die maßstabsbedingte Generalisierung von Verkehrswegen bewirkt im Maßstab 1:25.000 bereits eine Verbreiterung um das Vierfache der natürlichen Breite, im Maßstab 1:100.000 eine Verbreiterung um das Fünfzehnfache. Zudem findet eine Unterdrückung von Krümmungen statt, was im Rahmen einer Distanzmessung zu berücksichtigen ist (Hake & Grünreich 1994, S.375f).

3.2.1.3 Gewässer

Sämtliche perennierend und temporär mit Wasser bedeckten Geländeoberflächen werden zum abgebildeten Gewässernetz gerechnet. Besonders der Wiedergabe von Binnengewässern wird bei der Erstellung topographischer Karten ein hoher Stellenwert beigemessen, da diese in Natur und Karte eine ausgezeichnete Orientierungshilfe darstellen. Für den Maßstab 1:25.000 kann eine vollständige Abbildung sämtlicher Gewässer erwartet werden. Die Uferlinien werden grundrissähnlich oder lagetreu dargestellt. Seen und Meeresflächen werden flächenförmig dargestellt. Flüsse werden linienhaft beziehungsweise ab einer Breite von mehreren Metern analog zu den Verkehrswegen als bandförmige Flächen dargestellt (Hake & Grünreich 1994, S.377 und Arnberger & Kretschmer 1975, S.235f). **Abbildung 3** zeigt einen perennierenden Bach am Übergang von linien- zu flächenhafter Darstellung.

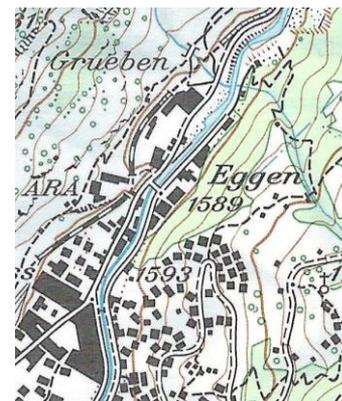


Abbildung 3 - Darstellung von Gewässern in einer Schweizer Landeskarte 1:25.000 (nicht maßstabsgerecht) - Quelle: SWISSTOPO 2012

3.2.1.4 Vegetation

Diese Klasse bedeckt einen Großteil der Karte in diversen Farben und hat somit einen bedeutenden Einfluss auf den Gesamteindruck der Karte. Sie beinhaltet den natürlichen und den vom Menschen geprägten Oberflächenbewuchs. Dargestellt werden kann dieser mittels Flächenfärbungen oder Signaturen (zum Beispiel einzelne Bäume oberhalb der Waldgrenze). Je kleiner der Maßstab wird desto größer wird der Umfang der Flächenfärbungen und desto seltener werden Signaturen (Hake & Grünreich 1994, S.377f). **Abbildung 4** zeigt eine mögliche Umset-

zungsform der Darstellung von Wald und Krummholz. Einzelne Bäume sind hierbei mit einer Signatur versehen.

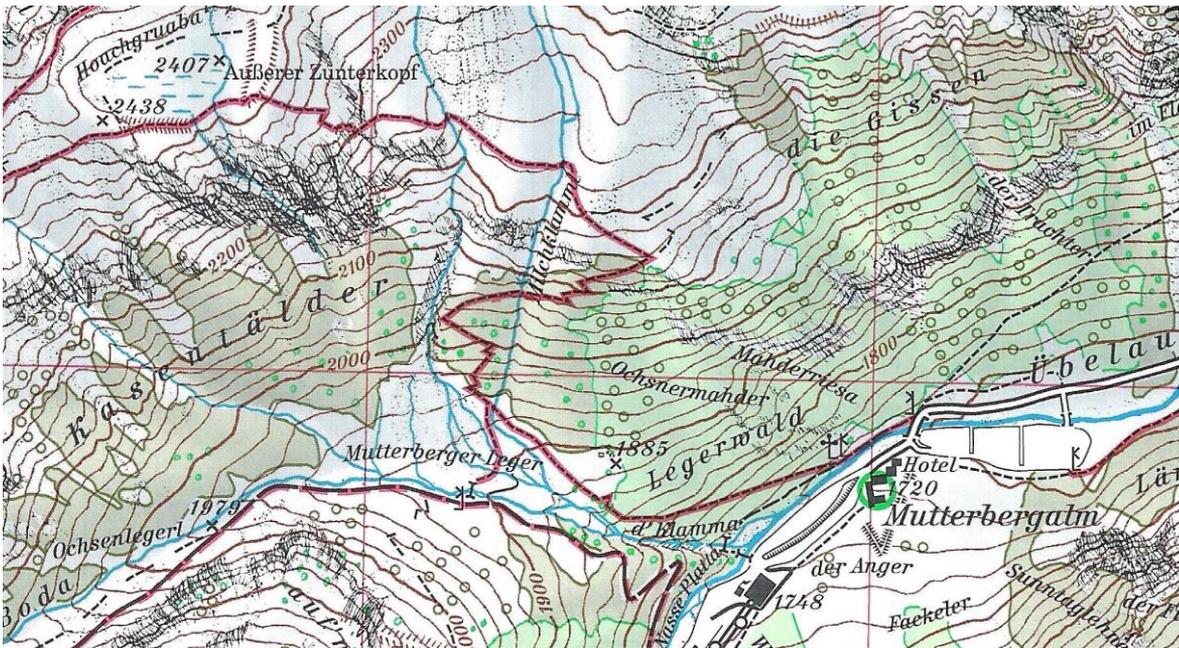


Abbildung 4 - Darstellung von Vegetation in einer Alpenvereinskarte (nicht maßstabsgerecht) - Quelle: ÖAV & DAV 2005 (A)

Zu berücksichtigen gilt es eine konstant vorhandene Vegetation von temporärer zu unterscheiden. Die Darstellung von Anbauflächen für Feldfrüchte, welche in Fruchtfolge angebaut werden, ist nicht sinnvoll (Arnberger & Kretschmer 1975, S.250).

3.2.1.5 Einzelobjekte

Elemente dieser Sammelkategorie sind zumeist in punktförmiger Darstellung anzutreffen. Sie repräsentieren besonders wichtige, jedoch kleinräumig wirksame Objekte wie Höhenpunkte, Kirchen, touristische Attraktionen, Wegweiser oder Industriestandorte. Dargestellt werden diese üblicherweise in Form von Signaturen. **Abbildung 5** zeigt einige Beispiele für Signaturen sowie den auch linear und flächenhaft repräsentierten Raum durch die Art deren Anordnung. Ein linienhaftes Objekt wäre beispielsweise ein Lawinenschutzwall oder eine Hochspannungsleitung. Mit kleiner werdendem Maßstab fallen Signaturen kleinerer Objekte weg und grundrisstreue und -ähnliche Darstellungen werden mehr und mehr durch Signaturen ersetzt (Hake & Grünreich 1994, S.378f).

Arnberger & Kretschmer (1975, S.235) unterscheiden hier zudem zwischen konkreten und abstrakten Objekten. Konkret sind real existierende Objekte, abstrakt sind beispielsweise Orte mit schöner Aussicht (punktförmig) oder politische Grenzen (linienhaft).

Form	Anordnung der Signaturen		
	lokal	linear	flächenhaft
Grundriß- bilder			
Bild- haft Aufriß- bilder			
Symbole			
Geometrisch			
Ziffern Buchstaben Unterstreichung			
Quantitäts- angabe	lokal u. Signaturen- kartogramm	linear und Band- kartogramm	Flächen- kartogramm
stetig mit Sign.- maßstab			
gestuft			
durch Werteinheiten			

Abbildung 5 - Formen und Anordnungen von Signaturen -
Quelle: Hake & Grünreich 1994, S.101

3.2.2 Geländedarstellung

Die Geländedarstellung einer Karte versucht so anschaulich als möglich die Erdoberflächenformen nachzuempfinden. Diese hat jedoch nicht nur einen generellen Fokus auf der Lesbarkeit, sondern auch konkret den Zweck eine Grundlage zur kartometrischen Auswertung zu liefern. Dabei kommen je nach Maßstab, Verwendungszweck und individueller Vorliebe unterschiedliche Kartenelemente zum Einsatz. Resultierend daraus muss eine möglichst optimale Mischung aus geometrischer Genauigkeit und Ausmaß und Art der Anschaulichkeit entstehen. Zu den Darstellungsformen mittelbarer Anschaulichkeit zählen Höhengichtlinien, Farbhöhenstufen oder Böschungsschummerungen. Hier ist ein Leseschlüssel für die räumliche Interpretation nötig. Für Darstellungselemente unmittelbarer Anschaulichkeit, wie der Schräglichtschummerung, wird bereits durch die Darstellung ein räumlicher Eindruck generiert (Arnberger & Kretschmer 1975, S.259ff). Bezüglich der Höhengichtlinien ist dieser Ansatz jedoch nicht konsequent, da Arnberger & Kretschmer (1975, S.308) in einem anderen Abschnitt davon sprechen, dass auch Höhengichtlinien bei enger Scharung einen unmittelbaren räumlichen Eindruck entstehen lassen können.

Die folgenden Unterkapitel beschreiben die für topographische Spezialkarten üblichen Kartenelemente. Nicht gesondert behandelt werden Höhenpunkte, da diese bereits zu den Einzelobjekten gerechnet wurden (siehe **Kapitel 3.2.2.4**) und in **Kapitel 5.3.4.5** noch etwas näher erläutert werden sowie für die Geländedarstellung auch lediglich eine ergänzende Orientierung vertreten und keine visuelle Geländeinformation beinhalten.

3.2.2.1 Schummerung

In der Kartographie etabliert und methodisch fundiert wurde dieses Kartenelement, auch Schummer oder Schattenplastik genannt, insbesondere durch *Eduard Imhof* als Koryphäe der Schweizer Schule. Dabei definiert die Beleuchtungsrichtung auch den Typ der Schummerung. Falls die fiktive Lichtquelle per Zenitwinkel auf die beleuchteten Objekte fällt, so ergibt sich eine Böschungsschummerung (siehe **Abbildung 6A**). Je steiler das Gelände ist desto dunkler wird der entsprechende Bereich, da die Lichtausbeute mit steigendem Neigungswinkel sinkt. Anfänglich wurde ausschließlich dieser Schummerungstyp verwendet. Da sich hier die Anschaulichkeit jedoch in Grenzen hält, wurde die Böschungsschummerung zur Schräglichtschummerung weiterentwickelt, welche klare Informationen über Form und Verlauf eines Geländes bereithält. Die fiktive Lichtquelle trifft nun in einem vom Zenit abweichenden Winkel auf die Objekte auf. Meist liegt dieser zwischen 20 und 60°, je nach Relief. Ein flaches Relief benötigt zur ausreichenden Plastik einen kleineren Einfallswinkel. Die Beleuchtungsrichtung aus Nordwest (315°) wurde im Laufe der Zeit zum Standard, da hier dem Auge bei den meisten Menschen am ehesten eine dreidimensionale Darstellung suggeriert werden kann (siehe **Abbildung 6B**). Dies ist auf einen Gewöhnungseffekt zurückzuführen und der Tatsache geschuldet, dass die Mehrheit der Menschen Rechtshänder sind und die Hand so beim Zeichnen einer Schummerung den Lichteinfall nicht verfälscht hat. Für die Nordhalbkugel entspricht dies nicht der physikalischen Wirklichkeit und auch der Informationsgehalt der hier dichter besiedelten und landwirtschaftlich genutzten Südhänge ist somit reduziert, da diese Expositionen vorwiegend im Schatten liegen. Wählt man als Beleuchtungsrichtung Südost (135°), so kehrt sich oftmals der Effekt um (Reliefumkehr) und der Betrachter sieht die Täler als Bergkämme und umgekehrt (siehe **Abbildung 6C**) (Arnberger & Kretschmer 1975, S.293ff; Imhof 1965, S.183ff; Hake & Grünreich 1994, S.385 und Kohlstock 2014, S.96ff).

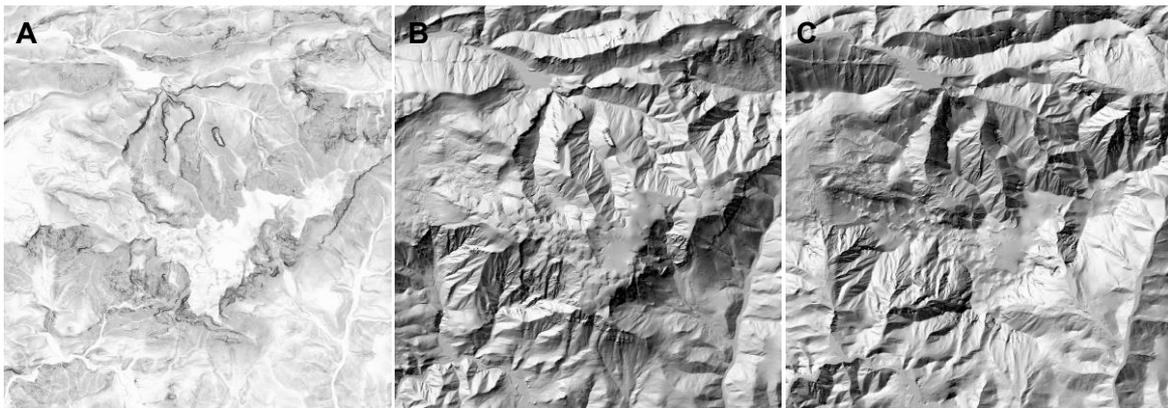


Abbildung 6 - Unterschiedliche Schummerungen abgeleitet aus einem 10 m Laserscan DGM. A zeigt eine Böschungsschummerung, B eine Schräglichtschummerung mit Nordwest-Beleuchtung und C eine Schräglichtschummerung mit Südost-Beleuchtung - Quelle: OGD in Niederösterreich 2016 und GIS Steiermark 2016; eigene Darstellung

Kombiniert man beide Typen, so erhält man eine Schummerung, welche mittelbar Ebenen (weiß) und Steilhänge (dunkel) betont bei gleichzeitiger plastischer Wirkung und damit unmittelbarer Anschaulichkeit. In Schummerungskarten ist die kombinierte Schummerung am häufigsten vertreten. Diese Möglichkeit setzt sich so über den Mangel der Böschungsschummerung, einen unrealistischen Verdunkelungsverlauf zu haben und Neigungsunterschiede lediglich sehr grob

wiederzugeben sowie den Mangel der Schräglichtschummerung, im Schatten liegende Bereiche zu unterschlagen, hinweg. Es gilt zu beachten, dass eine Schummerung einen visuellen Charakter aufweist und keinesfalls zur geometrischen Orientierung geeignet ist. Für diesen Zweck muss auf Höhenlinien zurückgegriffen werden. Somit ergänzen sich diese beiden Kartenelemente optimal zu einer brauchbaren Kombination aus geometrischer und intuitiver Orientierung (Arnberger & Kretschmer 1975, S.293ff; Imhof 1965, S.183ff; Hake & Grünreich 1994, S.385; Kohlstock 2014, S.96ff und Kriz 2015, S.156).

Je nach Maßstab oder Duktus kommen Schummerung und Höhenlinien aber auch unabhängig voneinander als teilweise einziges räumlich wirksames Kartenelement zum Einsatz. Für kleinmaßstäbige Karten ist die Schummerung in Verbindung mit Höhenkoten oft alleiniges Darstellungsmittel für das Gelände. Interessant zu erwähnen ist an dieser Stelle, dass einer der einflussreichsten Vertreter der alpinen Kartographie, *Leonhard Brandstätter*, einer Schummerung stets kritisch gegenüberstand. Er lehnte die Verwendung einer Schummerung als überflüssig ab, da er der Meinung war, dass Höhenlinien (und im Hochgebirge eine detaillierte Felszeichnung) als Geländeinformationen ausreichen müssen. Besonders im hochalpinen Raum, wo eine Felszeichnung und Gletscherdarstellungen als zusätzliche Kartenelemente verankert sind, beschreibt er die Schummerung als „unangenehmen Eindringling, der das feingliedrige Wechselspiel der hochalpinen Formenwelt verdirbt“ (Brandstätter 1983, S.289). 1957 beschreibt er die Schummerung als Kartenelement lediglich in wenigen Sätzen. Hingegen 1983 hat er sich von einer klassischen Schummerung bereits vollständig distanziert und beschreibt seine selbst entworfene hilfplastische Schummerung (Hilfsschummer). Dennoch bezeichnet er auch dieses Kartenelement als „letztrangiges Mittel im Kartenbild“ (Brandstätter 1983, S.289). Die hilfplastische Schummerung ist äußerst dynamisch und bedient sich je nach Relief den Elementen der Böschungs- und der Schräglichtschummerung. Sie soll nach Möglichkeit Formenzusammenhänge in sanfteren Relieftteilen deutlicher erkennbar machen. Dabei betont Brandstätter deutlich, dass der Hilfsschummer keine Schattierung ist, sondern modelliert wird. Es soll mit geringem Tonaufwand die Form örtlich herausmodelliert werden. Daher wird dieses Kartenelement auch als sanfter Formenmodellierer bezeichnet. Ein großer Vorteil dieser Technik ist das Fehlen einer festgelegten Beleuchtungsrichtung (Brandstätter 1957, S.79; Brandstätter 1983, S.288f; Hake & Grünreich 1994, S.385 und Kohlstock 2014, S.98).

Historisch gesehen hat die Schummerung die vorher angewandten Böschungsschraffen ersetzt und hat so das Kartenbild deutlich ruhiger und lesbarer gemacht bei einer mindestens gleichwertigen Geländeinformation. Zunächst wurde die Schummerung noch händisch angefertigt, was einen enormen Zeitaufwand zur Folge hatte und einem ausgeprägten künstlerischen Talent bedurfte. Zuerst kam die Böschungsschummerung zum Einsatz, da diese recht gut von Höhenlinien abzuleiten sind. Mit Hilfe einer Schräglichtschummerung kann man diese zu einer kombinierten Schummerung aufwerten. In Handarbeit ist dieses Verfahren technisch anspruchsvoll und ausgesprochen kostspielig. Im Zuge der digitalen Revolution wurden Schummerungen recht bald rasch und unkompliziert aus digitalen Höhendaten abgeleitet und die Faktoren Aufwand und Kosten spielen für die Herstellung keine Rolle mehr (Arnberger & Kretschmer 1975, S.293ff; Kohlstock 2010, S.98, 385 und Imhof 1965, S.183ff).

3.2.2.2 Felszeichnung

Die Felsdarstellung hat die Aufgabe, die topographischen Gegebenheiten im Hochgebirge so gut als möglich in ihrer Komplexität zu erfassen und räumlich anschaulich wiederzugeben. Man spricht dabei auch von einer Formzeichnung, da dieses Kartenelement nicht ausschließlich nach geometrischen Gesichtspunkten erzeugt wird, sondern durch eine recht freie Strichdarstellung die Charakteristik des Felsmassivs herausgearbeitet wird (Arnberger & Kretschmer 1975, S.299). Dabei soll die Darstellung ein naturnahes Bild ergeben und die charakteristischen Geländeformen deutlich werden lassen (Kohlstock 2014, S.101). Zur Anwendung kommt eine Felsdarstellung vorrangig in Arealen mit ausgedünntem Latschenbewuchs oder vegetationsfreiem, blankem Fels. Diese findet man üblicherweise oberhalb der Vegetationszone und/ oder an steilen Stellen, welche einer Bodenbildung und einer Bodenfixierung entgegenwirken (Imhof 1965, S.264).

Dabei ist hier die Herausforderung für Topographen besonders hoch, da diese Areale meist schwer zugänglich, schroff und fein gegliedert sind. Auch Luftbilder können oft einen schwer durchzuführenden Geländegang nicht ersetzen. In der topographischen *Landeskarte der Schweiz* kommen die im Verlauf des 19. Jahrhunderts entwickelten Felsschraffen fortwährend mit verbesserter Genauigkeit zum Einsatz. Anfänglich zwar noch sehr unpräzise, gilt diese Schweizer Schule dennoch als Meilenstein in der Entwicklung moderner (objektiv gesehen hochgenauen sowie subjektiv meist als ästhetisch gesehenen) Felszeichnungen. Aber auch die Karten des *Österreichischen (ÖAV)* und *Deutschen Alpenvereins (DAV)* weisen ausgereifte Methodiken zur Integration von Felsdarstellungen auf (Imhof 1965, S.263 und Kriz 2015, S.156).

Im Allgemeinen wird für die Kartographie im Alpenraum aktuell zwischen drei Ansätzen zur Darstellung von Fels unterschieden. Diese sind mehr oder weniger als aufeinander aufbauend zu sehen und weisen unter anderem als Einfluss den Schweizer Ansatz der Felsschraffen auf.

- genetische (freie) Felszeichnung

Dies stellt eine in der zweiten Hälfte des 19. Jahrhunderts in der Schweiz entwickelte Methode zur überzeichneten (also über den tatsächlichen Grundriss hinausgehenden), dichten und plastischen Darstellung von Fels dar. Höhenlinien werden bei dieser Darstellung im Fels ausgesetzt. Dies ergab sich hauptsächlich aus dem Grund, dass zur Zeit der Entwicklung dieser Methode in diesem meist schwer zugänglichen Terrain keine verwertbaren Höheninformationen vorlagen. Daher ist die geometrische Verwertbarkeit dieser Darstellung eingeschränkt. Für die klassische Periode der Alpenvereinskartographie von 1900 bis 1936 ist die genetische Felszeichnung ein typisches Merkmal (siehe **Abbildung 7**) (Arnberger & Kretschmer 1975, S.300f und Kriz 2015, S.156).

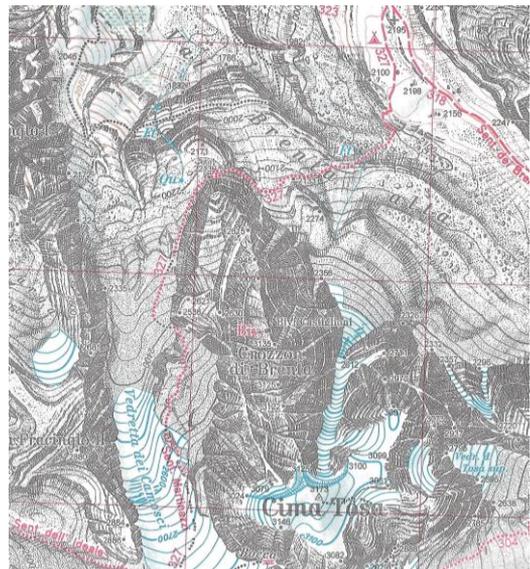


Abbildung 7 - Alpenvereinskarte 51 (Brentagruppe) mit genetischer Felsdarstellung (Maßstab: 1:25.000 - nicht maßstabsgerecht) - Quelle: ÖAV & DAV 2005 (B)

- geometrisch gebundene Felszeichnung

Aus der Entwicklung heraus mittels der Photogrammetrie nun auch Höhenlinien in schwer zugänglichen Felsregionen zu bestimmen, wurde die geometrisch gebundene Felszeichnung entwickelt, welche sich dadurch auszeichnet, dass die Höhenlinien im Fels vollständig dargestellt werden und nicht durch die Felszeichnung verdrängt werden. Durch diese geometrische Grundlage ist bei der Darstellung kein Spielraum mehr für eine überzeichnete Wiedergabe des Geländes. Die *Landeskarte der Schweiz 1:25.000* weist eine Weiterentwicklung der genetischen Felszeichnung auf, welche zu den geometrisch gebundenen Darstellungen gerechnet wird. Es werden hierbei im Fels lediglich die Höhenlinien mit 100 m Äquidistanz dargestellt, um eine geometrische Orientierung zu ermöglichen, jedoch die Präsenz der Felszeichnung nicht zu

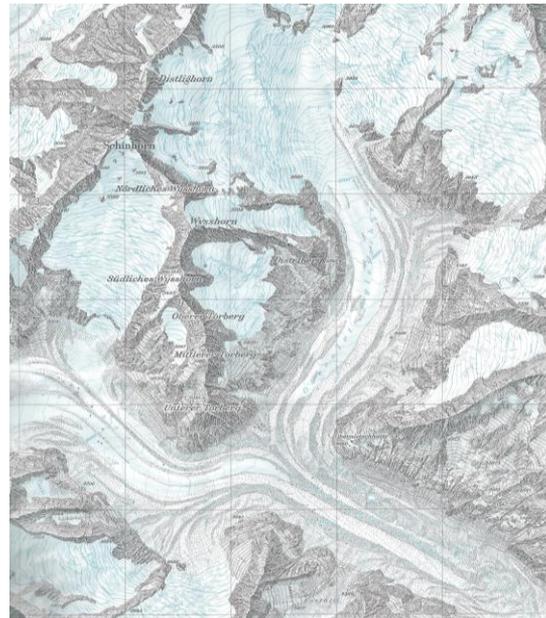


Abbildung 8 - Schweizer Karte 1:25.000 1269 (Aletschgletscher) mit geometrisch gebundener Felsdarstellung (nicht maßstabsgerecht) - Quelle: SWISSTOPO 2007

schmälern (siehe **Abbildung 8**) (Arnberger & Kretschmer 1975, S.301f). In der *Landeskarte der Schweiz 1:50.000* werden im Fels sogar auch die Zähllinien mit 100 m Äquidistanz ausgespart und lediglich in flacheren Arealen durchgezogen (Imhof 1965, S.311).

Die *ÖK50* weist ebenso eine Form der geometrisch gebundenen Felszeichnung auf. Hier werden die Höhenlinien für das gesamte Kartenblatt in einem Braunton eingesetzt, unabhängig vom darunterliegenden Gelände. Sie nehmen dabei primäre Position in der Geländedarstellung ein und andere felsbeschreibende Elemente treten in den Hintergrund (siehe **Abbildung 9**) (Arnberger & Kretschmer 1975, S.306f).

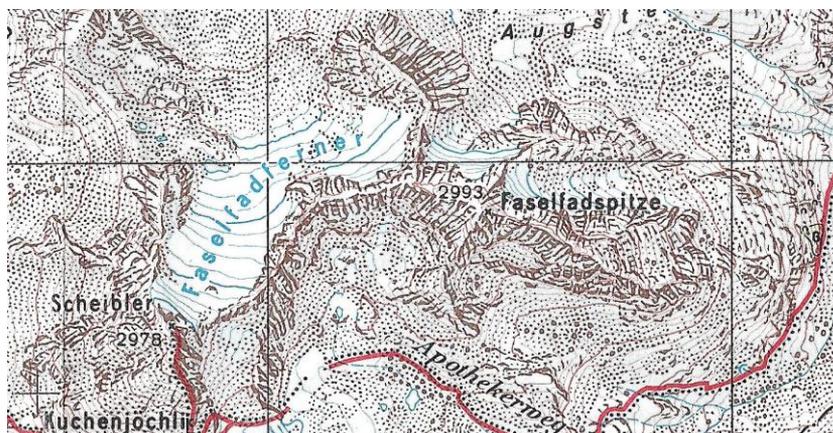


Abbildung 9 - ÖK50 143 (St. Anton am Arlberg) mit geometrisch gebundener Felsdarstellung (nicht maßstabsgerecht) - Quelle: BEV 2000

Zu guter Letzt soll an dieser Stelle, als eine weitere der vielen geometrisch gebundenen Darstellungsformen, die Methode nach *Fritz Ebster* herausgegriffen werden. Dessen Stil zeichnet sich durch feine, lange Haarstrichscharen zur Felsflächendarstellung aus und war viele Jahrzehnte prägend für die Alpenvereinskartographie (siehe **Abbildung 10**) (Arnberger & Kretschmer 1975, S.305f und Kriz 2015, S.157f).

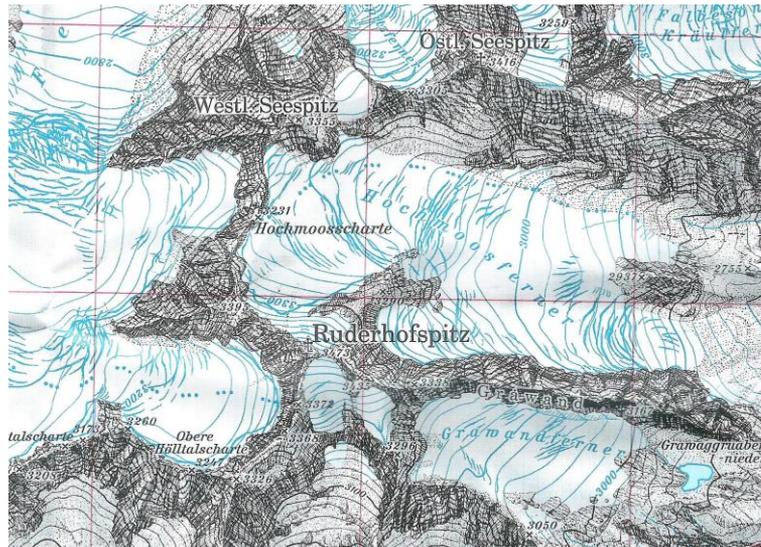


Abbildung 10 - Alpenvereinskarte 31/1 (Stubaier Alpen Hochstubai) mit geometrisch gebundener Felsdarstellung (Maßstab: 1:25.000 - nicht maßstabsgerecht) - Quelle: ÖAV & DAV 2005 (A)

- geometrisch integrierte Felszeichnung

Diese bereits 1937 von *Walter Blumer* entwickelte Methode ermöglicht eine widerspruchsfreie Verschmelzung von Felszeichnung und Höhenlinien. Besonders jedoch den Namen *Leonhard Brandstätter* bringt man mit dieser Methode in Verbindung. Die Kartenwerke mit seiner Felsdarstellung sind auch aus dem Grunde markant, da er auf den Einsatz einer Schummerung verzichtete (siehe **Abbildung 11**). Besonders steile Passagen mit zu enger Scharung der Höhenlinien zeichnen sich durch den Scharungsersatz aus (Brandstätter 1983, S.225ff; Arnberger & Kretschmer 1975, S.307f und Kriz 2015, S.158f). Der Scharungsersatz ist eine Technik, um in Bereichen hoher Geländeneigung dem Berühren von Höhenlinien in großmaßstäbigen topographischen Karten vorzubeugen. Dabei werden teilweise Bereiche von Höhenlinien weggelassen (gilt nicht für Zähllinien) und durch strukturverwandte, tonausgleichende Steilwandschraffen ersetzt (Brandstätter 1983, S.123 und Arnberger & Kretschmer 1975, S.309).

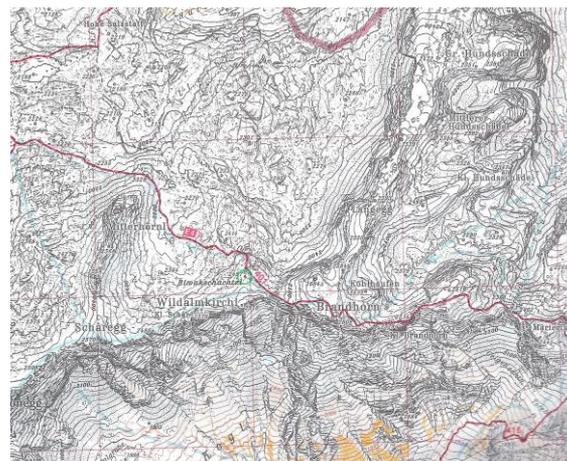


Abbildung 11 - Alpenvereinskarte 10/2 (Hochkönig Hagengebirge) mit geometrisch integrierter Felsdarstellung (Maßstab 1:25.000 - nicht maßstabsgerecht) - Quelle: ÖAV & DAV 2015

Laut Kohlstock 2014 (S.101) kommt eine Felszeichnung vor allem im Bereich von mittelmaßstäbigen Karten vor. Brandstätter (1983, S.225ff) beschreibt Felszeichnungen allerdings hauptsächlich für große Maßstäbe (1:25.000 und größer). An dieser Stelle ist auf das **Kapitel 3.1.1** hinzuweisen, welches die Maßstabbereiche definieren soll, da die Termini groß-, mittel- und kleinmaßstäbig nicht deckungsgleich verwendet werden.

Für die geometrisch integrierte Felsdarstellung ist aufgrund der meist fehlenden Schummerung mit der Gefügezeichnung ein weiteres Gestaltungselement für großräumig ebene, kleinräumig jedoch dynamische Gebiete anzuwenden. So können Felsformen an und unter der Maßstabsschwelle dargestellt werden, ohne den Interpretationsfluss der Karte zu behindern. Ein klassisches Anwendungsgebiet der Gefügezeichnung sind Karstplateaus (siehe **Abbildung 11**) (Brandstätter 1983, S.225).

3.2.2.3 Höhengichtlinien

Eine Höhen(schicht)linie stellt in der Kartographie eine Verbindung von Punkten dar, welche einen identen Höhenwert aufweisen. Daher lautet der Fachterminus *Isohypse* (Arnberger & Kretschmer 1975, S.267; Kohlstock 2014, S.92 und Kriz 2015, S.155). Die Höhenbezugsfläche in Österreich ist der Pegel von Triest (Normalnull) (Hake & Grünreich 1994, S.41). Höhenlinien sind gedachte Linien und bilden die geometrische Darstellungsgrundlage einer topographischen Karte, indem sie die Geländehöhe und -form plastisch widerspiegeln (Brandstätter 1957, S.4). In topographischen Karten mit einem Maßstab zwischen 1:25.000 und 1:50.000 wird in der Regel je 20 - 40 Höhenmeter eine Höhenlinie gezeichnet. **Tabelle 1** zeigt einige Beispiele von Kartenwerken mit ihrer jeweiligen Äquidistanz.

Tabelle 2 zeigt, welche Ansprüche Leonhard Brandstätter an die Äquidistanz für topographische Karten im Hochgebirge vorschlägt. Jeweils rot markiert ist die übliche Äquidistanz der amtlichen österreichischen Kartographie (siehe auch **Tabelle 1**). Dabei gilt zu beachten, dass bei zunehmender Steilheit des Geländes die Scharung der Linien dichter wird (Brandstätter 1957, S.4). Zudem sollten die Linien im Sinne der Lesbarkeit eine Strichstärke von 0,2 - 0,7 mm aufweisen (Kriz 2015, S.155). Dies bedeutet, für Gebiete mit ausschließlich steilem Terrain sollte eher eine große Äquidistanz gewählt werden, bei ausschließlich flachem Terrain sollte eine kleine Äquidistanz gewählt werden. Neben Maßstab und Hangneigung spielt ebenso der Formenreichtum des Geländes eine Rolle für die zu wählende Äquidistanz (Brandstätter 1957, S.29). Zeichnet sich eine Karte durch beide Extreme (sehr steile und sehr flache Gebiete) aus, so sollte eine Äquidistanz gewählt werden, welche das Gelände im flachen Terrain noch hinreichend repräsentiert, jedoch bei steilen Sektionen die Höhenlinien nicht verschmelzen. Lässt sich letzteres nicht vermeiden, so ist der Scharungersatz anzuwenden (Brandstätter 1983, S.123 und Arnberger & Kretschmer 1975, S.309). Besonders bei amtlichen Karten gibt es bezüglich Äquidistanz wenig Spielraum und der Scharungersatz spielt eine wichtige Rolle, da sich aus Gründen der Kontinuität auf einen Äquidistanzwert festgelegt werden sollte, welcher für das gesamte Staatsgebiet gilt. In Österreich sind dies für die amtlichen Karten im Maßstab 1:50.000 20 m (zum Beispiel BEV 2013). Dieser Wert findet eine hohe Verbreitung, da die in **Tabelle 2** dargestellten Maßeinheiten des British Imperial System umgerechnet keinen günstigen Wert ergeben (Kriz 2015, S.155f).

Tabelle 1 - Äquidistanzen topographischer Karten - Quelle: eigene Erhebung und Darstellung

Herausgeber	Kartenwerk	Maßstab	Äquidist. in Metern
BEV [AT]	ÖK50/ ÖK25(V)	1:50.000/ 1:25.000	20 ¹⁾
ÖAV/ DAV [AT/ D]	Alpenvereins- karten	1:50.000/ 1:25.000	25/ 20/ 10 ²⁾
Swisstopo [CH]	Landeskarte der Schweiz	1:25.000	20/ 10 ³⁾
Kompass [AT]	Wandern Rad Skitouren	1:50.000	40 ⁴⁾
Tabacco [IT]	Topographische Wanderkarte	1:25.000	25 ⁵⁾
Shocart [CZ]	Turistická Mapa 1:50.000	1:50.000	10 ⁶⁾
LGL BW* [D]	Wanderkarte 1:35.000	1:35.000	10 ⁷⁾

¹⁾ BEV 2013

²⁾ Kostka & Moser 2014, S.91; ÖAV & DAV 2012 und ÖAV & DAV 2015

³⁾ Swisstopo 2012

⁴⁾ Kompass 2010

⁵⁾ Tabacco 2011

⁶⁾ Shocart 2012

⁷⁾ LGL BW 2009

* LGL BW = Landesamt für Geoinformation und Landesentwicklung Baden-Württemberg

Ein weiteres Gestaltungselement als Teil der Höhenschichtlinien ist die Scharungsplastik. Bei geringäquidistanten Höhenlinien entsteht bei ausreichender Hangneigung lediglich durch die Verteilung der Linien bereits ein plastischer Eindruck des Geländes. Allerdings ist hier ganz besonders darauf zu achten, dass sich die Linien nicht berühren (Arnberger & Kretschmer 1975, S.308). In diesem Zusammenhang ist ein Standpunkt zu nennen, welcher in der kartographischen Gemeinde Stoff für eine kontroverse Diskussion bietet. Brandstätter (1957, S.9) hält fest, dass Formtreue wichtiger ist als absolute Höhengenaugigkeit, da aus der Form das Bild im Kopf konstruiert wird.

Tabelle 2 - Hochgebirgsäquidistanzen - Quelle: Brandstätter 1957, S.30 und Kriz 2015, S.155; eigene Darstellung

Maßstab	Äquidistanz in m	Steilgrenze in °	Flachgrenze in °	Spanne in °
1:10.000	grob 10	79	7	72
	günstig 7,62 (25 ft)	75	5	70
	fein 5	68	3	65
1:25.000	grob 20	76	7	69
	günstig 15,24 (50 ft)	72	5	67
	fein 10	63	3	60
1:50.000	günstig 30,48 (100 ft)	72	7	65
	günstig 25	68	6	62
	fein 20	63	5	58

3.2.2.4 Kleinformen

In diese Rubrik fallen Elemente, welche grundsätzlich prägend für ein abzubildendes Areal oder gute Orientierungspunkte sind, jedoch nur eine kleinräumige und mitunter sehr individuelle Ausprägung aufweisen. Einzelne Felsblöcke stellen hierfür ein gutes Beispiel dar. Diese werden grundrisstreu oder -ähnlich und oftmals überzeichnet dargestellt. Schuttgräben oder Schotterbette werden in der Regel mit Hilfe von vielen Signaturen für Kleinformen dargestellt (Arnberger & Kretschmer 1975, S.310f).

3.2.3 Namengut und Höhenbeschriftung

Ein wesentlicher Bestandteil einer topographischen Karte ist die Schrift, da sie zur Identifizierung und Erläuterung dient und damit Kern für die Lesbarkeit und Interpretierbarkeit der Karte ist. Trotz teilweiser Beeinträchtigung des Kartenbilds ist die Schrift unentbehrlich, da sie notwendige Angaben liefert, welche nicht als Grafik darstellbar sind. Sie gibt den dargestellten graphischen Objekten durch Variation von Schriftart, -farbe, -lage und -größe einen qualitativen und/ oder quantitativen Wert. Die Beschriftung sollte dem zugehörigen Objekt stets einwandfrei zuordenbar sein und möglichst wenig vom sonstigen Kartenbild überdecken. Dabei passt sich die Darstellung stets dem Bezugsobjekt an. Ein schmaler Bach bekommt in der Regel einen Namen in feiner, blauer Schrift zugewiesen, ein breiter Fluss hingegen erhält seinen Namen in einer größeren Schrift, welche eventuell durch fette oder unterstrichene Darstellung verstärkt wird. Diese Art der Beschriftung ist Teil des Namengutes und drückt die im Volksmund übliche Bezeichnung eines Objektes aus (Arnberger & Kretschmer 1975, S.332f; Hake & Grünreich 1994, S.391 und Kohlstock 2014, S.101).

Bei der Erhebung des Namengutes wird der Kartograph vor die Herausforderungen gestellt

- zwischen mundartlicher und schriftsprachlicher Schreibweise abzuwägen
 - Kartenmaterial aus mehrsprachigen Regionen (wie zum Beispiel Südtirol) nach amtlichen Gesichtspunkten mit mehrsprachigem Namengut zu versorgen
 - in grenzübergreifendem Kartenmaterial zwischen Exonym und Endonym abzuwägen
 - in Gebieten mit nichtlateinischem Alphabet zwischen Transkription und Transliteration abzuwägen
- (Arnberger & Kretschmer 1975, S.332f und Hake & Grünreich 1994, S.392)

Höhenpunkte werden üblicherweise durch Höhenkoten quantifiziert und dienen unter anderem der räumlichen Orientierung beim Geländegang. Eine Sonderstellung haben Abkürzungen, da diese eine Übergangsform zwischen Schrift und Signatur darstellen. Gängige Abkürzungen sind „Br.“ für einen Brunnen oder „Jhtt.“ für eine Jagdhütte (Hake und Grünreich 1994, S.392 und Kohlstock 2014, S.102).

3.2.4 Blattrandausstattung

Der Begriff Blattrandausstattung inkludiert sowohl die Kartenrandausstattung, welche den Inhalt der Fläche außerhalb des Kartenrahmen beinhaltet, als auch den Kartenrahmen selbst (Arnberger & Kretschmer 1975, S.359ff).

Jede professionelle Karte benötigt unabhängig von der Vorbildung des Anwenders erläuternde Informationen am Blattrand.

3.2.4.1 Kartenrahmen

Dieser Teil der Karte ist ein schmales Band zwischen Kartenfeld und Kartenrand. Er beinhaltet das Kartennetz und in manchen Fällen auch Anschluss Hinweise zu Nachbarblättern und Teile der Schrift. Das Kartennetz stellt das geometrische Gerüst für den Karteninhalt in Abhängigkeit der verwendeten Kartenprojektion dar. Netzlinien stehen senkrecht zueinander oder haben ein polares Strahlennetz und weisen geographische oder metrische Koordinatenangaben im Kartenrahmen auf. Sie folgen in konstantem Abstand und erhalten in der Regel runde Zahlenwerte. Optisch sind die Netzlinien zwar auch im Kartenfeld angeordnet, repräsentieren jedoch keinen topographischen Inhalt des dargestellten Geländes (Arnberger & Kretschmer 1975, S.359ff und Hake & Grünreich 1994, S.393f).

3.2.4.2 Kartenrandausstattung

Auf dieser Fläche werden alle übrigen, zum Verständnis des Karteninhalts notwendigen Informationen dargestellt. Hauptsächlich sind dies die Blattbenennung, der Kartenmaßstab, die Zeichenerklärung sowie Informationen zu unter anderem Herausgeber, Datengrundlage, Erscheinungsdatum, Bezugssystem oder sonstige wichtige ergänzende Informationen (Arnberger & Kretschmer 1975, S.359ff und Hake & Grünreich 1994, S.393).

3.2.4.3 Äußere Kartengestaltung

Dieses Kartenelement variiert in seiner Erscheinungsform und Wichtigkeit stark je nach Typ und Zweck einer Karte. Die zuvor genannten Elemente stellen sachliche Informationen dar, die äußere Kartengestaltung enthält eine formale Gliederung. Zu den Teilelementen gehören unter anderem die Platzierung der Randangaben in Abhängigkeit des Falzschemas, die Blattschnittwahl oder die Kartenbenennung (Hake & Grünreich 1994, S.394ff).

3.3 Generalisierung

Grundsätzlich stellt jede Karte ein abstraktes, verkleinertes und auf das Wesentliche beschränkte Bild der vom Mensch als „Wirklichkeit“ wahrgenommenen Umwelt dar. Mit kleiner werdendem Maßstab wird der Informationsgehalt des Modelles ausgedünnt. Möchte man den Maßstab einer bereits vorliegenden Karte verkleinern, so ist ein weiterer Generalisierungsprozess notwendig. Bei dieser inhaltlichen Vereinfachung findet eine Trennung des Wesentlichen vom Unwesentlichen statt, um schlussendlich die verbleibenden Elemente unter Berücksichtigung der graphischen Mindestgröße darstellen zu können. Die Ersterfassung „Objekt zu Karte“ wird auch Erfassungsgeneralisierung genannt. Der Prozess „von Karte zu Karte“ wird als kartographische Generalisierung bezeichnet. Dieses Kapitel bezieht sich hauptsächlich auf letztere Form der Generalisierung. Orientierungskriterien sind hierbei Richtwerte der Strichstärken, um keine Einschränkung der Lesbarkeit zu erzielen. Bei einem angenommenen optimalen Betrachtungsabstand von 30 cm sind Strichstärken ab 0,05 mm wahrnehmbar. Der Mindestabstand zweier Objekte sollte 0,15 mm und die minimale Flächengröße 0,3 X 0,3 mm² betragen. Für eine Farbdifferenzierung sollten diese Angaben mindestens verdoppelt werden. Bei einer Verkleinerung des Maßstabs hat dies zur Folge, dass gewisse Elemente weggelassen werden müssen und die verbleibenden Elemente geometrisch verändert werden müssen (Arnberger & Kretschmer 1975, S.192ff; Hake & Grünreich 1994, S.110ff und Kohlstock 2010, S.79f).

Die Lagegenauigkeit von Elementen sollte mit der Kartier- und Zeichengenauigkeit übereinstimmen. Im Maßstab 1:25.000 entspricht dies $\pm 3,8$ m bei einer Standardabweichung von $\pm 0,15$ mm. Mit kleiner werdendem Maßstab nimmt die Genauigkeit ab. Hauptsächlich aufgrund von Generalisierungen wie dem Verbreitern und dem Verdrängen (Hake & Grünreich 1994, S.379).

Abbildung 12 zeigt sieben Typen der geometrischen Generalisierung. Grundsätzlich sind diese getrennt voneinander anwendbar. Im Rahmen des Ablaufs eines Generalisierungsprozesses werden oftmals mehrere verknüpft. Beispielsweise werden die Elemente einer Wohnsiedlung erst vereinfacht und vergrößert. Danach überlappen diese sich teilweise und es werden einige weggelassen und die übrigen verdrängt.

Weitere Generalisierungen stellen die semantische und die temporale Generalisierung dar. Diese stellen zwar eher für thematische Karten einen wichtigen Teilbereich dar, aber auch in topographischen Karten spielt die semantische Generalisierung eine Rolle. Das Weglassen von niederrangigen Verkehrswegen wäre ein Beispiel hierfür (Hake & Grünreich 1994, S.113f). Aufgrund der Komplexität und Konnektivität der einzelnen Prozesse steht dem Kartographen ein hohes Maß an Gestaltungsspielraum zu und Generalisierungsprozesse können nur zu einem geringen Teil oder unter Inkaufnahme von Qualitätsverlust automatisiert vollzogen werden (Kohlstock 2010, S.83). Dennoch benötigt der Kartograph ein unbedingtes Gespür für die geographischen Gegebenheiten des Geländes. So ist beispielsweise bei der Generalisierung von Gewässern ein Fortfall von Wasserläufen oftmals zu empfehlen. Das generalisierte Netz sollte sich mit seiner neuen Informationsdichte an die geomorphologisch und hydrologisch charakteristischen Verhältnisse des Gebietes anpassen (Hake & Grünreich 1994, S.377).

Elementarer Vorgang	Darstellung in der		
	Ausgangskarte	neuen Karte	
	Maßstab der Ausgangskarte		neuen Karte
Rein geometrische Generalisierung			
1 Vereinfachen			
2 Vergrößern (vor allem Verbreitern)			
3 Verdrängen (Folge von 2)			
Geometrisch-begriffliche Generalisierung			
4 Zusammenfassen			
5 Auswählen (bzw. Fortlassen)			
6 Klassifizieren bzw. Typisieren (einschließlich Umwandeln in Signaturen)			
7 Bewerten (z. B. Betonen)			

Abbildung 12 - Typen geometrischer Generalisierung -
Quelle: Hake & Grünreich 1994, S.112

Neben diesen allgemeinen Gestaltungsregeln für Generalisierungsprozesse treten in der Praxis diverse weitere Problemstellungen auf. Grundsätzlich sollte sich der Kartograph dem Zweck der zu generalisierenden Karte bewusst sein. Ein Herausgeber eines amtlichen Kartenwerkes setzt andere Prioritäten hinsichtlich der in **Abbildung 12** dargestellten Generalisierungsschritte als ein Verlag für Freizeitkarten. Bei starken Generalisierungsprozessen ist auch zu beachten, dass sich beispielsweise auch die Darstellung von Geländeinformationen von Höhenlinien hin zu Farbhöhenstufen ändern sollte.

4 Die österreichische topographische Hochgebirgskartographie

Nachdem nun die grundlegenden Eigenschaften topographischer Karten erläutert wurden, soll mit diesem Kapitel der landschaftliche Fokus auf den Alpenraum sowie der politisch-administrative Fokus auf Österreich gelegt werden, um die Basis für die darauffolgenden technischen Kapitel zu liefern.

4.1 Die Entwicklung der Kartographie in Österreich

Die Kartographie war zu jeder Zeit stark vom technologischen Fortschritt und den verfügbaren Methoden zur Datenerfassung geprägt. Die Ursprünge der österreichischen Kartographie sind mit der Begründung der Wiener Universität im 14. Jahrhundert n.Chr. zu finden. Die Mitglieder der Ersten Wiener mathematisch-astronomischen Schule bedienten sich der Kartographie in erster Linie als Hilfswissenschaft. Im 16. Jahrhundert entstand durch den Gedanken des Territorialstaates ein Bedarf an Regionalkarten. Für die Habsburgermonarchie war insbesondere im Südosten des Einflussgebietes, im Grenzgebiet zum osmanischen Reich, aus militärischer Sicht aktuelles und genaues Kartenmaterial von großem Nutzen. Die hierfür zur Anfertigung der Karten angeheuerten Personen waren meist nicht mehr, wie die beiden Jahrhunderte zuvor, Kartographen, sondern stammten aus den verschiedensten Berufsfeldern. Dies führte zu einer reduzierten Qualität des kartographisch-wissenschaftlichen Handwerks und zu einer, der Renaissance entsprechenden, Orientierung an dekorativer Gestaltung und zu einem Maximum an topographischen Eintragungen (Kriz 2015, S.154 und Wawrik 2004, S.11ff). Die älteste Karte Niederösterreichs ist zwischen 1540 und 1550 anzusetzen, der erste Wien-Plan entstand 1547 durch den Kartenmacher *Augustin Hirschvogel*. Durch die zunehmende Bedrohung des Habsburgerreiches durch das osmanische Reich zu Beginn des 17. Jahrhunderts entstanden zu dieser Zeit die ersten landestopographischen Aufnahmen. Die ersten beiden verhältnismäßig großmaßstäbigen Karten bilden Tirol um 1600 ab (Wawrik 2004, S.16ff).

Durch zahlreiche militärische Niederlagen im Verlauf des 18. Jahrhunderts wurde nach erneuter Niederlage im Siebenjährigen Krieg (1756-1763) auf den Anstoß von *Feldmarschall-Leutnant Maritz Graf Lacy* hin der operative Stellenwert von zuverlässigen Karten zur Kenntnis genommen und im Mai 1764 durch *Maria Theresia* die *Erste (Josephinische) Landesaufnahme* angeordnet. Der Maßstab für diese Aufnahme beträgt in der Regel 1:28.800 (einfaches Militärmaß, 1 Zoll : 400 Klafter) (Dörflinger 2004, S.75ff und Kriz 2015, S.154). Die ersten verlagskartographischen Gehversuche sind erst in den 1730er Jahren (in Wien) zu finden (Dörflinger 2004, S.86). Bei der *Zweiten (Franziseischen) Landesaufnahme* von 1806 wurde nun erstmals das Triangulationsverfahren angewandt und das erstellte Kartenmaterial nun auch gedruckt. Bis zur Einrichtung des *Militärgeographischen Instituts (MGI)* im Jahre 1840 waren die einzelnen Arbeitsbereiche in verschiedenen Gebäuden untergebracht. Diese Einrichtung bestand 80 Jahre und war eine der bedeutendsten und innovativsten topographischen und kartographischen Anstalten. Eine große Errungenschaft ist die in nur 18 Jahren vollzogene *Dritte (Franzisko-Josephinische) Landesaufnahme*, welche den Großraum Wien in einem sehr großen Maßstab von 1:12.500 und die übrige Reichsfläche Österreich-Ungarns im Maßstab 1:50.000 abbildet. Durch diese Aufnahme

wurde die *Habsburgwarte* auf dem Hermannskogel als geodätisch-astronomischer Haupt- und Zentralpunkt sowie das *Bessel-Ellipsoid* als Referenzellipsoid festgelegt. Abgelöst wurde das *MGI* nach diversen administrativen und namenstechnischen Änderungen vom *BEV*, welches auch heute noch unter diesem Namen den gesetzlich aufgetragenen Diensten nachkommt (Kretschmer 2004, S.169ff und Kriz 2015, S.154).

4.2 Die amtliche topographische Kartographie in Österreich nach dem Zweiten Weltkrieg

Nach Unterzeichnung des Staatsvertrages im Jahre 1955 und der damit verbundenen territorialen Fixierung Österreichs begann das *BEV*, nun auch mit der vollen Ausschöpfung der Luftphotogrammetrie, im Rahmen der dritten Periode der Vierten Landesaufnahme mit der vollständigen Neuerfassung des Staatsgebietes. In weiterer Folge wurde 1959 auch die *Österreichische Karte* im Maßstab 1:25.000 (*ÖK25*) durch die *ÖK50* als Originalkarte abgelöst, da der personelle und budgetäre Aufwand für den Maßstab 1:25.000 zu hoch gewesen wäre. Als einzige aktuell gehaltene amtliche Karte für Österreich im Maßstab 1:25.000 ist die Karte *Schneeberg und Rax* (*BEV* 2013) zu nennen, welche auch Teile des Untersuchungsgebietes des praktischen Teils dieser Arbeit umfasst. So entstand bis 1989 ein 213 Kartenblätter umfassendes, homogenes und modernes Kartenwerk mit einer Abdeckung von 15' geographischer Länge und Breite je Kartenblatt. Es wurde vereinbart, jährlich 30 bis 40 Blätter zu aktualisieren, sodass sich ein Aktualisierungszyklus des gesamten Kartenwerkes von höchstens sieben Jahren ergab. Zwischen 1983 und 1993 wurden die Kartenblätter mit dem *Bundesmeldenetz* (*BMN*) auf Basis des *Gauß-Krüger-Koordinatensystems* versehen. Anfang der 1990er Jahre fand eine Digitalisierung des Kartenwerkes statt und mit dem Beitritt Österreichs zum *North Atlantic Treaty Organization- (NATO)-Programm Partnerschaft für Frieden* wurde Ende der 1990er Jahre die Verpflichtung eingegangen, im Aktualisierungszyklus zwischen 2001 und 2008 die Projektion des Kartenwerkes auf die *Universale-Transversale-Mercator-Projektion (UTM-Projektion)* umzustellen (Arnberger & Kretschmer 1975, S.441ff und Kretschmer 2004, S.177ff).

4.3 Die Alpenvereinskartographie in Österreich

In diesem Abschnitt soll die Entwicklung der Alpenvereinskartographie stellvertretend für die moderne Verlagskartographie behandelt werden. Für Alpinisten mit Bedarf an großmaßstäbigen topographischen Hochgebirgskarten war die Auswahl an Kartenmaterial in Österreich zu Beginn und Mitte des 19. Jahrhunderts äußerst dürftig, da einerseits im Besonderen das Hochgebirge noch schlecht erforscht war und andererseits die Daten der Zweiten Landesaufnahme nicht veröffentlicht worden waren. Das Entstehen der Alpenvereinskartographie beruft sich hauptsächlich auf das Vorhandensein folgender Mängel bezüglich topographischer Karten der Ostalpen zu dieser Zeit:

- kein ausreichend großer Maßstab, welcher topographischen Spezialkarten entspricht
- Lagefehler von topographischen Objekten aufgrund eines weitmaschigen Lagefestpunktfeldes
- zu wenige Höhenangaben

- (peri)glaziale Regionen sind mangelhaft erfasst
- spärlich vorhandenes Namengut

Bereits nur drei Jahre nach seiner Gründung als erster kontinentaleuropäischer alpiner Verein im Jahre 1862 begann der ÖAV mit der Produktion und Herausgabe von topographischen Spezialkarten der Ostalpen. 1958 wurde vereinbart, die Karten in Kooperation mit dem DAV herauszugeben (Kretschmer 2004, S.203ff und Kriz 2015, S.153ff). Das Kartenwerk umfasst derzeit 94 Karten in Asien, Südamerika und dem Alpenraum im Maßstabsbereich zwischen 1:25.000 und 1:250.000, wovon der Großteil topographische Spezialkarten mit Maßstab 1:25.000 oder 1:50.000 im Bereich der Ostalpen sind (ÖAV (A) 2016).

Im Laufe der Zeit haben sich in der Alpenvereinskartographie, geprägt durch die jeweiligen Chef-Kartographen, unterschiedliche Gestaltungsansätze gezeigt. Dies führte zu einer hohen Individualität der einzelnen Kartenblätter (Kretschmer 2004, S.204). Dies ist einerseits kritisch zu sehen, da die Karten nur als loses Kartenwerk betrachtet werden können, welches ohnehin nur punktuell verfügbar ist und nicht das gesamte österreichische Staatsgebiet umfasst. Andererseits ist es die Aufgabe des BEV und nicht die Aufgabe des Alpenvereins, das Staatsgebiet vollständig und homogen abzudecken. Die Karten des Alpenvereins orientieren sich vor allem am praktischen Nutzen für Alpinisten und somit an den topographischen Gegebenheiten. In der Regel wird je Kartenblatt ein vollständiger Gebirgsstock abgebildet. Weiters bietet die Individualität der Karten jeder Kartenneuherstellung einen kreativen Gestaltungsspielraum und somit eine Möglichkeit zur kartographischen Weiterentwicklung. Zudem können die kartographischen Methoden dem zu kartierenden Gelände angepasst werden und nicht zuletzt stellt diese Dynamik auch für den Betrachter eine angenehme Abwechslung dar und lässt ihn mit jeder Karte die Kartographie neu entdecken.

So lassen sich von 1865 bis heute sechs Perioden der Gestaltungslehre festhalten (siehe **Tabelle 3**), welche sich hauptsächlich durch Variationen bezüglich Schummerung, Felszeichnung, Höhenschichtlinien, Klassengrenzen für Landbedeckung, Umfang an Legendenelementen und Erläuterungen sowie Papiertyp und Druckfarben auszeichnen. Bei Erstellung der ersten Karten wurden noch Böschungsschraffen zur Fels- und Geländedarstellung verwendet. Kurz vor der Jahrhundertwende konnte bereits eine Geländedarstellung nach Schweizer Vorbild mit Hilfe von Höhenlinien und Schräglichtschummerung in die Karten integriert werden. Nach der Jahrhundertwende brach nun mit *Leo Aegerter* und *Hans Rohn* die Zeit der klassischen Alpenvereinskartographie an. Diese kennzeichnet sich durch eine genetische Felszeichnung (näheres zu Felszeichnungen siehe **Kapitel 3.2.2.2**) und deren hohe Präsenz im Kartenbild (Kretschmer 2004, S.204f). Aus dieser Periode stammt auch die älteste noch aktualisierte und vertriebene Karte. Es handelt sich hierbei um das Kartenblatt 52/1 Langkofel- und Sellagruppe, welches neu projiziert und digitalisiert wurde (Kostka & Moser 2014, S.70 und ÖAV & DAV 1995).

Tabelle 3 - Die Perioden der Gestaltungslehre in der Alpenvereinskartographie – Quelle: Krexhammer 2014

Periode	Zeitraum	Charakteristik	Maßstab	Bearbeiter
Frühzeit der Alpenvereinskartographie	1862 - 1891	Böschungsschraffen	1:66.000 - 100.000	Hoffmann Petters
Reliefkartenperiode	1891 - 1898	Reliefschummerung durch angenommene Schrägbeleuchtung	1:50.000	Simon
Klassische Alpenvereinskartographie	1900 - 1936	freie genetische Felszeichnung plastische, künstlerische Felsdarstellung ohne Höhenlinien im Fels	1:25.000	Aegerter Rohn
Ebster Periode	1936 - 1974	geometrisch gebundene Felszeichnung Höhenlinien und andere graphische Elemente (Feine Haarstriche) als Felsdarstellungsmittel	1:25.000	Ebster
Brandstätter Periode	1969 - 1990	geometrisch integrierte Felszeichnung Scharungsplastik durch äquidistante geometrisch genaue Höhenlinien, keine Schummerung	1:25.000	Brandstätter Nelles Moser
Zusammendruck mit amtlicher Kartographie	1970 -	geometrisch gebundene Felszeichnung Höhenlinie als Primäres Felsdarstellungsmittel	1:25.000 - 1:50.000	BEV (Felszeichnung) Moser Schirmer Beer u. A.

Die neuere Periode, geprägt durch *Fritz Ebster*, zeichnet sich durch eine geometrisch gebundene Felszeichnung und durchgezogene Höhenlinien im Fels aus. Zudem wurden hier 1967 erstmals aerophotogrammetrische Aufnahmen verwendet. Die Periode von *Leonhard Brandstätter* überschneidet sich einige Jahre mit jener von *Ebster* und zeichnet sich durch eine von *Brandstätter* entwickelte geometrisch integrierte Felsdarstellung, eine Scharungsplastik und (bei Bedarf) eine Gefügezeichnung aus. Besonders der Einfluss *Brandstätters* wirkt sich auch noch heute auf die Alpenvereinskartographie aus (Kretschmer 2004, S.204f).

Bereits 1970 zeichnete sich eine sechste Periode der Alpenvereinskartographie ab. Im neuesten Kartenwerk des ÖAV tritt dieser Duktus besonders deutlich hervor (siehe **Abbildung 13**). Hier basiert die Datengrundlage auf selbiger wie der ÖK50 und es wurden lediglich einige grafische Komponenten, wie zum Beispiel Wanderwege, anders gestaltet. Die Felszeichnung sowie die Höhenlinien mit ihrer hohen Präsenz wurden analog zur ÖK50 übernommen.

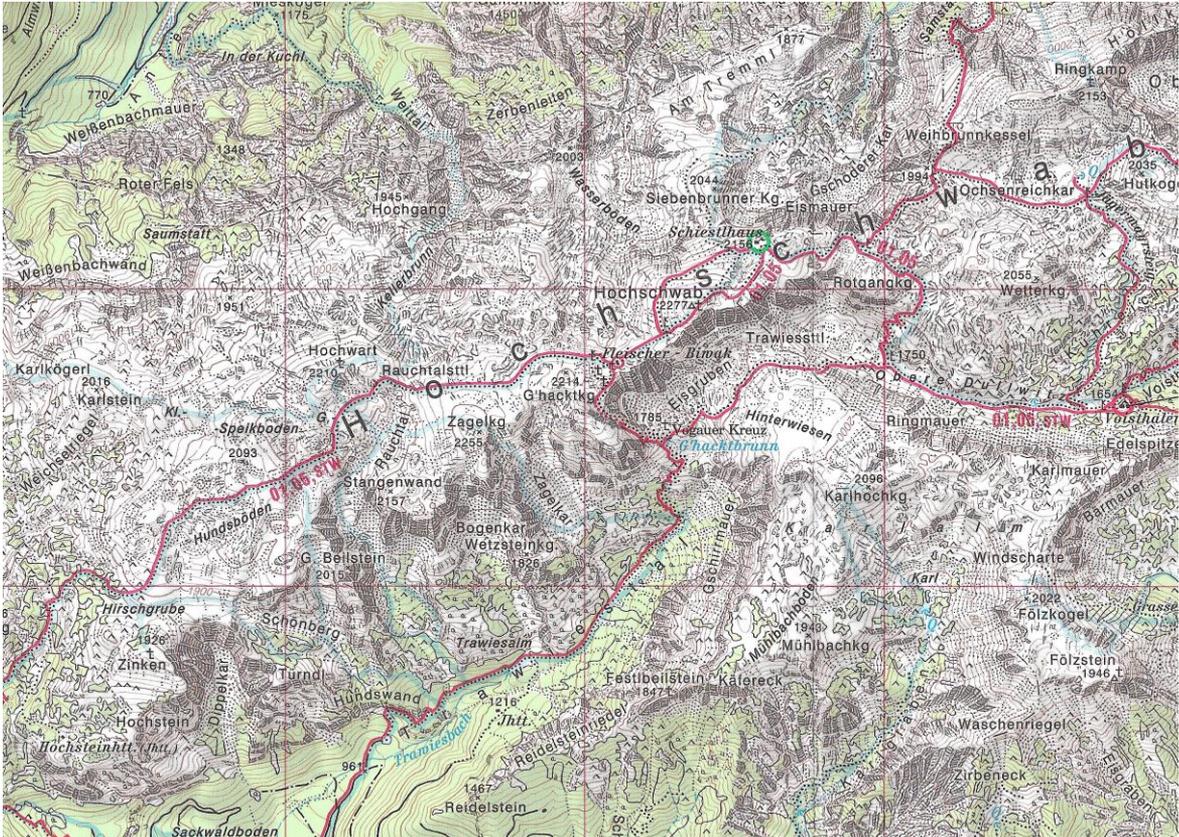


Abbildung 13 - Alpenvereinskarte 18 (Hochschwabgruppe) als Lizenzkarte des BEV mit geometrisch gebundener Felsdarstellung (Maßstab: 1:50.000 - nicht maßstabsgerecht) - Quelle: ÖAV & DAV 2013

4.4 Aktuelle Situation der Verlagskartographie

Momentan lässt sich behaupten, dass sich die Kartographie in einer Phase des Aufbruchs und der Veränderung befindet, welche hauptsächlich extern beeinflusst ist und mit den schnellen und markanten Entwicklungen in der digitalen Welt zusammenhängt. Kunden erwarten heutzutage zunehmend Daten unmittelbar, mobil und nahezu in Echtzeit zur Verfügung zu haben.

Aus persönlichen Gesprächen mit Betroffenen hört man oftmals die Klage, dass die klassische Verlagskartographie nicht mehr so lukrativ und personalintensiv ist, wie in vergangenen Zeiten und die Publikationen von einigen wenigen Angestellten bewältigt werden können. Dennoch erwarten Käufer von analogen Karten eine hohe Qualität und Aktualität und die Nachfrage von Alpinisten nach entsprechenden Karten ist nach wie vor hoch (Krexhammer 2014, S.102)

5 Digitale Höhendarstellungen und Folgeprodukte

Um topographische Karten herstellen und aktualisieren zu können, sind in der klassischen Herangehensweise topographische Vermessungen notwendig, welche ursprünglich auch speziell diesem Zweck gewidmet waren (Hake & Grünreich 1994, S.257). Im Zuge der digitalen Datenverarbeitung, einer wachsenden Vielfalt an Verwendungszwecken für Datensätze mit räumlichem Bezug und einer immer seltener werdenden „on scratch“ Produktion von topographischen Karten gestaltet sich nun der Zweck topographischer Vermessungen vielfältiger.

Im Folgenden sollen die Erhebungsmethoden wichtiger Basisdaten für topographische Karten vorgestellt werden. Dabei geht es in diesem Kapitel ausschließlich um Daten mit Höhenbezug. Die Erhebung anderer Daten wird an dieser Stelle nicht erörtert, da der Fokus gezielt auf Höhendaten gelegt werden soll. Zudem wird in **Kapitel 8.1.2** noch intensiv auf die Überarbeitung und Validierung sämtlicher für den praktischen Teil verwendeten Daten eingegangen. Diese Schritte kommen einer Primärerhebung recht nahe und sollen für den Zweck dieser Masterarbeit als Erläuterung genügen.

5.1 Abgrenzung von (digitalen) Höhendarstellungen

Eine Höhendarstellung hat in erster Linie die Eigenschaft Höheninformationen eines Untersuchungsgebietes mittels homogen verteilten Messstandorten innerhalb einer logischen Struktur zu speichern. So erhält man zunächst mittels Höhenwerten in tabellarischer Form ein Modell über die Beschaffenheit der Erdoberfläche im betreffenden Gebiet. Heutzutage werden die Informationen in der Regel in einer digitalen Rasterdatei gespeichert.

5.1.1 Unterschiedliche Typen von digitalen Höhendarstellungen

An verschiedensten Stellen stößt der Nutzer auf unterschiedliche Begrifflichkeiten betreffend Höhendarstellungen. Dies gilt sowohl für den deutschen, als auch den englischen Sprachraum. Dies ist auf redundante oder unsaubere Verwendung der Begriffe beziehungsweise durch eine nicht eindeutige Definierung in der Literatur gegeben. Beispielsweise wird ein *digitales Höhenmodell (DHM)* in der deutschsprachigen Literatur als oberflächenbeschreibend definiert oder aber als Überbegriff für sämtliche Höhendarstellungen verwendet (Bill 1996, S.123 und Bill 2010, S.361). Kohlstock (2010, S. 163) nennt Bruchkanten als ein Differenzierungsmerkmal. Werden diese bei der Generierung einer Höhendarstellung verwendet, so spricht man von einem digitalen *Geländemodell (DGM)*. Bleiben sie unberücksichtigt, so spricht man von einem *DHM*.

Tabelle 4 zeigt verschiedene Begrifflichkeiten für Höhendarstellungen mit ihrer deutschen und englischen Bezeichnung. Der Begriff *DHM* wird im weiteren Verlauf dieser Arbeit vermieden und durch den Begriff *digitale Höhendarstellung (DHD)* als nicht vorbelasteter (und somit neutraler) Begriff als Überbegriff für sämtliche Erfassungen und Darstellungen von Höhenwerten ersetzt. Die Begriffe *DOM* und *DGM* werden entsprechend der Beschreibung in **Tabelle 4** verwendet. Auf die Anwendung der englischen Begriffe wird verzichtet.

Tabelle 4 - Geländedarstellungen - Quelle: Bill 1996, S.123, Bill 2010, S.361 und Kohlstock 2010, S.163; eigene Darstellung

Englischer Begriff	Deutscher Begriff	Beschreibung
<i>Digital surface model (DSM)</i>	<i>Digitales Oberflächenmodell (DOM)</i>	(Erd-)Oberfläche incl. aller darauf befindlichen Objekte
<i>Digital terrain model (DTM)</i>	<i>Digitales Geländemodell (DGM) oder Digitales Terrainmodell (DTM)</i>	(Erd-)Oberfläche ohne jegliche Objekte
<i>Digital elevation model (DEM)</i>	<i>Digitales Höhenmodell (DHM)</i>	Widersprüchliche Definitionen. Wird oft als Oberbegriff für digitale Geländemodelle sowie für digitale Oberflächenmodelle benutzt

5.1.2 Aufbau einer Geländedarstellung (stellvertretend für alle Höhendarstellungen)

Kohlstock 2010, S.162 beschreibt ein *DGM* als ein Punktfeld mit Lagekoordinaten und Höhen über einer Bezugsfläche. Dabei wird die Geländeoberfläche ohne wesentliche Zusatzinformationen hinreichend genau abgebildet. Unter Genauigkeit ist die korrekte Darstellung von Höheninformationen innerhalb eines Toleranzbereiches, in Abhängigkeit vom Maßstab, zu verstehen. Die Geländeformen müssen hierbei morphologisch korrekt abgeleitet werden können. Im praktischen Teil der Arbeit wird dies mittels der Generierung von Höhenschichtlinien vollzogen. Bezüglich ihrer strukturellen Anordnung ist zwischen zwei verschiedenen Varianten an Geländedarstellungen zu unterscheiden. Diese geometrische Darstellungsform hängt dabei zwingend mit der Art der Datenerhebung zusammen (Kohlstock 2010, S.162).

Eine Geländedarstellung mit einer im Grundriss unregelmäßigen Anordnung erhält man beispielsweise bei einer wie in **Kapitel 5.2.2.3.1** beschriebenen, tachymetrischen Geländeaufnahme. Hierbei werden die unregelmäßig über das Untersuchungsgebiet verteilten Höhenpunkte durch Geraden miteinander verbunden. Dadurch erhält man ein Polyeder aus Dreiecksflächen, welches sich in Abhängigkeit der Aufnahmegenaugigkeit der Punkte und der Engmaschigkeit des Punktnetzes der „wirklichen“ Geländeoberfläche annähert. Dabei ist darauf zu achten, dass die Dreiecksflächen die Geländeoberfläche in Abhängigkeit vom Maßstab nicht zu sehr glätten. Ansonsten muss eine höhere Punktedichte bei der Datenaufnahme generiert werden oder gekrümmte Dreiecksflächen erzeugt werden. Eine höhere Punktedichte erfordert einen erhöhten Aufwand bei der Geländeaufnahme und könnte auch einen höheren finanziellen Aufwand bedeuten. Gekrümmte Dreiecksflächen erfordern eine erhöhte Hardwareperformance der Verarbeitungsgeräte sowie erhöhte Anwenderkenntnisse. Die Vermaschung des Punktnetzes wird als Triangulation bezeichnet, das Ergebnis stellt ein *Triangulated Irregular Network (TIN)* dar (Kohlstock 2010, S.162).

Eine Geländedarstellung mit quadratisch-gitterförmigem Grundriss stellt Variante zwei einer möglichen Geländedarstellung dar. Hierbei werden gekrümmte Vierecksflächen in Form hyperbolischer Paraboloiden erstellt, welche eine möglichst präzise Annäherung an die tatsächliche Geländeoberfläche ergeben soll. Diese Methode kommt in der stereophotogrammetrischen

Luftbilddauswertung zum Einsatz. In diesem Fall erhält man direkt aus der Abtastung ein *DGM*. Eine indirekte Methode ist die Berechnung aus einem unregelmäßig verteilten Stützpunktfeld. Beide Rechenvorgänge versuchen *DGM*-Gitterpunkte aus umgebenden Stützpunkten und auch Bruchkanten zu interpolieren. Dieses Interpolationsverfahren wird als programm- und rechen-technisch aufwändig beschrieben, es liefert dafür eine genauere geometrische und morphologische Darstellung als die Triangulation in Gebieten mit ausgeprägter Reliefenergie. Die gitterförmige Darstellung ist aufgrund der einfachen Grundrissstruktur oftmals geeigneter (Kohlstock 2010, S.163).

5.2 Erhebung von Höhendaten

In diesem Abschnitt soll über die historische Entwicklung bis hin zu aktuell verwendeten Techniken ein repräsentativer Querschnitt über die gängigen Möglichkeiten zur Erhebung von *DHDs* mit Fokus auf die topographische Kartographie gegeben werden.

5.2.1 Entwicklung topographischer Messinstrumente zur Erfassung von Geländehöhen

In der ursprünglichen (analogen) Form der Erhebung von Geländeinformationen wurde zwischen zwei (in **Kapitel 5.1.2** vorgestellten) verschiedenen Ansätzen unterschieden. Im indirekten Verfahren werden Höhenpunkte einer tachymetrischen Geländeaufnahme interpoliert (Kohlstock 2010, S.162). Bereits vor einigen hundert Jahren begannen sich tachymetrische Aufnahmeverfahren zu etablieren, im Besonderen ab dem Jahr 1560 mit Hilfe vom, durch den holländischen Astronom *Gemma Frisius* erfundenen, *Messtisch* für die Feldkartierung (Kohlstock 2010, S.51). Hierbei wurden Objekt und Geländepunkte angezielt und die Entfernung zu ihnen maßstäblich übertragen. Dabei war und ist die topographische Vermessung, mit ihrem Bedarf an technischen Instrumenten für Winkel-, Strecken- und Höhenmessungen, stets an aktuellen technischen Fortschritt gebunden. Doch erst mit der Erfindung des *Tachymeters* durch den Mechaniker *Georg von Reichenbach* gelang es für eine Neupunktbestimmung alle erforderlichen Messungselemente vom gleichen Standpunkt aus ermitteln zu können. Da dies eine Zeitersparnis bedeutet, wird dieses Verfahren als *Tachymetrie* bezeichnet, was mit „Schnellmessung“ ins Deutsche übersetzt werden kann. Somit können strenggenommen tachymetrische Aufnahmeverfahren erst ab diesem Zeitpunkt als solche bezeichnet werden. Schließlich konnte das Gerät so verfeinert werden, dass die Horizontalstrecke und die Höhendifferenz zwischen zwei Punkten ohne Berechnungen gleich am Gerät abgelesen werden konnten (Kohlstock 2010, S.51). Diese Technologie wurde erst in den 1960er Jahren durch das *Elektronische Tachymeter* (auch *Totalstation* genannt) abgelöst beziehungsweise weiterentwickelt (Kohlstock 2010, S.51f) (Funktionsweise siehe **Kapitel 5.2.2.3.1**).

Im direkten Verfahren werden Höhenpunkte im Rahmen einer Luftbilddauswertung mittels stereoskopischer Modellabtastung erfasst (Kohlstock 2010, S.162). Hierbei befindet sich eine Messmarke in konstanter Höhe. Als Ergebnis dieser Prozedur erhält man eine Höhenschichtlinie (Kohlstock 2010, S.93) (näheres zu Höhenschichtlinien siehe **Kapitel 3.2.2.3**).

5.2.2 Aktuelle Verfahren zur Erhebung von Geländehöhen für kartographische Zwecke

Im folgenden Unterkapitel werden unterschiedliche Methoden zur Erhebung von Stützpunktfeldern und in weiterer Folge zur Generierung von Höhendaten vorgestellt. Die Verfahren des *Laserscannings* und der Fernerkundung aus dem Weltraum stellen die aktuellsten und ökonomischsten (hinsichtlich der Relation von Zeit- und Kostenaufwand zur Datenqualität) für großflächige Datenerhebungen dar. Im Hinblick auf die Datenrecherche der vorliegenden Arbeit sind lediglich diese Verfahren von Relevanz.

5.2.2.1 Fernerkundung aus der Luft

Dieses Unterkapitel stellt Verfahren zur regionalen Datenerfassung mittels Fluggeräten in relativer Bodennähe innerhalb der Atmosphäre vor.

5.2.2.1.1 Airborne Laserscanning

Eine Technologie, welche im Bereich der Geländedatenerhebung noch recht neu ist, stellt das ALS dar. Es handelt sich hierbei um ein aktives Fernerkundungswerkzeug (Mallet & Bretar 2009, S.2). Etwa um die Jahrtausendwende gelang der Durchbruch dieser Technologie unter anderem im Bereich der Kartographie, der physischen Geographie oder der Geologie. Dies belegen die Historien marktführender Hersteller von Laserscannern (zum Beispiel **RIEGL (A)** 2016 und **Leica Geosystems** 2016). Zu beachten ist bei dieser Technologie der Entwicklungsbaum, welcher auf **Abbildung 14** anschaulich dargestellt ist.

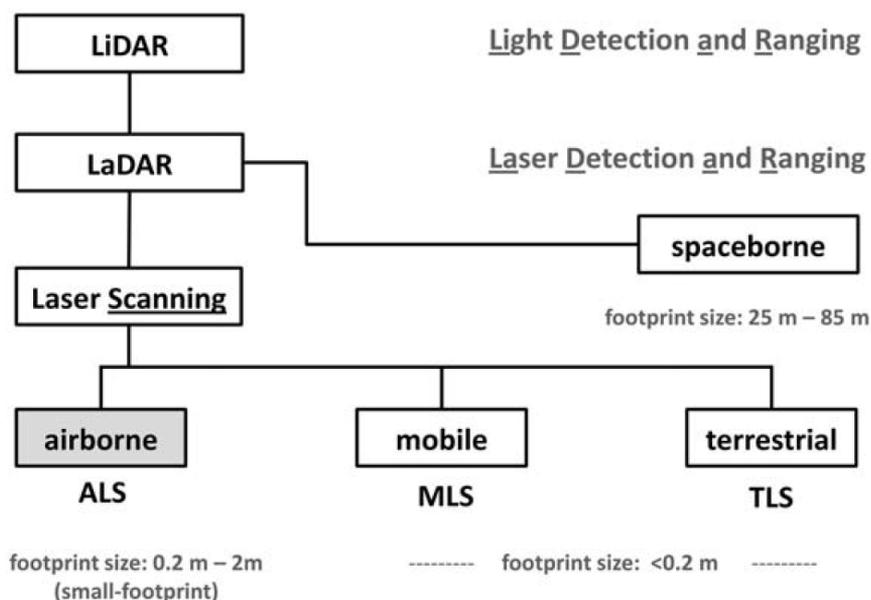


Abbildung 14 - Unterschiedliche *LiDAR*-Verfahren - Quelle: Höfle & Rutzinger, 2011 - Anmerkung: Die footprint-Größen stellen Näherungswerte dar und hängen von der Divergenz des Laserstrahls, der Distanz zum Ziel und dem Einfallswinkel ab.

Den Hardware-Überbau stellt die *Light Detection And Ranging- (LiDAR-)* Technologie dar (Jones & Vaughan 2010, S.113ff). *LiDAR* stellt die aktive Fernerkundungstechnik der Entfernungsmessung mittels *light amplification by stimulated emission of radiation (laser)* dar (Wehr & Lohr 1999, S.68). Oftmals synonym verwendet, stellt das *Laserscanning* eine Unterkategorie der *LiDAR*-Technik dar, bei welcher nach einem flächenhaften Muster Daten erhoben werden, indem viele einzelne Distanzmessungen räumlich verknüpft werden (Pfeifer & Briese 2007, 313f). Typischerweise arbeiten *Laserscanner* in einem Frequenzbereich von etwa 700 - 900 nm (nahes Infrarot) (zum Beispiel **RIEGL (B)** 2016).

Aktuell gibt es drei verschiedene Trägertypen für Laserscanner. Für hochauflösende Detailaufnahmen kommen *terrestrische Laserscanner (TLS)* zum Einsatz und für lineare Überblickscans werden *mobile Laserscanner (MLS)* eingesetzt. Für die topographische Kartographie relevant sind jedoch ausschließlich *Airborne Laserscanner (ALS)*, da diese durch ihre großflächig deckenden, oberflächenparallelen Aufnahmen (Nadir) mit einer immer noch hohen Bodenauflösung eine ideale Datengrundlage für *DHDs* liefern (Höfle & Rutzinger 2011, S.2).

Nach deren Erfindung im Jahre 2004 ist in den letzten Jahren der Trend zu *Full Waveform* Scannern gegangen, da diese technisch nun ausgereift sind und die Preisdifferenz zu *Single Pulse* oder *First/ Last Pulse* Scannern (letztere beide Methoden werden auch als diskretes Scannen zusammengefasst) nicht mehr wesentlich ist. **Abbildung 15** zeigt die unterschiedliche Beschaffenheit der Empfangssignale eines diskreten *First/ Last Pulse* Scanners und eines kontinuierlichen *Full Waveform* Scanners in Abhängigkeit von der Oberflächenbeschaffenheit. Möchte man ein *DGM* erhalten, so wird mindestens ein *First/ Last Pulse* Scanner benötigt, welcher jeweils das erste und das letzte Antwortsignal eines ausgesendeten Laserstrahls registriert. Die Gelände- und Objekthöhe können in einem weiteren Schritt berechnet werden und es kann zwischen einem *DOM* und einem *DGM* unterschieden werden. Um ein *DOM* zu erhalten, genügt ein *Single Pulse* Scanner. Sobald der Laserstrahl auf ein Objekt auftrifft wird ein Teil der Strahlung remittiert. Alle weiteren Signale werden mit *Single Pulse* Scannern nicht mehr registriert (Höfle & Rutzinger 2011, S.4 und Mallet & Bretar 2009, S.2).

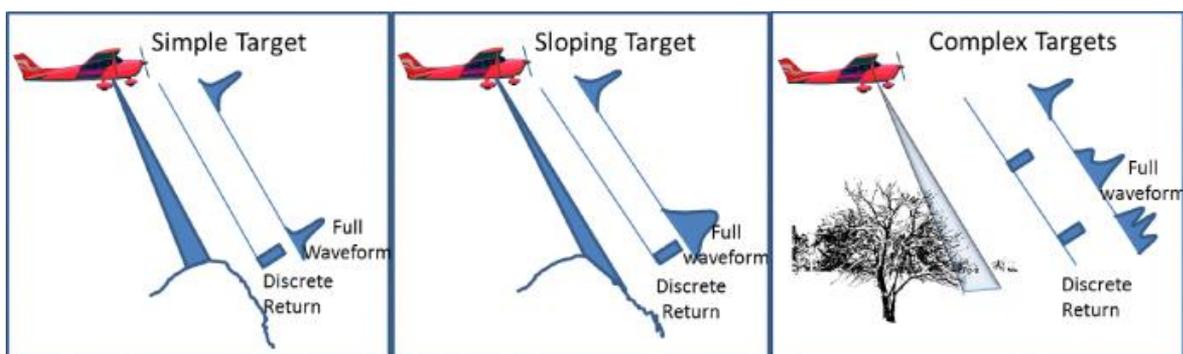


Abbildung 15 - Vergleich diskreter und kontinuierlicher Laserscans - Quelle: Glennie et al. 2013, S.14

Die Differenz aus beiden *DHDs* gibt die Objekthöhe an und wurde im Rahmen dieser Arbeit zur Vegetationskartierung herangezogen (siehe **Kapitel 8.1.2**). Im Allgemeinen spricht man hier von einem Differenzhöhenmodell. Wurden die Daten in einem Untersuchungsgebiet mit Vegetation aufgenommen, so entspricht die Objekthöhe der Höhe der Baumkronen, auch *Canopy Height Model (CHM)* genannt (Pirotti et al. 2013, S.62). Möchte man nun die Struktur und Beschaffenheit

der Objekte dieses Differenzdatensatzes darstellen und analysieren, so benötigt man eine *Full Waveform* Aufnahme. Diese ermöglicht auch eine dreidimensionale Darstellung von Daten (Höfle & Rutzinger 2011, S.4f). Für derzeitige moderne Messgeräte kann mit einer Ungenauigkeit von 0,1 - 0,3 m ausgegangen werden (Kohlstock 2014, S.69).

5.2.2.1.2 (Stereo-) Photogrammetrische Auswertung

Nachdem die terrestrische Photogrammetrie bereits seit dem Jahre 1893 vom *Militärgeographischen Institut (MGI)* in Wien, unter teils großer Skepsis kritischer Geodäten, erprobt wurde und um 1900 der Stereokomparator erfunden wurde (und in weiterer Folge der Stereoaufnahmegerät im Jahre 1909, welcher insbesondere auch die Erfassung von Höhenlinien möglich machte) setzte sich die photogrammetrische Luftbildauswertung seit etwa den 1950er Jahren als Standardverfahren zur Erhebung von Höhen- und Geländedaten durch (Wagner 1970, S.97, 103, 119). Dieser Ansatz bedient sich dem Prinzip der Farbphotographie (früher Schwarz-Weiss Photographie), wobei die hier angefertigten Photographien unter ganz bestimmten Voraussetzungen aufgenommen werden und daher auch *Messbilder* genannt werden. Die Filmrollen müssen hohen Ansprüchen genügen. Hierzu gehören eine hohe Allgemeinempfindlichkeit, eine gute Farbempfindlichkeit, eine kräftige Gradation sowie ein hohes Auflösungsvermögen (Arnberger & Kretschmer 1975, S.83, 86f). Zur Datenaufnahme wird ein Flugzeug mit einer Photokamera ausgerüstet, welche nach unten aus dem Flugzeug photographiert. Inzwischen werden die Aufnahmen mit Digitalkameras durchgeführt. Während der Aufnahme fliegt das Flugzeug in einer festgelegten Höhe über Grund (für kommerzielle Flüge meist zwischen 300 und 7.500 m) und ist so geneigt, dass die Photokamera in Nadir (senkrecht zur Erdoberfläche) aufnehmen kann (Hake & Grünreich 1994, S. 264ff).

Die technischen Eckdaten setzen sich aus der Brennweite f , der Flughöhe über Grund h_g , dem Bildmaßstab M_b , der Geländestrecke s und Bildstrecke s' zusammen. Die Flughöhe h_g ergibt sich aus Bildmaßstab M_b und Brennweite f (Hake & Grünreich 1994, S. 265 und Kohlstock 2010, S.59). Das Untersuchungsgebiet wird nun meist in parallelen Flugstreifen in Ost-West- oder Nord-Süd-Richtung befliegen, mit einer Querüberdeckung von 20 bis 30 %. Benachbarte Bilder innerhalb eines Flugstreifens sollten mindestens eine Längsüberdeckung von 60 % aufweisen. Damit ist jeder Bildpunkt auf mindestens zwei Bildern erfasst. Dies bildet die Grundlage für die nachfolgende stereoskopische Weiterverarbeitung (Hake & Grünreich 1994, S. 266 und Kohlstock 2010, S.59).

Bevor jedoch dieses besondere Auswertungsverfahren (Stereophotogrammetrie) angewandt werden kann, müssen die Luftbilder zunächst geometrisch entzerrt werden, damit diese in weiterer Folge Orthophotos darstellen (Hake & Grünreich 1994, S. 268ff). Nun werden immer zwei benachbarte Orthophotos in ein Spiegelstereoskop (analytisches Verfahren) eingelegt, damit diese zu einem einzigen, pseudo-dreidimensionalen Bild verschmelzen. Am Rechner geschieht dies auf gleiche Weise digital. Der Betrachter trägt hier in den meisten Fällen zum Erhalten des 3D-Effekts eine Shutterbrille, welche mit einem 3D-fähigen Monitor in Kontakt steht. Lage und Höhe sind somit eindeutig feststellbar und es können sichtbare Linien abgefahren werden, Höhenlinien erzeugt werden und auch Punkthöhen eines digitalen Geländemodells in ein

vorgegebenes Grundrissgitter eingetragen werden (Hake & Grünreich 1994, S. 271f und Kraus 2004, S.346).

Die Höhenpunkte und -linien der amtlichen Karten in Österreich wurden vom *BEV* mittels des analytischen Auswerteverfahrens erhoben (Wagner 1970, S.130). Die Genauigkeit für Lage und Höhe wird bei einem Maßstabsbereich von 1:10.000 bis 1:30.000 mit $\pm 0,10 - \pm 0,30$ m beziffert. Im Allgemeinen kann von einer Höhenungenauigkeit von $\pm 0,1$ ‰ der Flughöhe ausgegangen werden (Hake & Grünreich 1994, S. 273). Für Karten im Maßstab 1:25.000 und kleiner liegt der Aufnahmefehler meist unter der Zeichen- und Druckgenauigkeit (Arnberger & Kretschmer 1975, S.267). Selbstredend haben sich technische Fortschritte hinsichtlich der Lage- und Höhen-genauigkeit positiv bemerkbar gemacht. Brandstätter (1957, S. 10) hält Mitte des vergangenen Jahrhunderts für den Maßstab 1:25.000 einen mittleren Höhenfehler von mehr als 1 m sowie einen mittleren Lagefehler jenseits der 5 m fest. Dabei weist er auch ausdrücklich darauf hin, dass der Höhenfehler mit zunehmender Böschungsneigung größer wird. Ähnliche Lage- und Höhenfehler beschreibt auch Imhof 1965 (S.25).

Hingegen liegt in der digitalen Photogrammetrie der Lagefehler mit Hilfe einer *inertial measurement unit (IMU)* bei nur etwa ± 5 mgon, was etwa $\pm 0,15$ m bei einer Flughöhe von 2.000 m entspricht. Relativ ausgedrückt entspricht dies einem Lagefehler von $\pm 0,075$ ‰ der Flughöhe (Kraus 2004, S.168). Der Höhenfehler wird mit $\pm 0,15$ ‰ der Flughöhe angegeben. In bewaldeten Gebieten liegt dieser jedoch etwas höher (Kraus 2004, S.244 und Kraus 2004, S.359). Abschließend ist hierbei zu bemerken, dass zur Zeit kein nennenswerter Unterschied in der Genauigkeit zwischen analytischen und digitalen Auswertegeräten feststellbar ist (Kraus 2004, S.354). Die Gegenüberstellung der Werte von Hake & Grünreich 1994 (S. 273) und Kraus 2004 (S.168, 244, 359) untermauert diese Annahme.

Aufgrund eines hohen finanziellen und technischen Aufwandes war die photogrammetrische Erhebung großräumiger Höhendarstellungen in der Vergangenheit umstritten. Heutzutage spielt diese Methode aufgrund *ALS* nur noch im Hochgebirge eine Rolle (Kraus 2004, S.347).

5.2.2.2 Fernerkundung aus dem Weltraum

Dieses Unterkapitel stellt Verfahren zur globalen Datenerfassung mittels Satelliten im Weltraum vor.

5.2.2.2.1 Radar-Interferometrie

Dieses flächendeckende Verfahren, auch *Interferometric Synthetic Aperture Radar (INSAR)* genannt, ermöglicht es mittels Laufzeitmessung von Mikrowellenimpulsen von Satelliten in 800 km Höhe unter anderem Geländedaten zu erfassen. Dabei wird von einer Antenne eines *Synthetic Aperture Radar- (SAR-)* Systems ein Signal ausgesendet. Dieses wird bei einem Auftreffen auf der Geländeoberfläche von dieser (teilweise) zurückgeworfen. Das remittierte Signal wird von einer in größerem Abstand angebrachten Basisstation empfangen. Aus den Distanzen der beiden Antennen sowie den Phasenunterschieden des Signals kann die Distanz zur Geländeoberfläche berechnet werden (Kohlstock 2010, S.75).

Auf diese Weise erhoben wurden die Höhendaten der *Shuttle Radar Topography Mission (SRTM)* vom Februar 2000. Diese decken die Erde vom 60. nördlichen bis zum 58. südlichen Breitengrad ab und sind frei verfügbar sowie uneingeschränkt weiter nutzbar. Verfügbar waren die Daten ursprünglich in einer Auflösung von 3 arcsec (etwa 90 m) und lediglich in den USA mit einer Auflösung von 1 arcsec (etwa 30 m). Nach einer Bekanntmachung des Weißen Hauses vom 23.09.2014 wurden jedoch im Laufe des Jahres 2015 sämtliche erfassten Gebiete in bester Auflösung frei zur Verfügung gestellt (**NASA (A)** 2016).

5.2.2.2 Advanced Spaceborne Thermal Emission and Reflection Radiometer- Sensor

Technisch ähnlich erhoben wie ein Airborne Laserscan sind die Spaceborne erhobenen Daten des *Advanced Spaceborne Thermal Emission and Reflection Radiometer- (ASTER-) Sensors*, welcher einer der fünf Sensoren des Erdbeobachtungssatelliten Terra ist. Dieser liefert in seiner zweiten Version (seit Oktober 2011) Höhendaten bis zum 83. Breitenkreis der Erde, welche eine Auflösung von 30 m aufweisen. Verwendet werden dürfen diese kostenfrei für Forschung und Bildung (**NASA (B)** 2016). Technisch ausgelegt ist der Sensor sogar für eine Auflösung von 15 m, diese ist allerdings nicht global angewandt und frei verfügbar (**Satellite Imaging Corporation** 2016).

5.2.2.3 Terrestrische Messung

Exemplarisch für terrestrische Messungen soll im folgenden Abschnitt die Tachymetrie vorgestellt werden.

5.2.2.3.1 Tachymetrische Verfahren

Ein *Tachymeter* misst Winkel und in weiterer Folge Strecken. Was der *Laserscanner* millionenfach in der Sekunde diffus vollbringt, geschieht hier per Einzelmessung zielgerichtet auf markante Punkte wie zum Beispiel Hausecken (Hake & Grünreich 1994, S.250f). Um in der Lage zu sein einen festgelegten Punkt hinsichtlich der Höhenlage zu verorten, benötigt man zumindest einen absoluten *Referenzpunkt (Festpunkt F)*, das heißt einen Punkt mit bekannter geographischer Position sowie dessen Höhe in Abhängigkeit eines Referenzpegels (nach Kohlstock 2010, S.52). Für Österreich werden Höhenangaben auf einen Pegel von Triest mit 3,352 m über dem Mittelwasser des Adriatischen Meers (m.ü.A.) bezogen (Hake & Grünreich 1994, S.41). Das *BEV* ist in Österreich dafür zuständig *Festpunkte (Triangulierungspunkte, Einschaltpunkte, Polygonpunkte, Messpunkte und Höhenpunkte)* gegen Bezahlung zur Verfügung zu stellen (siehe **BEV (A)** 2016).

Das Messinstrument muss nun auf einem Festpunkt F mit bekannten Landeskoordinaten und Höhe installiert werden. Möchte man nun einen *Neupunkt P* messen, so ist es erforderlich von *Festpunkt F* aus den *Horizontalwinkel* β , den *Zenitwinkel* z und die *Horizontalstrecke* s zum *Neupunkt P* zu messen (Kohlstock 2010, S.52). Für einen Maßstab 1:25.000 wird der mittlere Höhenfehler mit 0,4 - 1 m angegeben. Der mittlere Lagefehler wird auf 5 - 10 m beziffert (Imhof 1965, S.26). Die ermittelten Höhenpunkte stellen somit die Geländeoberfläche dar und in Kombination mit den Grundrisskoordinaten erhält man so eine erste grobe Höhendarstellung. Zur Ableitung

von Höhengichtlinien ist jedoch noch ein Geländefeldbuch einschließlich dessen Interpolationsvorschriften erforderlich (Kohlstock 2010, S.162).

Ist diese Voraussetzung erfüllt, so können mittels linearer Interpolation benachbarter Höhenpunkte sowie in weiterer Folge dem Verbinden der ermittelten Interpolationspunkte mit gleichem Höhenwert, Höhengichtlinien generiert werden. Als Zwischenprodukt ist somit ein Höhenpunktfeld entstanden, welches eine feinere Höhendarstellung ergibt. Die früher manuelle Erstellung erfolgt heute mittels Softwareprodukten digital (Kohlstock 2010, S.93).

5.2.2.4 Auswertung von Höhengichtlinien

Erzeugt werden können Höhenlinien zum einen mittels des direkten Verfahrens der Stereophotogrammetrie (siehe **Kapitel 5.2.2.1.2**). Zwei Luftbilder werden hierbei mit einer Messmarke in konstanter Höhe abgetastet. Indirekt können Höhenlinien durch lineare Interpolation und Verbinden benachbarter Höhenpunkte erzeugt werden. Hierbei muss ein regelmäßiges Höhenpunktfeld (in der digitalen Datenverarbeitung eine *DHD*) vorliegen (Kohlstock 2010, S.93) (siehe **Kapitel 5.2.2.3.1**).

Dieses indirekte Verfahren lässt sich auch umkehren, das heißt es kann eine topographische Karte eingescannt werden und die Höhenlinien mittels Software (wie zum Beispiel *ArcScan*) vektorisiert werden. Nachdem kontrolliert wurde, ob die Höhenwerte der Höhenlinien korrekt sind, sind aktuelle *Geoinformationssystem-* (*GIS*-)Produkte in der Lage mittels Interpolation ein flächendeckendes *DGM* abzuleiten. Da die Daten zwischen den Höhenlinien lediglich erwartete Durchschnittswerte sind, lokale Ausreißer somit unbemerkt bleiben und mit jedem Verarbeitungsschritt Fehler und Ungenauigkeiten zurückbleiben, ist eine auf diese gewonnene *DHD* nur von minderer Qualität und sollte in einem kleineren Maßstab als die herangezogene Datenquelle weiterverwendet werden. Dient beispielsweise ein *ÖK50* Kartenblatt als Vorlage, sollte mit den gewonnenen Daten höchstens eine Karte im Maßstab 1:100.000 angefertigt werden.

5.2.2.5 Weitere Verfahren

Der Vollständigkeit halber soll an dieser Stelle erwähnt werden, dass es neben den zuvor genannten zahlreiche weitere Verfahren zur Bestimmung von Höhenpunkten gibt. Eine *DHD* kann grundsätzlich aus jeder Höhenwerte beinhaltenden Geodatenbank gewonnen werden, unabhängig von der Erhebungsmethode. Nachfolgende Verfahren scheiden hauptsächlich aus dem Grund aus, dass sie für den Zweck der Erstellung einer *DHD* nicht ökonomisch beziehungsweise sinnvoll oder zu ungenau sind.

- Die Verwendung des *Global Navigation Satellite System (GNSS)* ermöglicht die Ermittlung der *ellipsoidischen Höhe* (**ESRI (A)** 2016).
- *Höhennivellement* mit (Hake & Grünreich 1994, S.253ff)
 - *Nivelliergerät*
 - *Schlauchwaage*

Ein sehr präzises aber auch aufwändiges Verfahren mit Genauigkeiten von etwa 0,3 - 5 mm (Imhof 1965, S.25).

- Eine Messung mittels *Barometer* basiert auf dem umgebenden Atmosphärendruck. Da dieser sehr variabel ist, muss das Gerät sooft als möglich geeicht werden. Trotzdem lassen sich hier starke Messungenauigkeiten nicht vermeiden, da zudem der Luftdruck höchstens auf $\pm 0,3$ hPa genau messbar ist. Für die mittleren Breiten entspricht dies auf Meereshöhe einer Höhengenaugigkeit von maximal 2 m (Hake & Grünreich 1994, S.255f). Imhof 1965 (S.25) legt die Genauigkeit in Abhängigkeit der Leistungsfähigkeit des Instruments und der Art der Bestimmung auf 2 - 20 m fest.
- Die *Gravimetrie* ist technisch aufwändig und ermöglicht sehr präzise Messwerte. Daher wird diese eher zur Korrektur von Messdaten verwendet (Hake & Grünreich 1994, S.40f, 256).
- Ein *Echolot* ermöglicht die Tiefenmessung von Gewässern und wird vor allem in der Schifffahrt eingesetzt (Hake & Grünreich 1994, S.262).
- Eine astronomische Einmessung von Lagen und Höhen ist äußerst präzise aber auch technisch sehr aufwändig. In Österreich eingesetzt wurde dieses Verfahren beispielsweise zur Ermittlung des *Fundamentalpunkts* am Hermannskogel (Imhof 1965, S.25).

5.3 Die Weiterverarbeitung von Höhendaten

Nachdem nun die Datenbeschaffung als Grundlage für *DHDs* ausführlich thematisiert wurde, soll in den folgenden Abschnitten die Ableitung von *DHDs* und deren Datenstruktur diskutiert werden.

5.3.1 Speichern und visualisieren von digitalen Höhendaten

Die prozessierten Höheninformationen werden üblicherweise in einer Rasterdatei gespeichert. Je nach Datenformat stellt die Datei selbst ein Rasterbild (zum Beispiel *Tagged Image File Format (TIFF)*) dar oder kann als solches visuell interpretiert werden (zum Beispiel *American Standard Code for Information Interchange (ASCII)*). Ein Rasterbild stellt nichts anderes als eine kontinuierliche Aneinanderreihung von Einzelpunkten dar, welche der flächenhaften Verteilung der einzelnen Sehzellen des menschlichen Auges nachempfunden ist und so im menschlichen Auge beziehungsweise Gehirn ein realistisches Bild entstehen lässt. Bei einer Rasterbilddarstellung digitaler Höhendaten bekommt jeder Einzelpunkt, auch *Picture Element (Pixel)* genannt, einen Höhenwert zugewiesen und ein *Pixel* entspricht stets einer bestimmten Distanz in der Natur (horizontale Auflösung). Die Pixelgröße bestimmt die geometrische Auflösung und infolge dessen das Datenvolumen. Da *Pixel* Flächenelemente darstellen, steigt bei einer Verdoppelung der Auflösung einer erfassten Fläche das Datenvolumen um das Vierfache (Kohlstock 2014, S.110).

Mittels Softwareprodukten wie *ArcGIS* oder *Adobe Photoshop* können diese Informationen abgerufen und visualisiert werden. Das Ergebnis ist eine *DHD*. Hierbei gibt es verschiedene Möglichkeiten der Darstellung. Im Folgenden sollen exemplarisch drei Varianten herausgegriffen werden:

- Graustufen
Die Höhenwerte werden nach Größe geordnet und auf die 256 verfügbaren Grautöne aufgeteilt. Da diese Anzahl anders dargestellt 2^8 ergibt, nennt man diese Farbtiefe auch 8

binary digit (Bit). In der Regel geringe Höhen dunkler und große Höhen heller dargestellt. Zudem besteht die Möglichkeit die Darstellung zu strecken, um das Darstellungsfenster möglichst optimal dem Erscheinungsbild der Höhendarstellung anzupassen. Die einfachste Möglichkeit ist das Abschneiden des Darstellungsfensters auf den minimalen und maximalen Höhenwert der Höhendarstellung (siehe **Abbildung 16A**). So gehen keine Grauwerte an nicht existente Höhenwerte außerhalb des Höhenbereichs der Höhendarstellung verloren. Des Weiteren kann die Darstellung noch mit der Standardabweichung oder einer Histogrammeinebnung modifiziert werden.

- Farbe
Analog zur Herangehensweise mit Graustufen können die Höhenwerte auch einer ein- (siehe **Abbildung 16B**) oder mehrpoligen Farbskala oder aber einer willkürlichen Farbgebung zugeordnet werden. Hier stehen entweder ebenfalls 8 *Bit* (siehe **Abbildung 16B**) oder aber 24 *Bit* zur Verfügung. Letztere Darstellung setzt sich aus drei Farbkanälen zu je 8 *Bit* zusammen. Dies hat den Vorteil Höhenabstufungen feiner vornehmen zu können. Bei der Abbildung von Küstengebieten bis zum höchsten Punkt der Erde wären für 8 *Bit* bei 8.848 Höhenmetern nur maximal 34,56 Höhenmeter pro Pixel zu erfassen, für 24 *Bit* könnte Höhen theoretisch bis auf 0,5 mm genau farblich abgestuft werden.
- Manuelle Farbvergabe
Natürlich ist es ebenso möglich, gezielt Höhenbereiche einer bestimmten Farbe oder einem Grauwert zuzuordnen, um Höhenbereiche zu betonen oder sinnvolle Klassen zu bilden. Besonders wichtig ist diese Herangehensweise bei einer Darstellung mit Höhenwerten und bathymetrischen Werten, da hier die Meeresoberfläche genau mittels einer Klasse getroffen werden muss, um Land- und Wassermassen sauber und korrekt voneinander zu trennen (siehe **Abbildung 16C** und **Abbildung 16D**).

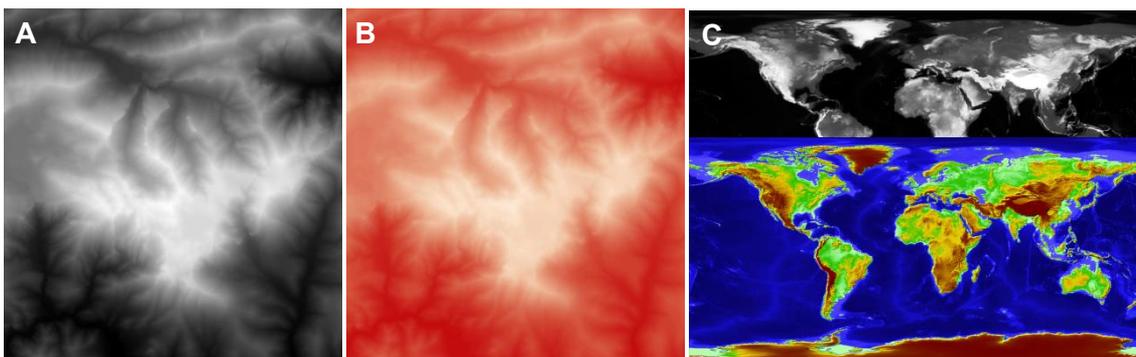


Abbildung 16 - Darstellungsmöglichkeiten einer DHD. Auf **Abbildung A** sind die Grauwerte für ein DGM der Schneealpe auf einen Bereich von 724m.ü.A - 1903m.ü.A eingestellt (Zuschnitt auf minimale und maximale Werte). **Abbildung B** liegt eine einpolige Farbskala zugrunde. Auf **Abbildung C** ist eine Plattkarte abgebildet, welche individuell eingefärbt wurde. - Quelle: A und B: *GIS Steiermark* 2016; C: *IfGR* 2012; eigene Darstellung

Nach einer Weiterverarbeitung der *DHD* kann auch nach weiteren Elementen wie Hangneigung oder Exposition farblich differenziert werden.

5.3.2 Dateiformate von Höhendarstellungen

Tabelle 5 zeigt momentan gängige Speicherformate für Höhendarstellungen. Die international am gebräuchlichsten und kompatibelsten Formate stellen das (*Geo*)*TIFF*- und das *ASCII*-Format dar.

Tabelle 5 - Speicherformate für Höhendaten - Quelle: eigene Erhebung und Darstellung

Dateityp	Dateiendung	Beschreibung
(Geo)TIFF ¹⁾	.(geo)tif	Rasterbildformat optional mit Georeferenz (in <i>worldfile</i>)
Band Interleaved by Line (BIL) ²⁾	.bil	Zur Encodierung von Multiband Rasterbildern
Digital Terrain Elevation Data ³⁾	.dt0/ .dt1/ .dt2	Vom USGS vertriebenes Geodatenformat
Digital elevation Model (DEM) ⁴⁾	.dem	Vom USGS vertriebenes Geodatenformat
ESRI* Grid**: ARC/ INFO GRID, ARC GRID ⁵⁾	.asc/ .ascii	Von ESRI entwickeltes, nicht proprietäres ASCII-Grid
ESRI Grid: ARC/ INFO ASCII GRID ⁶⁾	.adf	Von ESRI entwickeltes, proprietäres binäres Grid

* ESRI = Environmental Systems Research Institute

** Grid = ESRI-Speicherformat

¹⁾ **trac** 2016 und **Aware [Systems]** 2016

²⁾ **Digital Preservations** 2016

³⁾ **FAS** 2016

⁴⁾ **National Mapping Program** 2016

⁵⁾ **ESRI (B)** 2016

⁶⁾ **ESRI (C)** 2016

5.3.3 Technische Daten von digitalen Höhendatendarstellungen in Abhängigkeit der Erhebungsmethoden der Rohdaten sowie deren Weiterverarbeitung

Je nach Erhebungsmethode der zugrundeliegenden Höhendaten und den unterschiedlichen Ableitungsverfahren von *DHDs* zeichnet sich das angestrebte Endprodukt durch variierende Eckdaten aus. **Tabelle 6** zeigt einen Vergleich von *DHDs*, welche aus diversen Höhendatensätzen generiert wurden. Dabei unterscheiden sich die Daten nicht nur anhand der Qualität, auch können manche Typen der Datenaufnahme nur unter gewissen Bedingungen vorgenommen werden. So ist eine tachymetrische Aufnahme noch am wenigstens von Wetter und Jahreszeit abhängig, solange die Messpunkte deutlich zu erkennen und zu verorten sind. Alle weiteren beschriebenen Primäraufnahmeverfahren beruhen auf physikalischen Prozessen und benötigen daher bestimmte Grundvoraussetzungen.

Tabelle 7 zeigt weiters die aus **Tabelle 6** abgeleiteten Erkenntnisse für eine Eignung zur kartographischen Weiterverarbeitung. Unter anderem werden der technische und finanzielle Aufwand sowie die Eignung der *DHDs* für topographische Karten aufgezeigt.

Tabelle 6 - Vergleich verschiedener *DHDs* - Quelle: eigene Erhebung und Darstellung

Erhebungsmethode der Rohdaten	Ableitung der <i>DHD</i>	Technisch ableitbare <i>DHDs</i>	räumliche Auflösung	Lagefehler	Höhenfehler	Aufnahmebedingungen	Aufnahmezeitpunkt und -intervall
<i>ALS</i> ¹⁾	<i>TIN</i>	<i>DGM, DOM, CHM</i>	maximal wenige cm bis dm	etwa 0,1 m	etwa 0,3 m	kein Schnee, wenig Wind, vorzugsweise kein Niederschlag	bei Bedarf
Photogrammetrie ²⁾	gekrümmte Vierecksflächen	<i>DOM</i>	Abhängig von Flughöhe	etwa 0,1 m	etwa 0,3 m	kein Schnee, wenig Wind	bei Bedarf*
<i>INSAR (SRTM)</i> ³⁾	<i>TIN</i>	<i>DOM</i> (\approx <i>DGM</i>)**	maximal 30 m;	etwa 16 m	etwa 6 m	kein Schnee, keine Wolken, kein Niederschlag	einmalig
<i>INSAR (TerraSAR-X*** & TanDEM-X****)</i> ⁴⁾	<i>TIN</i>	<i>DOM</i> (\approx <i>DGM</i>)**	12 m	< 10 m	< 10 m	kein Schnee, keine Wolken, kein Niederschlag	regelmäßig
Radiometrie (<i>ASTER</i>) ⁵⁾	<i>TIN</i>	<i>DOM</i> (\approx <i>DGM</i>)**	maximal 15 m	< 10 m	< 10 m	kein Schnee, keine Wolken, kein Niederschlag	einmalig
<i>Tachymeter</i> ⁶⁾	<i>TIN</i>	individuell	maximal wenige cm	1 - 2 cm	1 - 2 cm	Sichtkontakt zu Messpunkten	bei Bedarf
Höhenlinien	<i>TIN</i>	<i>DGM</i>	Abhängig von Primärdaten und Weiterverarbeitung				

* Bei Bezug über das *BEV*: alle 2 Jahre vollständige Befliegung des Staatsgebietes

** Aufgrund der gröberen Auflösung (bei Objekthöhen unterhalb der Aufnahmege nauigkeit)

*** *TerraSAR-X* = deutscher Erdbeobachtungssatellit

**** *TanDEM-X* = TerraSAR-X-Add-on for Digital Elevation Measurements

¹⁾ zum Beispiel: **RIEGL (C)** 2016 / ²⁾ Hake & Grünreich 1994, S. 273 / ³⁾ Rabus et al. 2003, S.242

⁴⁾ Kohlstock 2014, S.75f / ⁵⁾ **NASA (C)** 2016 und Abrams 2002, S.28 / ⁶⁾ Kohlstock 2010, S.55

Tabelle 7 - Aufwand für verschiedene *DHDs* - Quelle: eigene Erhebung und Darstellung

Erhebungsmethode der Rohdaten	technischer Aufwand		finanzieller Aufwand		Datenqualität	Flexibilität in der Erhebung	Eignung für großmaßst. Karte	Eignung für mittelmaßst. Karte****
	Fremdaufn.	Neuaufn.	Fremdaufn.	Neuaufn.				
ALS	keiner	mittel - hoch	keiner*	hoch - sehr hoch	Hoch - sehr hoch	mittel	sehr hoch	mittel - hoch
Photogrammetrie	keiner	mittel - hoch	hoch**	hoch	hoch	mittel	hoch	mittel
INSAR (SRTM)	keiner	nicht möglich	keiner	nicht möglich	mittel	keine	sehr gering - gering	hoch
INSAR (TerraSAR-X & TanDEM-X)	keiner	nicht möglich	hoch	nicht möglich	hoch	keine	hoch	sehr gering
Radiometrie (ASTER)	keiner	nicht möglich	keiner	nicht möglich	mittel	keine	sehr gering - gering	hoch
Tachymeter	nicht verfügbar	sehr hoch	nicht verfügbar	mittel	sehr hoch	sehr hoch	gering	sehr gering
Höhenlinien	nicht verfügbar	gering	nicht verfügbar	sehr gering	gering	sehr hoch***	gering	hoch

* in 10 m Bodenauflösung für alle österreichischen Bundesländer außer Burgenland (*Geodaten Burgenland* 2016)

** Das *DGM* vom *BEV* kostet in 10 m Auflösung für ganz Österreich 251.637 € (3€/ km²) (*BEV (B)* 2016)

*** Abhängig von der Verfügbarkeit von Primärquellen

**** Hohe Präzision lediglich für Höhenpunkte erforderlich

Anhand der hier aufgezeigten Unterschiede der verfügbaren Höhendarstellungen kann eine mögliche Auswahl hinsichtlich der Weiterverarbeitung in topographischen Karten getroffen werden. Für die angestrebten Maßstäbe 1:25.000 und 1:50.000 sollte die Bodenauflösung mindestens 10 m betragen (mehr zur Auswahl der Daten für das Untersuchungsgebiet siehe **Kapitel 7.2**). Im kostenfreien Segment kann hier lediglich auf die Laserscans der Bundesländer zurückgegriffen werden.

5.3.4 Abgeleitete Kartenelemente

Eine *DHD* stellt in der Regel im Prozess einer Datenaufnahme lediglich einen weiteren Zwischenschritt dar. Strenggenommen stellt die in **Kapitel 5.3.1** beschriebene Visualisierung bereits ein aus einer *DHD* gewonnenes Produkt dar. Eine visuelle Verwendung der reinen Höhendarstellung ist nicht üblich. Jedoch können aus der integrierten Attributtabelle auch einzelne beziehungsweise mehrere Höhenwerte gezielt ausgelesen werden. So können beispielsweise einzelne Höhenpunkte erhoben oder geprüft werden (näheres hierzu siehe **Kapitel 5.3.4.5**). Hauptsächlich werden die Daten einer *DHD* jedoch zur visuellen Integration in ein Kartenbild verwendet. Die abgeleiteten Produkte sind in ihrer Erscheinung recht divers, wie folgende Unterkapitel zeigen sollen.

5.3.4.1 Höhengichtlinien

Höhenlinien lassen sich aus triangulierten Höhendarstellungen durch lineare Interpolation längs der Dreiecksseiten und Verbindung der Interpolationspunkte gleicher Höhe durch ausgerundete Linienzüge erstellen. Höhenlinien lassen sich ebenfalls noch aus Höhendarstellungen mit quadratisch-gitterförmigem Grundriss durch lineare Interpolation längs der Viereckseiten und entsprechende Kurvenerzeugung herleiten (Kohlstock 2010, S.162f) (siehe auch **Kapitel 3.2.2.3**). Die mathematische Berechnung dieses Kartenelements wurde in **Kapitel 5.2.2.4** im Zuge der Ableitung von *DGMs* aus Höhenlinien bereits näher beschrieben.

5.3.4.2 Schummerung

Ebenfalls aus einer *DHD*, meist *DGM*, lässt sich mit Software Produkten wie *ArcGIS* eine Schummerung ableiten. Dieses Kartenelement dient dazu einen plastischen Eindruck des Geländereiefs zu vermitteln. Eine Schummerung entsteht in der Regel durch die Beleuchtung eines dreidimensionalen Objektes. Dargestellt wird eine Flächenfärbung in hell-dunkel variierenden Graustufen (siehe auch **Kapitel 3.2.2.1**). Digital geschieht dies durch Erfassung eines Höhenwertes einer *DHD* und der Betrachtung der Nachbarwerte in Relation zu diesem. Der gewählte Einfallswinkel und die Beleuchtungsrichtung einer fiktiven Lichtquelle bestimmen nun einen entsprechenden Grauwert für jede Rasterzelle mit einem Höhenwert (Arnberger & Kretschmer 1975, S.293 und Kohlstock 2014, S.96ff).

5.3.4.3 Felszeichnung

Hergestellt werden kann eine Felszeichnung durch händisches Modellieren (siehe zum Beispiel **Abbildung 11** mit einer Felszeichnung von *Leonhard Brandstätter*). Diese Methode war in der Vergangenheit das Standardverfahren (siehe auch **Kapitel 3.2.2.2**). Da dies jedoch äußerst zeitaufwändig und kostenintensiv ist, sucht die Kartographie nach einem annehmbaren Ersatz.

SWISSTOPO hat sich aufgrund der hohen Qualität der Schweizer Felsdarstellung und der national-historischen Bedeutung dazu entschlossen die Felsdarstellung in Neuauflagen der *Landeskarte 1:25.000* nach dem klassischen Verfahren fortzuführen (Gilgen 2015, S.95f). Für kleinere Kartenverlage ist dieser Aufwand unter Umständen jedoch nicht tragbar. Grünwald & Kriz 2015 (S.99ff) haben nun eine Methode entwickelt diesen Prozess digital nachzuempfinden. Die Herstellung einer solchen automatisierten Felszeichnung benötigt lediglich ein *DGM* mit einer recht hohen räumlichen Auflösung (10 m oder besser) sowie eine Maske der mit Fels zu versehenen Gebiete. Ein programmierter Algorithmus erstellt aus den Höhendaten die benötigten geometrischen Elemente. Aus diesen Daten wird nun für ein flächendeckendes Untersuchungsgebiet eine Felszeichnung erstellt. Mit Hilfe der Maske kann nun das gewünschte Gebiet ausgeschnitten werden. Im Rahmen dieser Arbeit wurde auf diese Methode zurückgegriffen und eine geometrisch gebundene Darstellung nach Schweizer Methode mit ausschließlich 100 m Zähllinien verwendet.

5.3.4.4 Farbige Höenschichten

Ein weiteres Produkt einer *DHD* sind farbige Höenschichten. Hierbei wird die Höendarstellung in Höhenklassen eingeteilt, welche unterschiedlich eingefärbt werden (siehe **Kapitel 5.3.1**). Für großmaßstäbige Karten spielt dieses Kartenelement in der Regel keine Rolle. Da der Schwerpunkt dieser Arbeit auf jenen liegt, soll auf dieses Kartenelement nur kurz eingegangen werden. Für mittelmaßstäbige Karten werden farbige Höenschichtlinien in Kombination mit Höhenlinien und einer Schummerung eingesetzt. Ab einem Maßstab von 1:500.000 ersetzen die Höenschichten die Höhenlinien vollständig. Die üblichen Farbtöne für die einzelnen Klassen sind den natürlichen Farben der Vegetation und sonstigen Umwelt der jeweiligen Höhenstufe nachempfunden (Imhof 1965, S.358 und Kohlstock 2014, S.99f).

5.3.4.5 Höhenpunkte

Eine punktuelle Ergänzung zu flächendeckenden Höheninformationen stellen die Höhenpunkte mit -koten dar (siehe **Kapitel 3.2.2**). Der Höhenpunkt ist hierbei der gemessene Wert, die Höhenkote ist dessen Visualisierung. Die Punktdichte richtet sich nach dem Kartenmaßstab. Für eine topographische Karte im Maßstab 1:25.000 ist eine mittlere Dichte von etwa zwei Höhenpunkten je Quadratkilometer vorgesehen. Im Vergleich zu beispielsweise Höhenlinien sind hier die Informationen dünn gesät, dennoch bieten sie eine unerlässliche Orientierungshilfe zur Standortbestimmung, da hier besonders markante oder einfach zu lokalisierende Positionen mit einer Höheninformation versehen werden. Insbesondere an wichtigen Stellen wie Bergspitzen, Mulden oder Sätteln können in groß- und mittelmaßstäbigen Karten Höhenwerte nicht (oder nur sehr grob) anhand der Höhenlinien herausgelesen werden. In kleinmaßstäbigen Karten fehlen die Höhenlinien meist zur Gänze und die Bedeutung der Höhenpunkte ist auch hier groß. Die Höhenangabe erfolgt in der Regel auf ganze Meter gerundet und auf den landesspezifischen Pegel bezogen (Brandstätter 1983, S.60; Hake & Grünreich 1994, S.384f und Kohlstock 2014, S.100). Aus einer *DHD* lassen sich einzelne Werte mit digitalen Werkzeugen (wie zum Beispiel dem Pixel Inspector in ArcGIS) auslesen.

6 Überblick über die Open Data- und Open Government Data-Initiativen

Der zweite vorbereitende Schritt zur praktischen Umsetzung einer topographischen Karte dreht sich um die Sichtung sämtlicher potenzieller Datenquellen für Geodatenätze, welche anhand der vorangegangenen Kapitel als relevant erachtet werden und kostenfrei über das Internet zu beziehen sind. Als Resultat soll hier eine Beurteilung über Quantität und Qualität an erforderlichen Daten für die Darstellung von Kartenelementen stehen. Mit Hilfe dieser Erkenntnisse soll der nötige Eigenaufwand und die generelle Durchführbarkeit der Kartenerzeugung erörtert werden.

6.1 Potenziale in der Marktwirtschaft durch offene Daten

Einführend in dieses Kapitel sollen rasch einige Potenziale von offenen Daten für die gesellschaftliche Entwicklung genannt werden.

Zunächst einmal stehen offene Daten für Transparenz. Die Urheber der Daten können so das Vertrauen in ihre Institution steigern und das Wohlwollen der Nutzer erzielen. Für amtliche Institutionen bedeuten offene Daten einen reduzierten Verwaltungsaufwand, der Fokus auf wichtige amtliche Pflichten und ein verbesserter zwischenbehördlicher Austausch. Man kann von einer Demokratisierung von Wissen und Informationen sprechen (*Open Government Wien* 2016). Das Wegfallen von finanziellen Hürden kann die Wirtschaft in vielerlei Hinsicht beflügeln. Durch den vereinfachten Zugang kann der Bekanntheitsgrad von bestimmten Thematiken gesteigert werden und in weiterer Folge aus Daten generierten Produkten die Wertschöpfungskette belebt werden. Somit können neue Zusammenhänge und Einsichten gewonnen werden sowie die wirtschaftlichen und technologischen Innovationen unterstützt werden. So ist es nun aufgrund der Verfügbarkeit von Daten und des stark gesenkten finanziellen und zeitlichen Gesamtaufwands denkbar für Einzelpersonen ein Unternehmen zu gründen und eigene Produkte zu vermarkten. Daraus ergeben sich beispielsweise für App-Entwickler vollständig neue Geschäftsmodelle.

Als Kehrseite dieser Entwicklung gilt es sicherlich zu bedenken, dass bei kleinen Privatunternehmen, welche selbstständig Karten publizieren und vermarkten, oder auch beim Verschmelzen von Funktionen des Kartographen mit jenen eines Redakteurs oder Marketingspezialisten in etablierten Kartenverlagen, durch die flexiblere und einfachere Produktion die Gefahr besteht, dass Ausbildungshürden umgangen werden und somit die Qualität dieser Kartenprodukte unzureichend ist. Zudem steigt die Wahrscheinlichkeit, dass sich dadurch Betriebsstrukturen ändern werden, welche auch mit Arbeitsplatzverlusten verbunden sein können. Allerdings ist es ratsam Potenziale zur Innovation zu nutzen, da diese stets mit neuen Chancen verbunden sind, welche zuvor eventuell noch nicht absehbar waren. Ein Exkurs in die Energiepolitik soll diesen Sachverhalt veranschaulichen. So kann es kurzfristig für eine Region wie das Ruhrgebiet sinnvoll sein, einen sterbenden Wirtschaftszweig staatlich am Leben zu erhalten. Doch muss man dann auch in Kauf nehmen, dass neue und effizientere Technologien auf dem Energiesektor eine längere Zeit hintenanstehen. Ein anschauliches Beispiel für offene Daten in Verbindung mit dem Engagement der Bevölkerung findet man beim Hochwasserwarnsystem in Niedersachsen. Eine cloud-basierte Lösung hilft hier per Web-Applikation, die Bevölkerung rechtzeitig vor Gefahren zu warnen. Im Hochwasserfall werden Messdaten aufbereitet und den Behörden sowie der Öffentlichkeit rasch

online zur Verfügung gestellt (Lutz 2013, S.13ff; **Open Government Wien** 2016; **Wiener Linien** 2016 und **CloudComputing Insider** 2016).

6.2 (Geo)Daten und Datenquellen

Um eine ansprechende Karte zu erzeugen, werden als Grundlage zunächst einmal Rohdaten benötigt, welche schließlich in Summe zu einer ausreichenden Datenbasis zur Umsetzung aller in **Kapitel 3.2** dargelegten Kartenelemente führen sollen. Da sämtliche Daten, die in einer Karte verarbeitet werden, schlussendlich einen eindeutigen Raumbezug aufweisen sollen, spricht man hierbei auch von Geodaten, welche sich als Teilmenge des Überbegriffs „Daten“ verstehen.

Die *Infrastructure for Spatial Information in Europe- (INSPIRE-)* Richtlinie definiert Geodaten als „alle Daten mit direktem oder indirektem Bezug zu einem bestimmten Standort oder geografischen Gebiet“ (INSPIRE-Richtlinie 2007, S.5).

Unabhängig vom Typ und dem Inhalt der Datensätze gibt es unterschiedliche Möglichkeiten an Daten zu gelangen. Für kleinere Projekte mit begrenzten finanziellen Möglichkeiten dürfte besonders der Faktor, ob die Daten Geld kosten oder nicht, eine entscheidende Rolle spielen. Zudem gibt es zahlreiche verschiedene Datenschnittstellen. Zuerst einmal können Daten als Primärdaten in analoger oder digitaler Form selbst erhoben werden. Je nach Datentyp und Größe des Untersuchungsgebietes können hier keine/ geringe bis sehr große Kosten anfallen. So kann ein *Ein-Personen-Unternehmen (WKO* 2016) ohne fällige Personalkosten in einem beliebigen Zeitraum anhand von Geländeerhebungen ein Gewässer- oder Straßennetz überprüfen, die Erstellung eines Höhenmodells ist ohne den Kauf von Spezialgeräten nicht möglich.

Primärdaten definieren sich als Ergebnisse einer Primärerhebung, bei welcher originäre beziehungsweise neuartige Daten unmittelbar aus dem Untersuchungsbereich gewonnen werden. Sekundärdaten hingegen ergeben sich aus bereits bestehendem Datenmaterial (Leser 2005, S.703). Des Weiteren können Primär- und/ oder Sekundärdaten in analoger Form bezogen werden. Dies kann über Bibliotheken, staatliche Institutionen oder private Firmen geschehen. Schließlich können Daten auch noch digital bezogen werden, was in heutiger Zeit die übliche Form darstellt. Unterschieden werden muss hier zwischen digitalisierten (ursprünglich analogen) Daten und digital erstellten Daten. Die Datenurheber sind in der Regel die gleichen wie jene bei den analogen Daten. Manche Urheber sind eventuell bei der Bereitstellung von digitalen Daten aufgrund von erleichterten Bedingungen für Urheberrechtsverletzungen tendenziell vorsichtiger als bei analogen Daten und so könnte sich hier bei manchen Urhebern der Anteil an unveröffentlichten Daten als größer darstellen. Der Datentransfer kann hier über physische Medien wie zum Beispiel *Universal Serial Bus- (USB-)* Sticks über Intranet oder über das Internet erfolgen (Baade et al. 2005, S.60).

In den folgenden Kapiteln werden die Ausprägungen von frei zugänglichen und auch weiterverwendbaren Geodaten, die über das Internet bereitgestellt werden, näher untersucht. Diese Datenschnittstellen stellen dann in weiterer Folge neben selbstständigen Primärerhebungen die einzigen Geodatenquellen für den praktischen Teil dieser Arbeit dar.

6.3 Die Ursprünge von frei verfügbaren Daten

Aus einer traditionellen (marktwirtschaftlichen) Perspektive heraus ist es durchaus nachvollziehbar, einen Standpunkt zu vertreten, dass jede Form der Dienst- und/ oder Sachleistung nicht ohne eine unmittelbare Gegenleistung erfolgt. Somit kosteten Geodaten zunächst einmal Geld. In den Vereinigten Staaten von Amerika zeichnete sich jedoch bereits 1967 mit dem *Freedom of Information Act (FOIA)* eine Aufweichung dieser Hürde ab (obwohl dieser erst nach der Watergate Affäre durch eine Novellierung im Jahre 1974 zu einem wirksamen Instrument wurde). Diese Art der Gesetzgebung versteht sich als *Open Government-* (OG-) Politik, dessen Grundsätze Transparenz, Partizipation und Kollaboration sind. Aus dem *FOIA* geht unter anderem hervor, dass sämtliche mit öffentlichen Mitteln erhobene Daten, welche nicht die nationale Sicherheit oder die Privatsphäre einzelner Personen gefährden, für die Öffentlichkeit zugänglich gemacht werden müssen und keinem Urheberrecht unterliegen (Krabina & Prorok 2001, S.6; Tauberer 2014, S.50ff; Von Lucke & Geiger 2010, S.7 und *FOIA* 2016). Ein weiterer Schritt zur Offenlegung von Datenbanken war die *Organisation for Economic Co-operation and Development-* (OECD-) Studie *Open Government: Fostering Dialogue with Civil Society* im Jahre 2003 (OECD 2016). Sechs Jahre später gab US-Präsident Barack Obama mit dem Unterzeichnen des *Memorandum on Transparency and Open Government* den entscheidenden Anstoß zur aktuell ablaufenden weltweiten Öffnung von Datenportalen (Orszag 2009 und *The White House* 2016).

Nicht viel später, im April 2010, fand auch in Österreich bereits ein Treffen statt, welches unter der Absicht abgehalten wurde, das Datenportal *Data.gv.at* zu erstellen. Diese Seite für österreichweite Daten ging dann auch zwei Jahre später im April 2012 online. Ein Jahr zuvor wurde jedoch bereits ein Ableger unter *Data.wien.gv.at* für Daten aus Wien gestartet (*Tiki-Toki* 2016).

6.4 Merkmale und Unterscheidung von Open Data und Open Government Data

Bevor im weiteren Verlauf detailliert auf Datenpakete eingegangen wird, sollte zunächst geklärt werden, dass es grundsätzlich zwei verschiedene Publikationsformen voneinander zu unterscheiden gilt. OD werden von beliebigen staatlichen oder nichtstaatlichen Institutionen sowie Privatpersonen publiziert (Von Lucke & Geiger 2010, S.2f).

„Offene Daten sind sämtliche Datenbestände, die im Interesse der Allgemeinheit der Gesellschaft ohne jedwede Einschränkung zur freien Nutzung, zur Weiterverbreitung und zur freien Weiterverwendung frei zugänglich gemacht werden.“ (Von Lucke & Geiger 2010, S.3)

Hierzu zählen neben Geodaten auch beispielsweise Statistiken, wissenschaftliche Publikationen oder auch Rundfunksendungen (Von Lucke & Geiger 2010, S.3). OGD stellen hingegen eine Publikationsform von Datensätzen dar, welche ausschließlich mittels Steuergeldern auf nationaler oder subnationaler Ebene erhoben wurden und auch von staatlichen Institutionen im Rahmen einer OG-Politik vertrieben werden.

„Offene Verwaltungsdaten sind jene Datenbestände des öffentlichen Sektors, die von Staat und Verwaltung im Interesse der Allgemeinheit ohne jedwede Einschränkung zur freien Nutzung, zur Weiterverbreitung und zur freien Weiterverwendung frei zugänglich gemacht werden.“ (Von Lucke & Geiger 2010, S.6)

Somit sind *OGD* Teil von *OD*. *OD* werden jedoch auch als komplementäre Daten betrachtet, also sämtliche offenen Daten, welche nicht staatlich vertrieben werden (Krabina & Prorok 2001, S.7 & Von Lucke & Geiger 2010, S.5f). Dabei besteht inhaltlich zwischen *OD* und *OGD* nicht zwingend ein Unterschied, geschweige denn ein qualitatives Gefälle. Der Unterschied besteht lediglich in der Publikationsform. Jedoch kann in West- und Mitteleuropa sowie in Nordamerika davon ausgegangen werden, dass staatliche Datenquellen als seriös anzusehen sind und publizierte Daten in korrekter und brauchbarer Form zur Verfügung gestellt werden. Dies kann bei *OD* nicht immer gewährleistet werden, zumal auch der Urheber unter Umständen schwerer zu ermitteln ist. In der Praxis sind diese beiden Zugangsschienen nicht streng separiert zu sehen, sondern eher als komplex miteinander verwoben. Seiten wie beispielsweise **Data.gov** stellen sowohl staatliche als auch private Daten zur Verfügung, sind jedoch ausschließlich der Regierung unterstellt. Zudem gibt es noch Webseiten wie beispielsweise **Opendataportal.at**, welche lediglich als Suchmaschine dienen und sowohl staatliche als auch private Daten führen.

Werden vorhandene Daten systematisch über das Internet publik gemacht, so spricht man auch von *Linked Open Data (LOD)* beziehungsweise *Linked Open Government Data (LOGD)*. Durch Verknüpfung von bisher separierten Datensätzen erhält man einen informativen Mehrwert und in weiterer Folge neue Erkenntnisse. Die leichte Adressierbarkeit (mit Hilfe von *Uniform Resource Identifiern (URI)* und des *Ressource Description Frameworks (RDF)*) hilft hier enorm bei der Vernetzung (Von Lucke & Geiger 2010, S.3 und 6). Im Umkehrschluss greifen *OD*- und *OGD*-Initiativen also nicht nur auf das Internet als Verbreitungsmedium zurück. Im Kontext dieser Arbeit genügen jedoch die *LOD*- und *LOGD*-Quellen. Wie in **Kapitel 6.2** bereits beschrieben, steht in Anbetracht der erwünschten weiteren Verwendung von Daten für die Erstellung von topographischen Karten die Aneignung von Geodaten im Fokus. Dies bedeutet, dass Webseiten ohne Geodaten-Inhalte nicht untersucht wurden und Seiten mit Geodaten sowie weiteren Daten ohne räumlichen Bezug nur hinsichtlich ihrer verfügbaren Geodaten beurteilt werden. Auf eine genauere Betrachtung und Typisierung von Daten ohne Raumbezug wird verzichtet.

6.5 Anforderungen an Open Data

Sind progressiv orientierte Organisationen der Ansicht, dass es lukrativ ist, unter Ausschluss nachteiliger Konsequenzen für den eigenen Betrieb, eigene Daten frei zur Verfügung zu stellen, um Denkanstöße von externen Personen zu erhalten und sich mit ihrem Umfeld zu vernetzen, so sollten sich diese bei der Veröffentlichung von *OD* nach Von Lucke & Geiger (2010, S.2f) an folgenden elf Punkten orientieren:

- Ganzheitliche Verfügbarkeit des Werkes zum maximalen Preis der Reproduktionskosten. Die Daten sollen strukturiert und modifizierbar verfügbar gemacht werden.
- Eine Lizenz muss eine (kommerzielle) Weiterverbreitung gestatten jedoch keinerlei Lizenzzahlungen oder Gebühren fordern.
- Modifikationen und Derivate müssen ausdrücklich erlaubt sein.
- Die Daten müssen so veröffentlicht werden, dass keine technischen oder finanziellen Hürden entstehen (zum Beispiel in einem offenen Datenformat).
- Eine Nennung des Schöpfers bei Weiterverarbeitung ist zulässig, sollte jedoch kein Hindernis darstellen.

- Die Lizenzierung muss frei von Diskriminierung sein.
- Die Art der Weiterverwendung darf nicht eingeschränkt werden.
- Die Lizenzbedingungen müssen bei der Weiterverteilung an alle Empfangenden zu den gleichen Konditionen übergehen.
- Komponenten aus einer Sammlung von Daten müssen über die gleiche Lizenz wie die Sammlung verfügen.
- Die Lizenz darf keine Bedingungen an die Verbreitung anderer, gemeinsam vertriebener Daten stellen.

Um Datensätze zu generieren, welche diesen Ansprüchen genügen ist es auch möglich sich am Schema der *5 Star Open Data* zu orientieren (*5 Star Open Data* 2016). Dieses schlägt eine Bewertungsrichtlinie für Datensätze vor, welche die Datenqualität als Qualitätskriterium heranzieht. Einen Stern erhalten hier Daten, die in irgendeiner Form unstrukturiert in einem beliebigen Format und mit offener Lizenz veröffentlicht werden. Zwei Sterne erhalten Daten, die zusätzlich strukturiert und maschinenlesbar (zum Beispiel als Excel-Datei) veröffentlicht werden. Mit drei Sternen ausgezeichnet werden Daten in einem nicht-proprietären Datenformat, wie zum Beispiel einer *Comma Separated Value- (CSV-) Datei*. Mit vier Sternen verfügen Daten über zugehörige Metadaten und können somit von Nutzern mittel *URI* verlinkt werden. Geschieht dies auch im Sinne von Kontextverlinkungen, so erhalten die Daten die vollen fünf Sterne.

6.6 Anforderungen an Open Government Data

Von Lucke & Geiger (2010, S.4f) beschreiben in ihrem Gutachten zehn Punkte, welche im Rahmen eines offenen staatlichen Sektors erfüllt sein sollten:

- Vollständigkeit von veröffentlichten Datensätzen.
- Ausschließliche Veröffentlichung von Primärdaten mit Metadaten.
- Zeitnahe Veröffentlichung.
- Leichter Zugang.
- Maschinenlesbarkeit.
- Die Lizenzierung muss frei von Diskriminierung sein.
- Verwendung offener Standards.
- Lizenzierung für freie Verwendung.
- Dauerhafte Verfügbarkeit
- Keine Nutzungskosten für den Nutzer.

Für *OGD* kann das *5 Star Open Data*- Schema ebenso problemlos angewandt werden. Von den bewerteten amtlichen Daten sollte grundsätzlich eine Bewertung mit mindestens zwei Sternen erwartet werden.

6.7 Standard-Lizenzmodelle für Open Data und Open Government Data

In diesem Unterkapitel sollen sämtliche relevante Punkte rund um die rechtliche Lage von *OD* und *OGD* erläutert werden.

6.7.1 Gründe für Standard-Lizenzmodelle

Der Verzicht auf eine eigene Lizenz und das Zurückgreifen auf eine Standard-Lizenz bietet für Datengeber und -nehmer deutliche Vorteile. Es entfallen zum einen Einzelfall-Verhandlungen für die Lizenzierung und zum anderen wird dem erfahrenen Nutzer sofort bei Bekanntgabe der Kurzbezeichnung der jeweiligen Lizenz klar, mit welchen Bedingungen er zu rechnen hat. Dies ermöglicht eine rasche und unkomplizierte Abwicklung. Die Verwendung eines Standardformates ist im Sinne von Vorhersehbarkeit, Verständlichkeit und Transparenz anzustreben (**Open Data Sachsen** 2016).

6.7.2 Anforderungen an Lizenzmodelle

Um eine Lizenz für offene Daten darzustellen sind nach der *Open Definition* für offene Lizenzen der *Open Knowledge Foundation* die zuvor erwähnten Anforderungen an *OD* und *OGD* umzusetzen, es sind aber auch diverse Einschränkungen beziehungsweise Bedingungen erlaubt (**Open Definition (A)** 2016):

- Zuschreibung der Lizenz Eigentümer (Namensnennung)
 - Kennzeichnung von Modifikationen
 - Weitergabe von Kopien oder Derivaten unter gleicher oder ähnlicher Lizenz
 - Angabe der Urheberrechte und der Lizenz
 - Art der Publikation von Folgeprodukten
 - Weitergabe von Daten ohne Behinderung sonstiger Rechte
 - Weitergehende Befugnisse, falls diese zur Ausübung der von der Lizenz eingeräumten Rechte benötigt werden
- (**Open Definition (B)** 2016)

Im Sinne des Schutzes der Urheber von Daten sind diese Bedingungen durchaus nachvollziehbar, da im Gegensatz zur Schöpfung von Werken die Erhebung von Daten per se juristisch gesehen keine geistige Arbeit ist. Laut österreichischem Urheberrechtsgesetz werden Datenbanken als Sammelwerke urheberrechtlich geschützt, jedoch nur dann, wenn sie im Sinne von Datenbankwerken eine selbstständige geistige Schöpfung aufgrund der Auswahl und Anordnung der Dateninhalte darstellen (**Bundeskanzleramt Rechtsinformationssystem**, 2016).

6.7.3 Lizenzelemente

Die verschiedenen Lizenzen nach der *Open Definition* weisen festgelegtes Vokabular auf, welches den Lizenztyp definiert. Je nach Lizenztyp können folgende Elemente auftreten (**ODC (A)** 2016):

- Attribute
Der Erzeuger der ursprünglichen Daten muss bei einer Folgeveröffentlichung sichtbar gemacht werden.

- Share-Alike
Modifizierte Datensätze müssen unter den gleichen Lizenzbedingungen wie die originalen Daten veröffentlicht werden.
- Keep Open
Ein Folgeprodukt muss auch in einer Version ohne Restriktionen veröffentlicht werden.

Tabelle 8 zeigt ein ähnliches Vokabular der *Creative Commons*- (CC-)Organisation. Diese bietet alternative Lizenzmodelle, welche im Kern ähnlich zu jenen der *Open Knowledge Foundation* sind. Es werden jedoch deutlich mehr Lizenzelemente und Lizenzmodelle angeboten.

Tabelle 8 - Vokabular der CC OD-Lizenzen - Quelle: CC (A) 2016 und CC (B) 2016; eigene Erhebung und Darstellung

Abkürzung	Symbol	Bezeichnung	Bedeutung
CC		<i>Creative Commons</i>	Überbegriff aller OD-Lizenztypen
CC0/ PD		<i>Public Domain</i>	Gemeinfreiheit
BY		<i>Attribution</i>	Namensnennung
SA		<i>ShareAlike</i>	Abgabe unter gleichen Bedingungen
ND		<i>NoDerivs</i>	Keine Veränderung der Daten
NC		<i>NonCommercial</i>	Nicht-kommerziell
		<i>Commons Deed</i>	Kurzfassung der Lizenz

Während CC Name der gemeinnützigen Organisation ist, welche kostenfreie und einfach zu handhabende Copyright Lizenzen zur Verfügung stellt, repräsentieren die weiteren Elemente Bestandteile der verschiedenen CC-Lizenzen (**CC (C)** 2016). Während die Elemente PD und BY auf einen wenig eingeschränkten Lizenztyp hinweisen, ist der Nutzer mit der SA-Bedingung bereits stärker eingeschränkt. Die Elemente ND und NC bieten Nutzern kaum eine Möglichkeit zur Nutzung außerhalb des privaten Sektors.

6.7.4 Beispiele verschiedener Lizenzmodelle

Die *Open Knowledge Foundation* bietet drei verschiedene Lizenzmodelle an:

- *Open Data Commons (ODC) Public Domain Dedication and License (PDDL) Summary*
Diese Lizenz kann kurz mit „kein Copyright“ bezeichnet werden. Alle Rechte werden an die Allgemeinheit abgetreten. Der Nutzer darf die Daten nach Belieben (auch kommerziell) verwenden, ohne hierfür eine Genehmigung einholen zu müssen (**ODC (B)** 2016).
- *ODC Attribution (BY) Summary*
Unter der Bedingung, dass der Erzeuger der Daten, ein Link zur Lizenz und eventuelle Veränderungen angegeben werden, dürfen Daten mit dieser Lizenz nach Belieben geteilt, verändert und auch kommerziell genutzt werden (**ODC (C)** 2016).

- ODC Open Database License (ODbL) Summary
Unter der Bedingung, dass der Erzeuger der Daten, ein Link zur Lizenz und eventuelle Veränderungen angegeben werden, die neu generierten Daten unter der gleichen Lizenz wie die originalen Datensätze vertrieben sowie ein Folgeprodukt auch in einer Version ohne Restriktionen veröffentlicht werden, dürfen Daten mit dieser Lizenz nach Belieben geteilt, verändert und auch kommerziell genutzt werden (**ODC (A)** 2016).

Abbildung 17 zeigt eine Darstellung einiger ausgewählter Lizenzmodelle der CC-Organisation in Abhängigkeit der Offenheit des Lizenztyps, wobei oben mit dem am wenigsten einschränkenden Lizenztyp begonnen wird.

- CC0 Public Domain Dedication
Diese Lizenz kann kurz mit „kein Copyright“ bezeichnet werden. Alle Rechte werden an die Allgemeinheit abgetreten. Der Nutzer darf die Daten nach Belieben, auch kommerziell, verwenden ohne hierfür eine Genehmigung einholen zu müssen (**CC (E)** 2016).
- CC Attribution (CC BY)
Unter der Bedingung, dass der Erzeuger der Daten, ein Link zur Lizenz und eventuelle Veränderungen angegeben werden, dürfen Daten mit dieser Lizenz nach Belieben geteilt, verändert und auch kommerziell genutzt werden (**CC (F)** 2016).
- CC Attribution-ShareAlike (CC BY-SA)
Unter der Bedingung, dass der Erzeuger der Daten, ein Link zur Lizenz und eventuelle Veränderungen angegeben werden und die neu generierten Daten unter der gleichen Lizenz wie die originalen Datensätze vertrieben werden, dürfen Daten mit dieser Lizenz nach Belieben geteilt, verändert und auch kommerziell genutzt werden (**CC (G)** 2016).
- CC Attribution-NoDerivs (CC BY-ND)
Unter der Bedingung, dass der Erzeuger der Daten und ein Link zur Lizenz angegeben werden und die Daten in ihrem Inhalt nicht modifiziert werden, dürfen Daten mit dieser Lizenz nach Belieben geteilt und auch kommerziell genutzt werden (**CC (H)** 2016).
- CC Attribution-NonCommercial (CC BY-NC)
Unter der Bedingung, dass der Erzeuger der Daten, ein Link zur Lizenz und eventuelle Veränderungen angegeben werden, dürfen Daten mit dieser Lizenz nach Belieben geteilt und verändert jedoch in keiner Form kommerziell genutzt werden (**CC (I)** 2016).
- CC Attribution-NonCommercial-ShareAlike (CC BY-NC-SA)
Unter der Bedingung, dass der Erzeuger der Daten sowie ein Link zur Lizenz angegeben werden und die neu generierten Daten unter der gleichen Lizenz wie die originalen

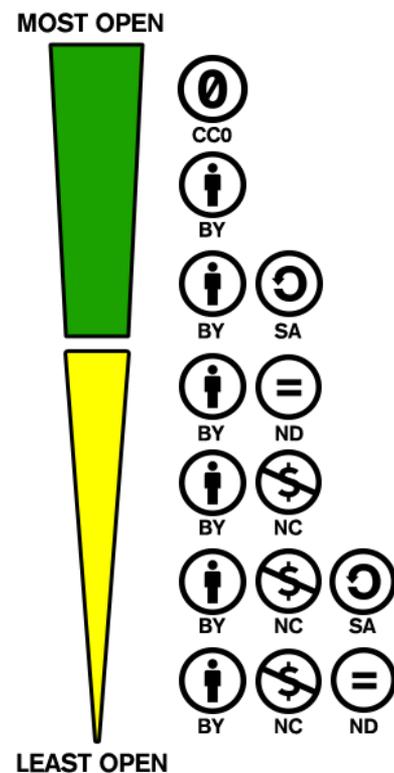


Abbildung 17 - CC Lizenzmodelle -
Quelle: CC (D) 2016

Datensätze vertrieben werden, dürfen Daten mit dieser Lizenz nach Belieben geteilt und verändert jedoch in keiner Form kommerziell genutzt werden (**CC (J)** 2016).

- CC Attribution-NonCommercial-NoDerivs (CC BY-NC-ND)
Unter der Bedingung, dass der Erzeuger der Daten sowie ein Link zur Lizenz angegeben werden und die Daten in ihrem Inhalt nicht modifiziert werden, dürfen Daten mit dieser Lizenz nach Belieben geteilt jedoch in keiner Form kommerziell genutzt werden (**CC (K)** 2016).

Im Vergleich zu den drei Lizenzmodellen der *Open Knowledge Foundation* fällt auf, dass diese relativ uneingeschränkt sind und stets die drei Rechte *Share*, *Create* und *Adapt* zugestehen. Man kann die drei Lizenzpaare *CC0 & ODC PDDL*, *CC BY & ODC BY* sowie *ODC ODbL & CC BY-SA* quasi gleichsetzen. Zudem kennt die *CC*-Organisation hingegen noch vier weitere, weitaus restriktivere Lizenzmodelle (gelber Bereich von **Abbildung 17**). Auf staatlicher Ebene gibt es für die Lizenzmodelle der *CC*-Organisation Adaptionen, welche sich den ortsspezifischen Gesetzmäßigkeiten anpassen, in ihrer Kernaussage und somit den Rechten und Pflichten der Anwender jedoch international auf einer gemeinsamen Ebene stehen. Für Österreich sind dies beispielsweise „*Namensnennung 3.0 Österreich*“ (*CC BY 3.0 AT*) und „*Namensnennung - Weitergabe unter gleichen Bedingungen 3.0 Österreich*“ (*CC BY-SA 3.0 AT*) (**CC (L)** 2016 und **CC (M)** 2016).

6.8 Publikationsformen von offenen Geodaten

Die Untergliederung von Datenquellen fällt mitunter alles andere als leicht. Die folgenden Absätze sollen einige wichtige Rubriken zur Kategorisierung von Datenquellen aufzeigen.

6.8.1 Art der Institution

- Amtlich
Mit öffentlichen Mitteln erhobene Daten.
Beispiel: **Wien.gv.at**
- Privat
Privates Unternehmen, welches Daten zur freien Verfügung stellt.
Beispiel: **Natural Earth**
- Crowdsourcing
Von der Allgemeinheit erhobene Daten
Beispiel: **OSM (A)**

Falls der Nutzer hier aufgrund von redundanten Datentypen vor einer Wahl steht, auf welche Quelle er zurückgreifen soll, so ist es zu empfehlen, die amtlichen Daten zu wählen, da diese nicht nur ein hohes Maß an Vertrauenswürdigkeit bieten, sondern auch (in stabilen Demokratien) eine Garantie für einen festgeschriebenen Aktualisierungszyklus liefern. Dies ist besonders für kontinuierlich zu erstellende Karten ein wichtiger Punkt. Daten aus *Crowdsourcing*-Projekten bieten hier zwar sogar eine laufende und häufige Aktualisierung, jedoch nicht nach identischen Standards und nicht unbedingt regelmäßig. Bei Daten aus der Privatwirtschaft sollte beachtet werden,

was der jeweilige Konzern mit der Freigabe seiner Daten bezweckt. Zudem besteht hier die Gefahr einer Insolvenz. Für laufend zu aktualisierende Karten kann dies einen Unsicherheitsfaktor bergen. Des Weiteren sollte bei nicht amtlichen Daten generell gründlich überlegt werden, ob die Datenquelle vertrauenswürdig ist.

6.8.2 Maßstabsebene und globaler Deckungsgrad

- Internationale Ebene
Weltweit oder für große Teile der Erde verfügbare Daten.
Beispiele: *ASTER*- und *SRTM*-Daten (via ***Earthexplorer***), ***OSM (A)***
- Nationale Ebene
Nach nationalstaatlichen Gesichtspunkten erhobene Daten.
Beispiel: ***Basemap.at***
- Länderebene/ Regionale Ebene
Nach regionalen Interessen erhobene Daten
Beispiel: ***Data.steiermark.at***
- Lokale Ebene
Punktuell erhobene Daten.
Beispiel: ***Data.linz.gv.at***

6.8.3 Datentyp

- Rasterdaten
- Vektordaten
- Datenformate ohne Raumbezug
- Metadaten

6.8.4 Art der Datenverbreitung

- Internet
- Intranet
- Physische Medien – Digital
- Physische Medien – Analog

6.8.5 Lizenzmodell

Siehe Kapitel 6.7.4

6.9 Nutzbarkeit der verfügbaren Geodaten

In diesem abschließenden Unterkapitel sollen die im Laufe des Kapitels gewonnenen Erkenntnisse nun auf die bevorstehende praktische Umsetzung von frei verfügbaren Geodaten übertragen werden.

6.9.1 Relevante Datenquellen für die Umsetzung einer topographischen Spezialkarte im alpinen Raum Österreichs

Da die örtliche und überörtliche Raumordnung in Österreich Ländersache ist, sind relevante amtliche Geodaten über die Webseiten des jeweiligen Bundeslandes verfügbar (**ÖROK** 2016). Des Weiteren können lokale, nichtamtliche Daten auf nationaler Ebene gesucht werden. Daten, welche einen globalen Deckungsgrad aufweisen, können auf internationalen Plattformen wie zum Beispiel **Earthexplorer** gesucht werden. **Tabellen 17 - 21** im Anhang zeigen eine aktuelle Bestandsaufnahme der Verfügbarkeit von offenen Daten in Österreich.

In Österreich haben die einzelnen Bundesländer die Bestrebungen zu *OGD* größtenteils bereits vorbildlich umgesetzt. Fast alle Bundesländer bieten ein 10 m *DGM* aus einem Laserscan gratis zum Download an. Lediglich Vorarlberg bietet nur Höhenschichtlinien mit 5 m Äquidistanz an, aus welchen ein *DGM* abgeleitet werden kann. Oberösterreich bietet zwar ein 10 m *DGM* als *TIFF* an, die Datei selbst ist jedoch für eine Weiterverarbeitung unbrauchbar. Bezüglich Vektordaten sind die Bestände der einzelnen Bundesländer sehr verschieden. In der Regel bekommt man jedoch Daten zu den administrativen Grenzen und dem Verkehrsnetz. Die Datendienste **Geoimage Austria** und **Basemap.at** bieten für *GIS*-Software einen *Web Map Service*- (*WMS*)-Dienst mit Orthophotos für das gesamte Staatsgebiet von Österreich an. Die Auflösung ist ausreichend, um eine grobe Kontrolle von Verkehrswegen und Gewässern vorzunehmen sowie eine Ebene mit der Landbedeckung abzuleiten. Daten von *OSM* können für Österreich in einem Gesamtpaket heruntergeladen werden. Dieses Paket enthält Daten für Verkehrswege, Gewässer, Landbedeckung, Gebäude und *Points of Interest* (*POIs*).

Mit Hilfe dieser genannten Datenquellen sollte bereits eine ausreichend breite Basis zur Erstellung einer topographischen Spezialkarte vorhanden sein, ohne übermäßig viel Arbeitsaufwand in Primärdatenerhebung oder Korrekturen fließen lassen zu müssen.

6.9.2 Globale Mindestdeckung

Sollen topographische Karten von entlegenen Regionen der Erde angefertigt werden, so kann in der Regel nicht erwartet werden eine hohe Datendichte anzutreffen. Besonders amtliche Daten können, beispielsweise in Afrika, nicht, beziehungsweise in mäßiger Quantität und Qualität erwartet werden. In diesem Fall kann auf globale Datensätze zurückgegriffen werden. **Earthexplorer** bietet ein *DGM* in 30 m Auflösung für die gesamte besiedelte Erdoberfläche in Form von *ASTER*- und *SRTM*-Daten. Bis zu welchem Maßstabsbereich diese Auflösung geeignet ist, verschiedene Höhninformationen zu generieren, wird sich im Laufe des praktischen Teils dieser Arbeit zeigen.

Die Webseite von **Natural Earth** ist zwar grundsätzlich für kleinmaßstäbige Karten gedacht, kann jedoch auch für topographische Spezialkarten eine Basis für eine Detailkartierung bieten. Nützlich sind hier die Datensätze der Küstenlinien, Staats- und Regionalgrenzen, Inseln, Gewässer, Verkehrswege, Schutzgebiete, Städte, *POIs* und des Namenguts.

OSM ist nicht nur für Österreich, sondern grundsätzlich eine brauchbare Quelle für Situationsdaten. Allerdings gilt hier immer zu beachten, dass diese Daten von unterschiedlichsten Nutzern erhoben und publiziert wurden. Die Gemeinschaft hat zwar die Möglichkeit zur Kontrolle, jedoch fallen eventuell lediglich grobe Fehler auf (**OSM (B)** 2016). Zudem kann dem Kartierer keine Vorschrift darüber gemacht werden, in welchem Maßstab er seine Daten erhebt und in die Datenbank einpflegt. *OSM* ist somit keine Datenbank mit einer konsistenten Datenbeschaffenheit. Dies wird für Österreich bereits in alpinen Räumen deutlich. Sobald beispielsweise das Straßennetz abseits der Dauersiedlungsräume überprüft wird, so sinken Richtigkeit und Präzision der Daten deutlich. Sollen nun Regionen kartiert werden, welche ohnehin eine geringe Datendichte aufweisen, so kann davon ausgegangen werden, dass auch die Daten von *OSM* nicht einen Detailgrad vergleichbar zu den Daten für Österreich aufweisen.

In Summe sind global einige Datenquellen vorhanden, welche für die Erstellung von topographischen Spezialkarten ausreichend sein könnten. Als Kartierungsgrundlage für fehlende oder unvollständige Daten können beispielsweise die Datendienste von *Bing Maps* oder *Google Maps* in Form von einer *Basemap* dienen. Erwartet wird jedoch, dass in weniger erschlossenen Gebieten ein Maßstab von maximal 1:50.000 realisierbar sein wird.

7 Vorstellung des Untersuchungsgebietes

Dieses Kapitel markiert den Beginn des zweiten, praktischen Abschnitts der Arbeit. In den folgenden Unterkapiteln werden das Untersuchungsgebiet und die dazu ausgewählten Daten vorgestellt.

7.1 Lage und Grund der Selektion

Um die zentrale Fragestellung der Arbeit zu beantworten, ist es unabdingbar relevante Daten auch einem Praxistest zu unterziehen. Da die angestrebte topographische Spezialkarte einen Ausschnitt im Hochgebirge abbilden soll und das Untersuchungsgebiet vom Arbeitsplatz des Verfassers dieser Arbeit (Wien) für Geländegänge nicht zu weit entfernt sein soll, wurden die, von Wien aus gesehen, ersten Kalkstöcke der Ostalpen in die nähere Auswahl genommen. Die Kalkstöcke Rax, Schneeberg und Schneesalpe weisen ein ausgeprägtes alpines Relief auf. Da jedoch von Schneeberg und Rax bereits seitens des *BEV* zusätzlich zur *ÖK50* auch eine „echte“ *ÖK25* besteht, wurde die Schneesalpe als Untersuchungsgebiet ausgewählt. Ein weiterer Vorteil dieses Kalkstocks ist die Form und Kompaktheit, sodass das Untersuchungsgebiet eine überschaubare Größe aufweist. Durch die Mischung aus alpinem, subalpinem und montanem Charakter des Untersuchungsgebietes können unterschiedliche Relieftypen präsentiert werden.

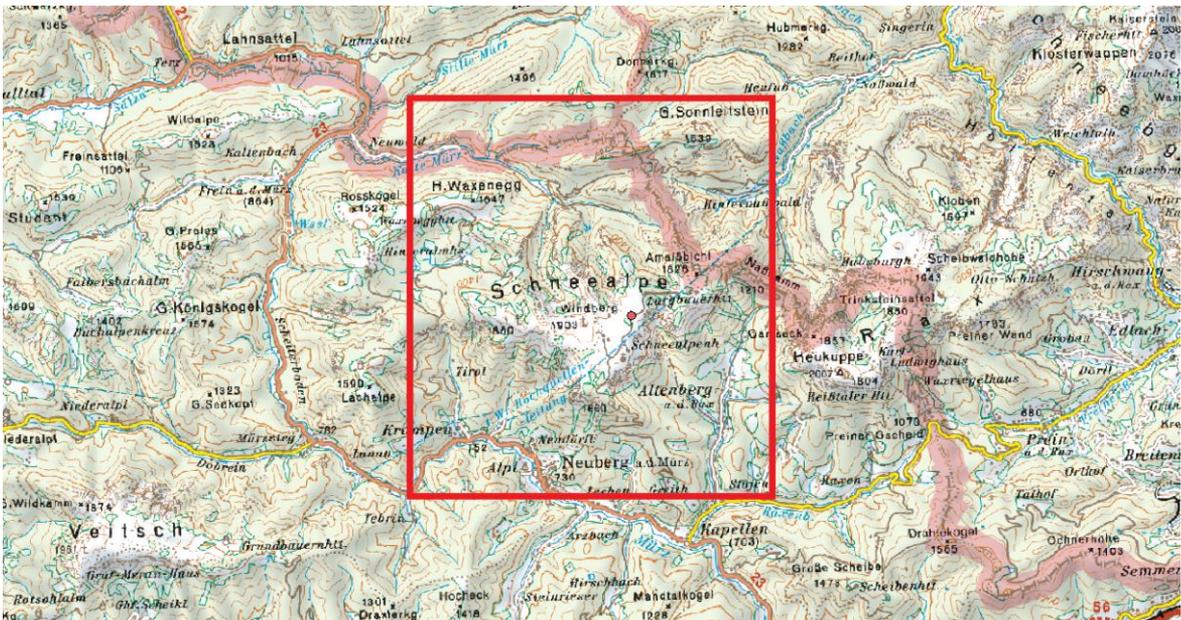


Abbildung 18 - Untersuchungsgebiet Schneesalpe (rot umrandet) in einer *ÖK200* (nicht maßstabsgerecht) - Quelle: *Austrian Map Online* 2016; eigene Darstellung

Abbildung 18 zeigt einen Ausschnitt der Online Version der *ÖK200* des *BEV*. Rot umrandet sind die Ausmaße des zu kartierenden Gebietes. Der Großteil des Untersuchungsgebietes liegt hierbei in der Steiermark, ein kleiner Teil im Nordosten gehört zu Niederösterreich. Die Fläche beträgt etwas mehr als 100 km².

7.2 Auswahl relevanter Daten

Aus den in **Kapitel 6.9.1** und **Tabellen 17 - 21** vorgestellten Datenquellen wurden fünf für die Kartierung des Untersuchungsgebietes herangezogen (siehe **Tabelle 9**). Die beiden Höhenmodelle der Bundesländer sowie die Orthophotos des Datendienstes *Geoimage Austria* dienen als Basis der Kartierung. Die Daten von *OSM* decken einen Großteil des Bedarfs an Situationsdaten sowie einen Teil des Namengutes. Fehlende Daten sind in einem weiteren Schritt aus den Orthophotos herauszulesen beziehungsweise mittels Detailkartierung im Gelände zu erheben. Die Daten des *USGS* werden erst für die Generalisierung relevant. Zu beachten ist, dass die *ASTER*-Daten nicht kommerziell genutzt werden dürfen und über eine schlechtere vertikale Genauigkeit als die *SRTM*-Daten verfügen.

Tabelle 9 - Relevante Datenquellen für das Untersuchungsgebiet - Quelle: eigene Erhebung und Darstellung

Verwaltungs- ebene	International		Österreich		
				<u>Steiermark</u>	<u>Niederösterreich</u>
Institution	<i>USGS (Earthexplorer)</i>	<i>Geofabrik</i>	<i>Geoimage Austria</i>	Land Steiermark	Land Niederösterreich
Datenquelle	www.earthexplorer.usgs.gov	www.download.geofabrik.de	www.geoimage.at	www.data.steiermark.at	www.noe.gv.at
verwendete Datensätze	<i>ASTER</i> -Höhendaten <i>SRTM</i> -Höhendaten	Straßen Gewässer POIs Gebäude Landbedeckung	WMS-Dienst für Orthophotos	Laserscan 10 m <i>DGM</i> Landesgrenze	Laserscan 10 m <i>DGM</i> Landesgrenze
Verwendungszwecke	Schummerung Höhenschichtlinien Höhenpunkte	Situationsdaten Namengut	Kartierungs- grundlage	Schummerung Höhenschichtlinien Höhenpunkte Situation	Schummerung Höhenschichtlinien Höhenpunkte Situation
Lizenz	<i>ASTER</i> : BY und NC <i>SRTM</i> : BY	<i>ODbL</i> 1.0		CC-BY; 3.0 AT	CC-BY; 3.0 AT

8 Dokumentation der Datenaufbereitung und Kartenherstellung 1:25.000

Dieses Kapitel dokumentiert nun die Datenaufnahme und die Datenbearbeitung von den Rohdaten bis hin zum fertigen Produkt. **Abbildung 19** zeigt den chronologischen Arbeitsablauf der Kartenherstellung. Nachdem im theoretischen Teil die möglichen Datenquellen sowie die damit verbundenen Lizenzauflagen gesichtet wurden, ist es nun an der Zeit die in **Kapitel 7.2** vorgestellten Daten herunterzuladen und zu begutachten. Da diese noch unvollständig und fehlerhaft sind, ist es nötig in einem weiteren Schritt mittels *ArcGIS* die Daten an die Zielvorstellungen anzupassen. Da die Sichtung aus der Ferne zur optimalen Aufbereitung nicht ausreicht, ist es nötig die Daten im Gelände zu evaluieren und zu ergänzen. Nachdem diese Änderungen in die Datenbank eingearbeitet sind sowie die Darstellung von Schuttgräben und Fels extern erworben wurden, kann mittels *Adobe Illustrator* die graphische Aufbereitung vorgenommen werden. Nach Fertigstellung der Hauptkarte im Maßstab 1:25.000 mit 10 m Laserscan Daten werden Varianten mit den 30 m Höhendaten sowie mit zwei Generalisierungsstufen angefertigt. Schlussendlich werden die Höhendaten noch statistisch mittels einer linearen Regression miteinander verglichen und die Güte bewertet.

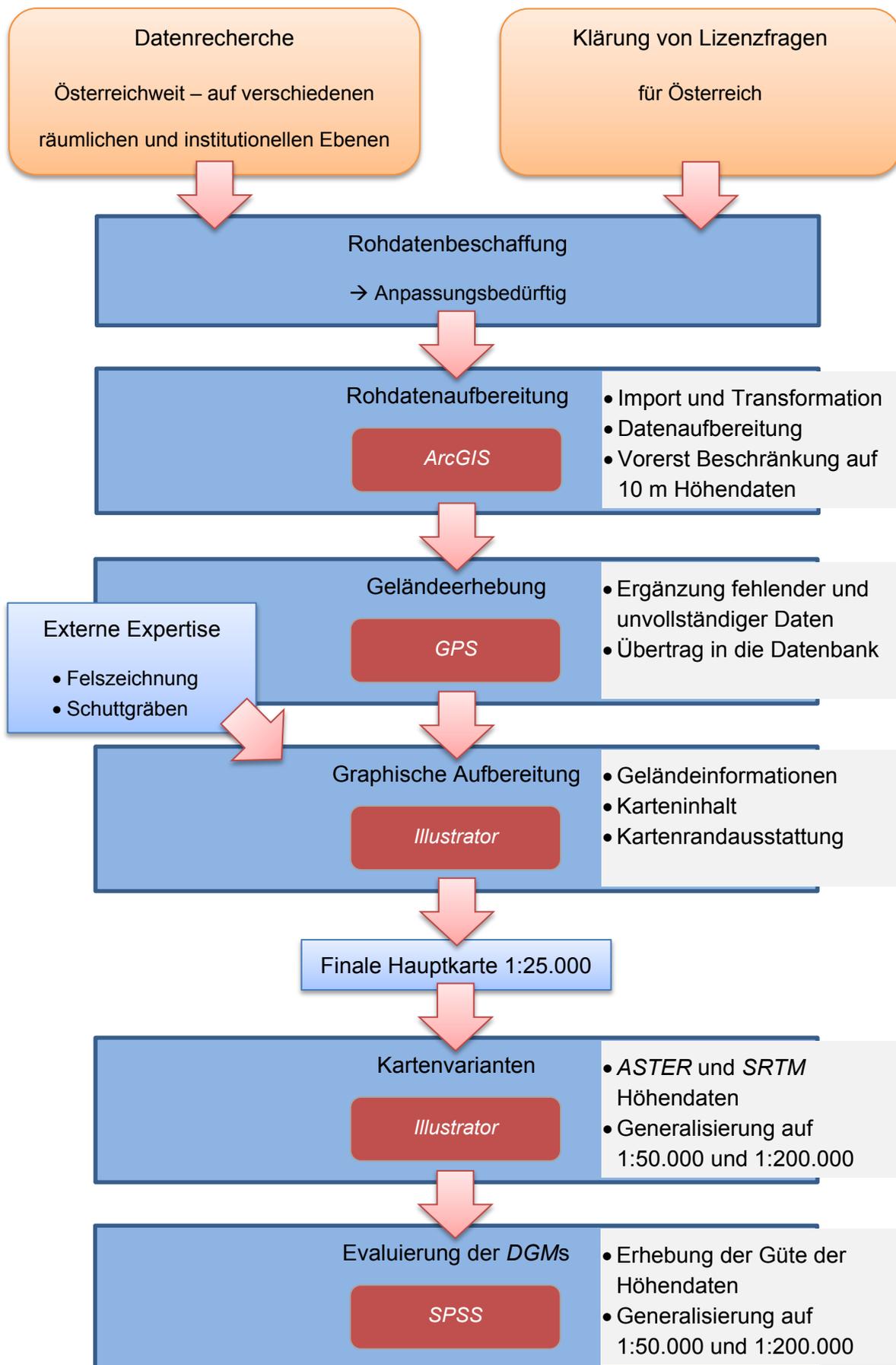


Abbildung 19 – chronologischer Arbeitsablauf der Kartenherstellung – Quelle: eigene Darstellung

8.1 Rohdatenaufbereitung mittels ArcGIS

Nachdem alle verfügbaren relevanten Daten in ein lokales Verzeichnis heruntergeladen sind, kann mit der Datenaufbereitung begonnen werden. Hierfür fiel die Wahl auf das Geoinformationssystem *ArcGIS* (Version 10.2.2) aus dem Hause *ESRI*.

8.1.1 Datenimport und -transformation

Das neue *ArcMap* Dokument wird zunächst auf das Koordinatensystem „*WGS_1984_UTM_Zone_33N*“ mit dem *EPSG*-Code 32633 eingestellt. Alle importierten Daten werden mit Hilfe von Tools auf das richtige Koordinatensystem eingestellt. Folgende Tools wurden in Abhängigkeit von den Daten angewandt (siehe auch im Anhang unter **Verwendete Tools in Kapitel 8.1.1**):

- „Define Projection“ falls keine Projektion vorliegt
- „Project“ falls für einen Vektordatensatz eine abweichende Projektion vorliegt und umprojiziert werden muss
- „Project Raster“ falls für einen Rasterdatensatz eine abweichende Projektion vorliegt und umprojiziert werden muss

Auf **Abbildung 20** ist der erste Schritt der Abgrenzung des Kartenausschnittes anhand der Orthophotos von *Geoimage Austria* zu sehen. Mit diesem Schritt ist es ratsam gleich ein Rechteck als Clip-Element zu erstellen. Dieses geometrische Vektordaten-Objekt kann jeden weiteren zu bearbeitenden Datensatz auf die Ausmaße des Kartenausschnitts trimmen. Als nächstes werden die beiden Höhenmodelle der Landesverwaltungen in *ArcGIS* importiert. Die *ASTER*- und *SRTM*-Höhenmodelle sollen erst später für einen Vergleich herangezogen werden, da hier zunächst davon ausgegangen wird, dass ausschließlich mit den Laserscan-Daten sinnvolle Ergebnisse im Bereich 1:25.000 erzielt werden können. Mit Hilfe des Tools „Merge“ können beide Höhenmodelle zu einem einzigen verschmolzen werden und die Grauwerte aufeinander abgestimmt werden. Nun kann der Clip-Rahmen zur Extraktion des Kartenausschnittes eingesetzt werden. Das Höhenmodell selbst hat für die fertige Karte selbst keinen graphischen Nutzen. Jedoch kann aus einem Höhenmodell eine Schummerung abgeleitet werden. In *ArcGIS* geschieht dies mit dem Tool „Hillshade“. Es werden nun zwei Schräglichtschummerungen, eine mit Nordwest- und eine mit Südostbeleuchtung, sowie eine Böschungsschummerung generiert. Des Weiteren können aus dem Höhenmodell auch noch Höhenschichtlinien abgeleitet werden. Die Schneeanpe ist noch nicht wirklich als reines Hochgebirge anzusehen, da die nähere Umgebung eine teils noch geringe Reliefenergie und der Kalkstock der Schneeanpe ein ausgeprägtes Karstplateau aufweist (siehe **Kapitel 7**). Somit beschränken sich die stark alpinen Bereiche mit großen Hangneigungen auf die Plateaukanten. Aus diesem Grund sollen auch die Äquidistanzparameter für hohes Mittelgebirge beziehungsweise Bergland herangezogen werden (siehe **Kapitel 3.2.2.3**). In diesem Fall geschieht dies mit einer Äquidistanz von 20 m. Mit dem Import und dem Zuschneiden der Landesgrenzen sind damit die amtlichen Datenquellen erschöpft. Das Datenpaket von *OSM* deckt einen Großteil der benötigten Situationsdaten ab. Die Vektordatensätze für Straßen, Gewässer, *POIs*, Gebäude und Landbedeckung werden in *ArcGIS* importiert, umprojiziert und zugeschnitten.



Abbildung 20 - Auswahl des Kartenausschnitts anhand des Orthophoto-Datendienstes *Geoimage Austria* -
Quelle: *Geoimage Austria* 2016; eigene Darstellung

Abbildung 21 zeigt die importierten und zurechtgeschnittenen Rohdaten sowie eine aus dem 10 m Höhenmodell abgeleitete Schräglightschummerung. Dabei entsprechen blaue Linien Gewässern, schwarze Linien Straßen sowie die rosa Linie der Landesgrenze zwischen Niederösterreich und der Steiermark. Die schwarzen Punkte entsprechen *POIs*. Zu guter Letzt stellen die schwarzen Flächen die Gebäude und die beige Flächen die Landbedeckung dar.

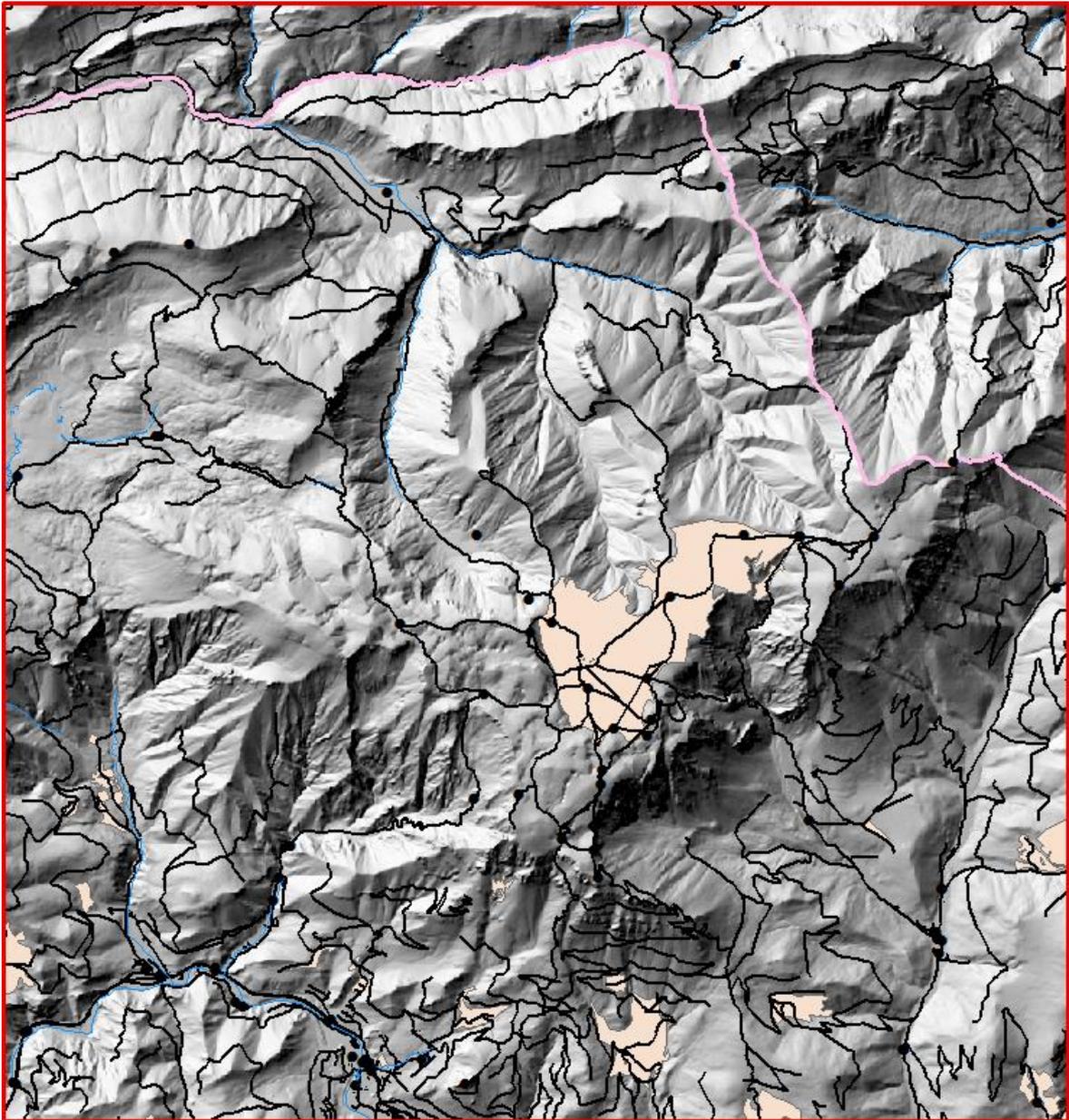


Abbildung 21 - Rohdatenimport in ArcGIS - Quelle: *OGD in Niederösterreich 2016, GIS Steiermark 2016 und Geofabrik 2016*; eigene Darstellung

Sofort ins Auge fällt, dass der Layer der Landbedeckung äußerst unvollständig und in dieser Form unbrauchbar ist. Um dennoch über eine ausreichende Information zur Landbedeckung zu verfügen, sind eine intensive Aufbereitung anhand der Orthophotos sowie Geländegänge nötig. Aber auch Verkehrs- und Gewässernetz sind alles andere als vollständig in Bezug auf die Netzichte und die Metadaten.

Abbildung 22 zeigt Höhenschichtlinien mit 20 m Äquidistanz, welche aus den *ASTER*- (rot), *SRTM*- (grün) und Laserscan-Daten (blau) gewonnen wurden.

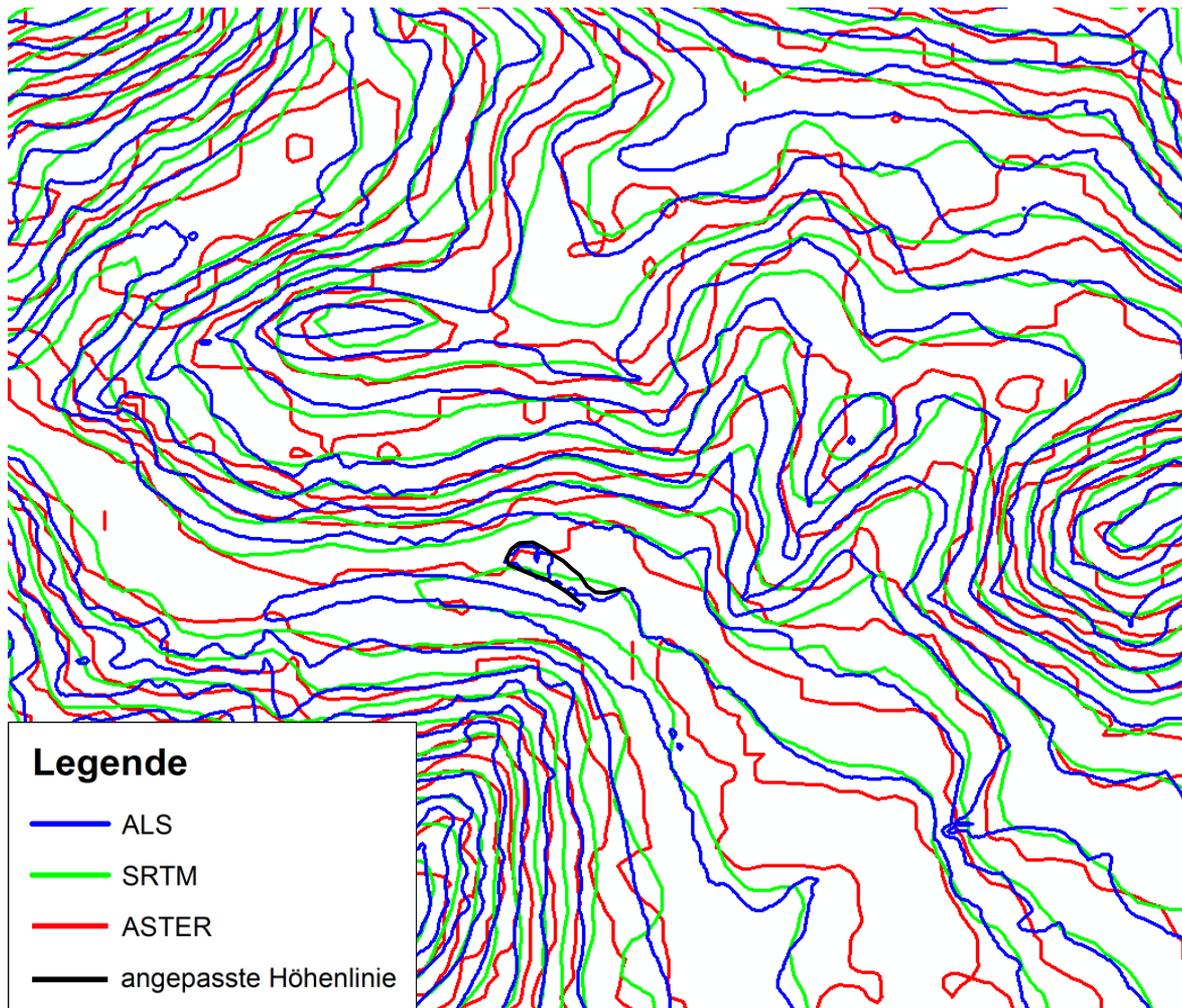


Abbildung 22 – Ausschnitt der abgeleiteten Höhenschichtlinien (ALS \triangleq blau, SRTM \triangleq grün, ASTER \triangleq rot, angepasste Höhenlinie \triangleq schwarz, je 20 m Äquidistanz) - Quelle: *OGD in Niederösterreich 2016*, *GIS Steiermark 2016* und *Earthexplorer 2016*; eigene Darstellung

Deutlich zu erkennen sind eine Vielzahl an Artefakten, besonders beim *ASTER*-Datensatz. Der *ALS*-Datensatz weist aufgrund seiner hohen Genauigkeit ebenfalls Ungereimtheiten auf, die bei der Aufbereitung optimiert werden müssen. Beispielsweise die kleineren Segmente sowie die dicht beieinander liegenden Abschnitte in der Bildmitte sollten ausgebessert überarbeitet werden (siehe schwarze Linie). Die *SRTM*-Daten zeichnen sich durch weniger Details im Vergleich zum Laserscan aus, jedoch wirkt der Datensatz durch die glattere Linienführung harmonischer. Für einen Maßstab von 1:50.000 und kleiner könnten diese Daten interessant sein. Der *ASTER*-Datensatz scheidet für eine finale Verwendung in der Karte 1:25.000 aufgrund seiner hohen Ungenauigkeit und der Vielzahl an Artefakten im Vorhinein aus und wird lediglich zum Vergleich und der Vollständigkeit halber ebenfalls aufbereitet.

8.1.2 Datenaufbereitung

Nachdem sämtliche verfügbaren Daten in *ArcGIS* importiert sind, müssen diese nun fachgerecht ergänzt und an den Nutzungszweck angepasst werden.

- Vegetation

Die Vegetation muss in einem ersten Schritt per Orthophoto grob erfasst werden, indem sie in die Klassen „Krummholz (Latschen)“, „Wald“, „Gebüsch“ und „Wiese“ eingeteilt wird. Mit Hilfe des Geodatendienstes von *Geoimage Austria* kommt man hier schon recht weit. Lediglich der Übergang von Gebüsch zu Wald und insbesondere der Übergang von Wald zu Krummholz sind ausschließlich anhand eines Echtfarbenbildes sehr schwer zu differenzieren. Da das Land Steiermark zum 10 m *DGM* auch ein *DOM* anbietet, konnte für dieses Problem anhand dieser beiden *DHDS* ein Differenzmodell berechnet werden (siehe **Abbildung 23**). Für die nicht abgedeckten Gebiete in Niederösterreich war glücklicherweise kein Differenzmodell zum vollständigen Erfassen der Landbedeckung nötig. In zartem gelb sind Höhenunterschiede bis zu 1 m dargestellt, hellblau stellt Unterschiede bis 5 m dar, hellrosa stellt Unterschiede bis 10 m dar. Das kräftige rosa repräsentiert Differenzen von mehr als 10 m. Von den wenigen größeren Ortschaften abgesehen, bei denen die Landbedeckungskartierung ohnehin kein Problem darstellt, kann man davon ausgehen, dass Höhendifferenzen aufgrund von Vegetation auftreten. Im Bereich des oberen Kalkstocks sollten die hellblauen Passagen Krummholzbedeckung andeuten. Im Talbereich entspricht das hellblau eher üppigerem Gebüsch. Hier ist auf dem Orthophoto farblich auch ein deutlicher Unterschied zur Latschenbedeckung erkennbar. Das helle rosa stellt tendenziell Jungwald dar und wird nach Abgleich mit dem Orthophoto entweder als Gebüsch oder Wald klassifiziert. Die gelben Bereiche werden größtenteils als Wiese, maximal punktuell im Talbereich als Gebüsch beziehungsweise auf dem Schneealpenplateau als Krummholz klassifiziert. Damit ist der Layer der Vegetation vollständig und ohne Lücken innerhalb des Kartenrahmens.

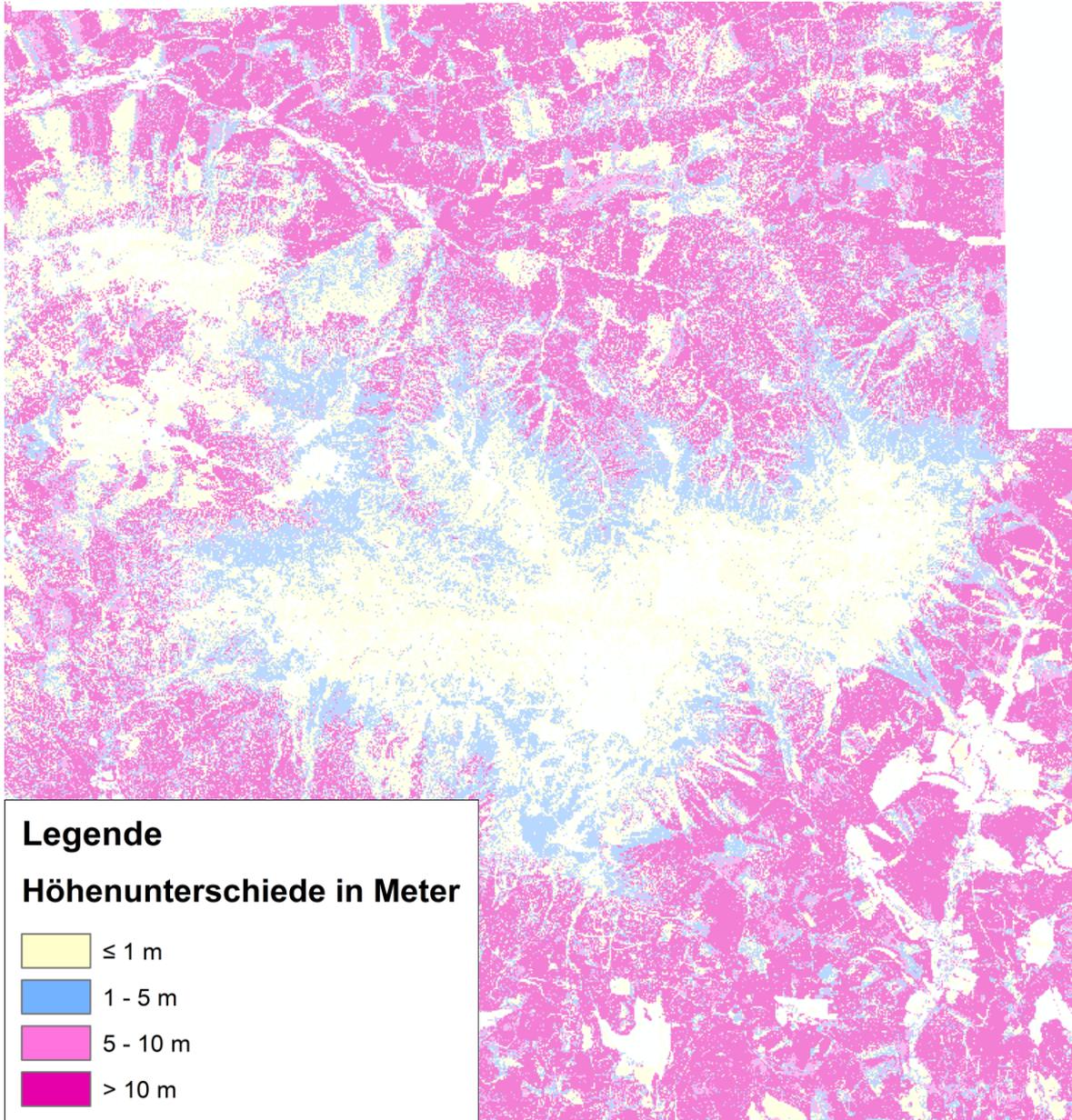


Abbildung 23 - Differenzmodell aus DGM und DOM (hellgelb \triangleq Höhenunterschiede bis 1 m, hellblau \triangleq bis 5 m, hellrosa \triangleq bis 10 m, kräftiges rosa \triangleq mehr als 10 m) - Quelle: GIS Steiermark 2016; eigene Bearbeitung und Darstellung

- Gewässer

Der Gewässerdatensatz ist zwar bereits recht umfassend, bei näherem Betrachten jedoch für einen Maßstab von 1:25.000 nicht umfassend genug. Zudem soll für den Datensatz eine Differenzierung in die Klassen „Bach perennierend“, „Bach temporär Wasser führend“ sowie „Bachbett Schotter“ vorgenommen werden. Eine grobe Einteilung und Ergänzung des Gewässernetzes kann mittels Orthophotos und der Schräglichtschummerung erfolgen, welche im Gelände überprüft werden muss.

Zudem werden die Gewässer noch durch je einen Polygon- und Punktlayer ergänzt. Der Polygonlayer enthält die Klassen „See“, „Gewässer > 20 m breit“ (für die Mürz bei Neuberg), und

„Schotterbett breit“. Der Punktlayer enthält die Klassen „Quelle“, „Reservoir“, „Schleuse“ und „Wehr“.

- Verkehrswege

Ebenso der Datensatz der Verkehrswege ist bereits recht ausführlich (auch bezüglich seiner Metadaten). Lediglich abseits von Siedlungen sind die Verkehrswege teilweise ungenau oder überhaupt nicht erfasst. Hier kann jedoch ein Großteil mit Hilfe der Orthophotos klassifiziert und topographisch korrekt erfasst werden (genaue Klasseneinteilung siehe **Kapitel 8.5**). Verbleibende Unklarheiten (zum Beispiel in dichten Waldstücken) müssen durch Geländearbeit beseitigt werden.

- Geländeinformation

Bezüglich der Geländeinformationen wurde die Ableitung von Höhenlinien und dem Bedarf nach deren Überarbeitung bereits erwähnt (siehe **Kapitel 8.1.1**). Da für die ausgedruckte Karte 1:25.000 lediglich die Höhenlinien aus dem Höhenmodell des Laserscans verwendet werden sollen, wird auch nur dieser Datensatz aufbereitet. **Abbildung 24** zeigt einen Ausschnitt, welcher einen Vorher-Nachher-Vergleich anstellt. In Blau dargestellt sind die direkt aus dem Höhenmodell abgeleiteten Höhenlinien. In Rot dargestellt sind die händisch überarbeiteten Segmente.

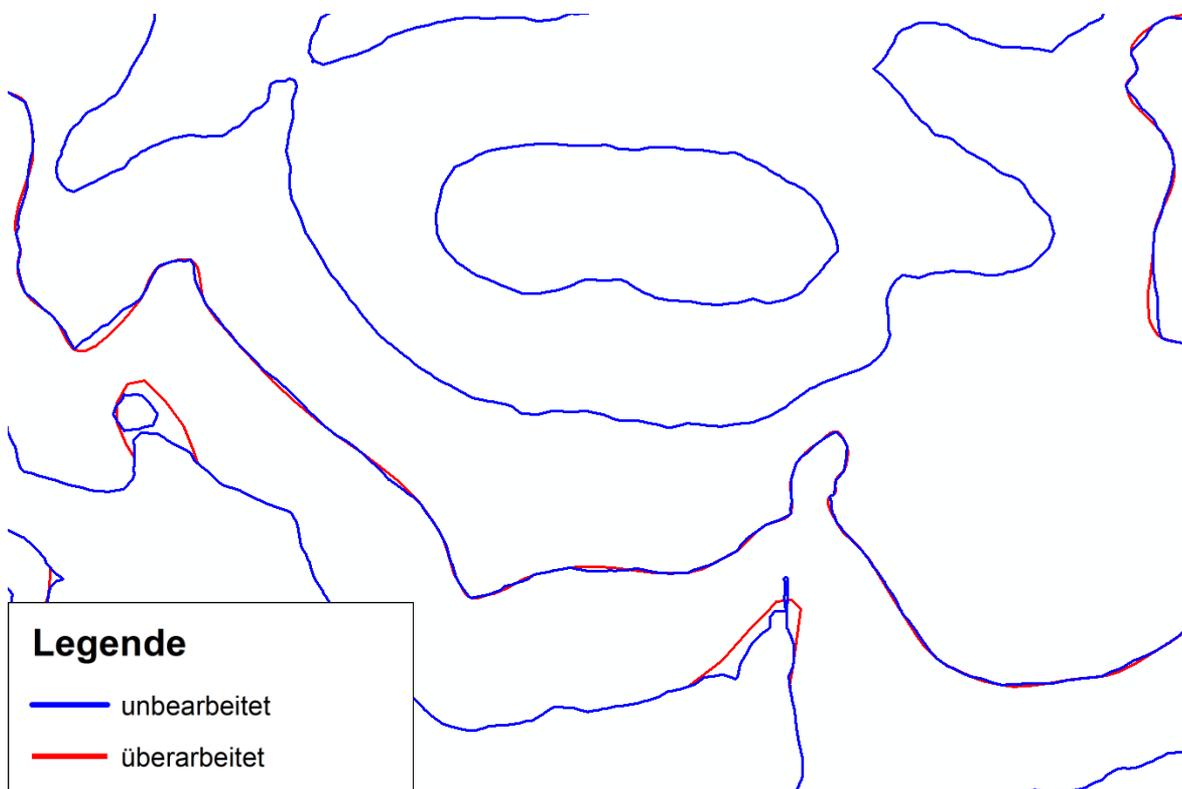


Abbildung 24 - Vorher-Nachher-Vergleich der ALS-Höhenlinien (unbearbeitet \triangleq blau, überarbeitet \triangleq rot) - Quelle: OGD in Niederösterreich 2016 und GIS Steiermark 2016; eigene Bearbeitung und Darstellung

Ebenfalls mit Hilfe des Laserscans erhoben werden, können die Höhenwerte von markanten Punkten wie Berggipfel, Sättel, Senken oder Straßenkreuzungen. Hierfür wird mit dem „Pixel Inspector“ in ArcGIS der Rasterwert des Höhenmodells an der gewünschten Stelle ausgelesen.

Zudem können aus den Orthophotos noch größere Schuttgräben ausgelesen und digitalisiert werden.

- Einzelobjekte

Der *OSM*-Layer mit Gebäuden ist in der unbearbeiteten Form noch ausgesprochen unvollständig. Anhand der Orthophotos können fehlende Gebäude jedoch rasch und unkompliziert ergänzt werden. Um den Informationsgehalt der Gebäude- und Einzelobjektdarstellung noch abzurunden, werden aus dem *POI*-Datensatz Standorte von Berghütten, Gasthöfen, Postfilialen oder Parkplätzen (weitere siehe **Kapitel 8.5**) lokalisiert und hervorgehoben.

Mit diesem Layer ist der erste Schritt der Datenaufbereitung mittels *ArcGIS* abgeschlossen. Der Datensatz auf diesem Stand weist jedoch noch einiges an Unklarheiten auf. Diese müssen nun in einem Geländegang beseitigt werden.

8.2 Ergänzung fehlender und unvollständiger Daten mittels Geländeerhebung

Die Geländegänge fanden am 8. und 9. Juni sowie am 8. und 9. September 2014 mit einer Gesamtdauer von 30 Stunden statt.

8.2.1 Ressourcen und Methodik

Zunächst mussten die detektierten Unklarheiten mittels *ArcGIS* im Datenmaterial sichtbar gemacht, exportiert und ausgedruckt werden. **Abbildung 25** zeigt einen Ausschnitt der Exportdatei. Insgesamt befinden sich im Untersuchungsgebiet 89 Unklarheiten aus den Layern Gewässer, Verkehrswege, Einzelobjekte, Landbedeckung und *POI*. Die Unsicherheiten ergaben sich aus einem Abgleich mit den Orthophotos (zum Beispiel Verkehrsweg im Wald), der Schummerung (zum Beispiel Relief suggeriert Gewässer) und der *ÖK25/50* (zum Beispiel verzeichneter Sumpf).

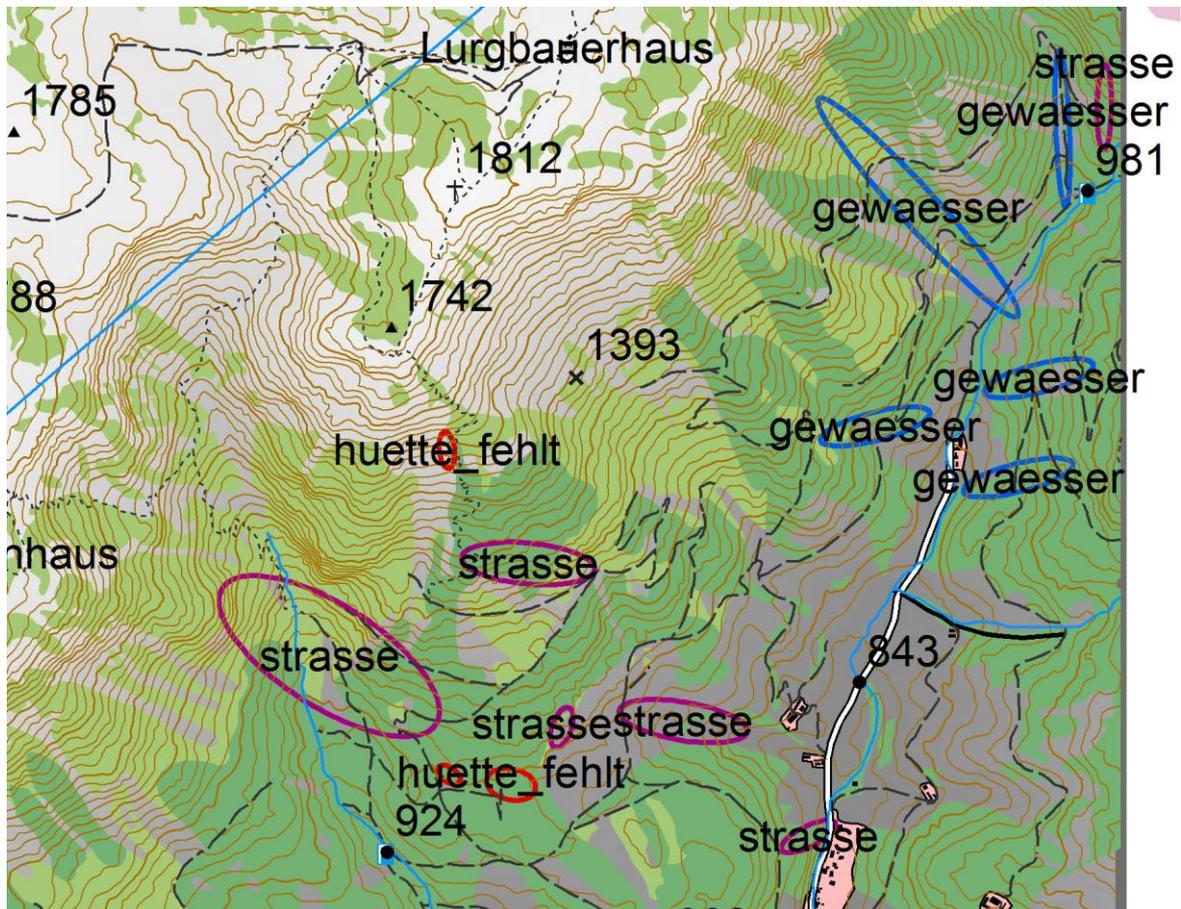


Abbildung 25 - Zu beseitigende Unklarheiten im Untersuchungsgebiet (nicht maßstabsgerecht) - Quelle: OGD in Niederösterreich 2016, GIS Steiermark 2016 und Geofabrik 2016; eigene Bearbeitung und Darstellung

Neben Papier und Bleistift für Notizen kam auch das GPS-Empfängergerät *MiniHomer* der Firma *Z:NEX* (*Z:NEX* 2016) zum Einsatz (siehe **Abbildung 26**). Das Gerät ist fähig geographische Koordinaten in Dezimalgrad bis auf die vierte Nachkommastelle anzugeben. Mit einer im Feld getesteten Genauigkeit von etwa 5 - 10 m ist die Qualität dieses Produktes für den Kartenmaßstab 1:25.000 völlig ausreichend. Zudem verfügt das Gerät über einen integrierten Kompass.



Abbildung 26 - Eingesetztes GPS-Gerät der Firma *Z:NEX* - Quelle: eigenes Photo

Nun konnten einzelne Geländepunkte (beispielsweise für das Auffinden von Hütten) untersucht werden oder mit Hilfe von einer Messreihe der Verlauf einer Straße oder eines Baches festgelegt werden. Zusätzlich wurde laufend stichprobenartig die Lage von Kartenelementen im Gelände verifiziert, um stets eine Kontrolle über die korrekte Funktion des GPS-Gerätes, die Daten, den Kartenausdruck sowie die eigene Arbeitsgenauigkeit zu haben. Des Weiteren fand stets ein Vergleich der Lage von Koordinaten in der *ÖK25/50* und der eigenen Karte statt.

Zusätzlich zu den bestehenden Unklarheiten wurden die Geländegänge dazu genutzt weitere Informationen wie Standorte von Wegweisern und Parkplätzen zu sammeln sowie insbesondere Namengut aus sämtlichen Formen von Hinweistafeln zu generieren. Einige Sumpfbereiche konnten ebenso detektiert werden, welche in der Karte farblich mit dem Layer der Vegetation überlagert werden. Nachdem die neu gewonnenen Informationen am Rechner in die Datenbank eingetragen wurden, können die einzelnen Layer nun nacheinander im korrekten Maßstab und zentriert als *Portable Document Format (PDF)* exportiert werden. **Abbildung 27** zeigt einen Ausschnitt sämtlicher exportierter Layer (abgesehen von Höhenlinien und Schummerung) überlagert.

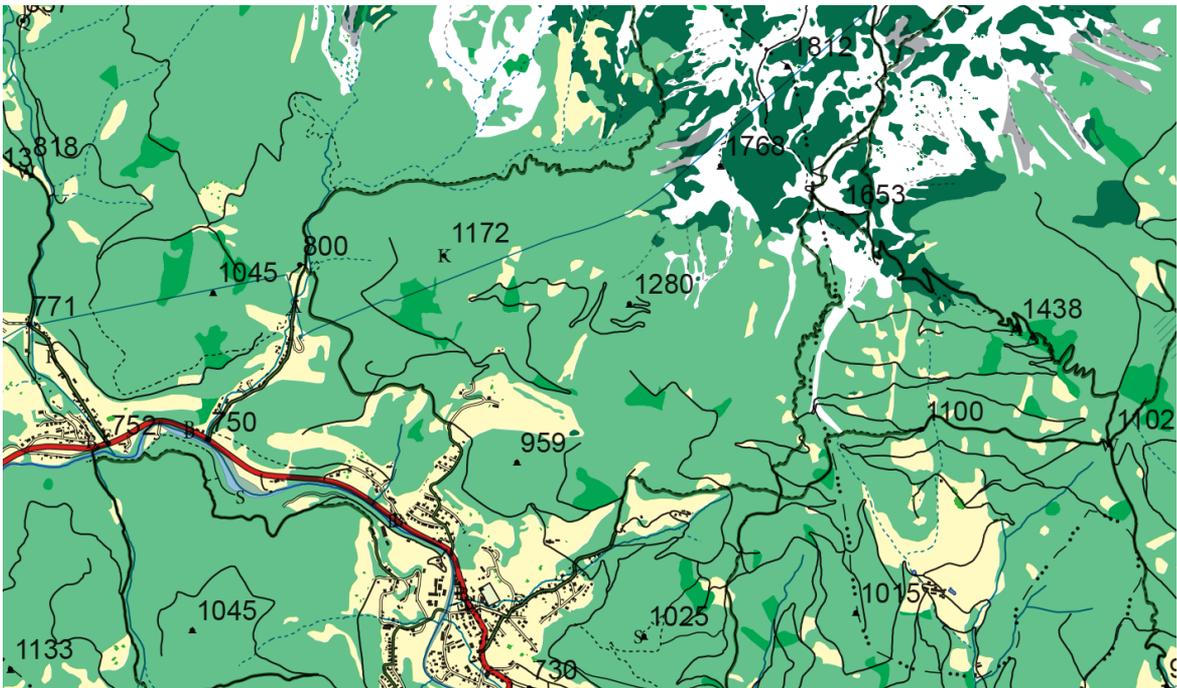


Abbildung 27 - Export der aufbereiteten Daten aus ArcGIS (nicht maßstabsgerecht) - Quelle: *OGD in Niederösterreich 2016, GIS Steiermark 2016 und Geofabrik 2016; eigene Bearbeitung und Darstellung*

Zusätzlich zu den Daten des Kartenfeldes wird auch noch ein *PDF* mit dem Koordinatengitter für den Kartenrahmen erstellt.

8.3 Externe Expertise

Da nicht alle Kartenelemente selbstständig generiert werden konnten, werden in diesem Abschnitt die verbleibenden Elemente vorgestellt.

8.3.1 Felszeichnung

Wie bereits in **Kapitel 5.3.4.3** erwähnt, besteht mittlerweile die Möglichkeit, eine Felszeichnung automatisiert zu generieren. Da die Felszeichnung nicht im Mittelpunkt dieser Arbeit steht, wurde eine solche automatisierte Felsdarstellung nach Grünwald und Kriz (2015, S.99ff) im Stil der amtlichen Schweizer Darstellung verwendet und darauf verzichtet eine Felszeichnung selbst-

ständig anzufertigen. **Abbildung 28** zeigt einen, aus den 10 m Laserscans abgeleiteten, Ausschnitt der fertigen Felszeichnung als Rasterbild.



Abbildung 28 - Ausschnitt der automatisch generierten Felszeichnung (nicht maßstabsgerecht) - Quelle: Grünwald 2015

8.3.2 Schuttgräben

Ein äußerst hilfreiches Werkzeug bietet die *Oregon State University* an. Der *Scree Painter* (**Scree Painter** 2016) erlaubt es mit Hilfe einer Schummerung, einem Höhenmodell, einer Schuttmaske sowie einer schwarzen Maske für Rasterzellen ohne Schutt (siehe **Abbildung 29**) ein Rasterbild mit einer Schuttdarstellung für die gewünschten Polygone nach Schweizer Methode zu erstellen (siehe **Abbildung 30**).

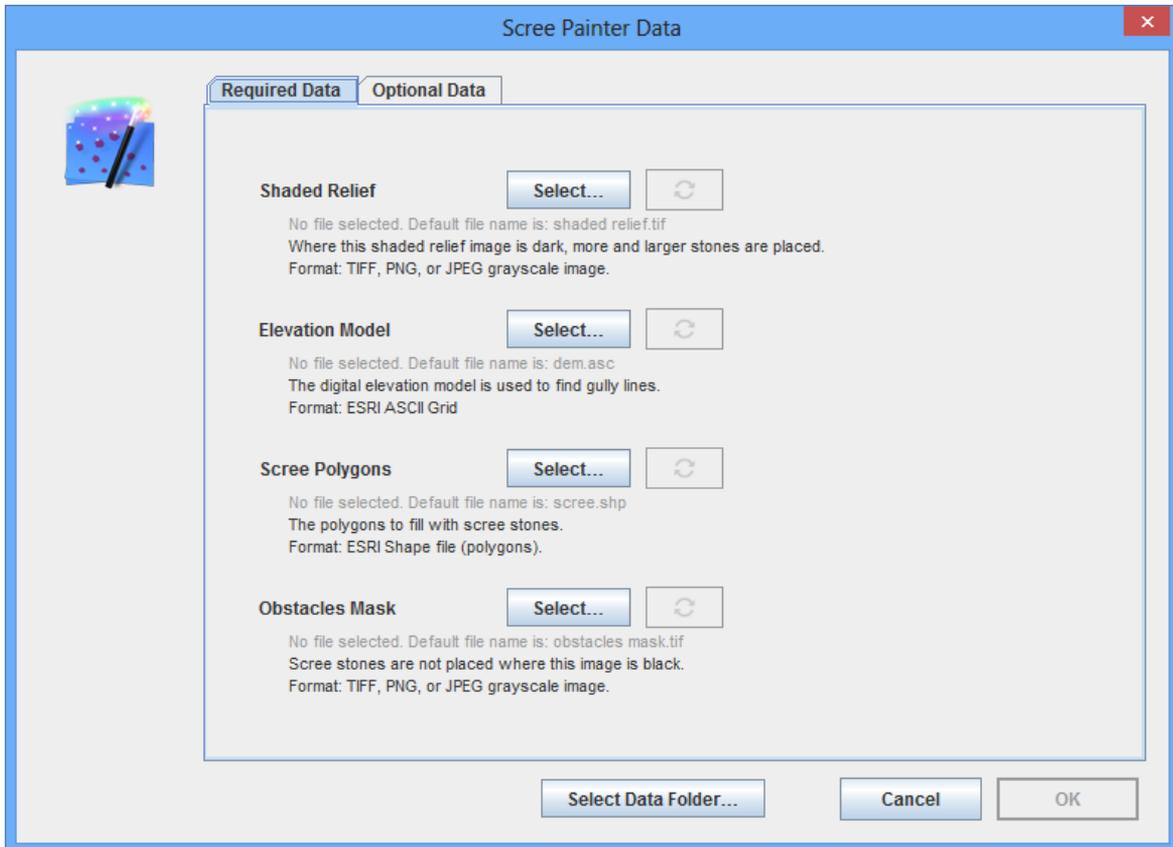


Abbildung 29 - Eingabeparameter für den Scree Painter - Quelle: *Scree Painter* 2016; eigene Bearbeitung und Darstellung



Abbildung 30 –
Ausschnitt der Schuttdarstellung
(nicht maßstabsgerecht) -
Quelle: *Scree Painter* 2016;
eigene Bearbeitung und Darstellung

8.4 Graphische Aufbereitung mittels Adobe Illustrator

Für den finalen Schritt der Kartenherstellung wird auf das Vektordaten-Programm *Illustrator* (*Creative Suite 6*) der Firma *Adobe* (**Adobe** 2016) zurückgegriffen. Die weitere Datenaufbereitung wird zunächst einmal in drei Teile geteilt.

8.4.1 Geländeinformationen

In einem ersten Dokument werden zwei Schräglichtschummerungen (eine mit Nordwestbeleuchtung und eine mit Südostbeleuchtung) sowie eine Böschungsschummerung platziert. Zudem werden sämtliche Klassen der Landbedeckung in das Dokument hineingeladen. Im Folgenden gilt es die optimale Konfiguration zu finden, um eine größtmögliche Plastizität und Anschaulichkeit des Geländes bei einer Erhaltung der Differenzierbarkeit der Landbedeckung zu erzielen. Folgende Einstellungen werden hierfür als brauchbar erachtet:

- Gaußscher Weichzeichnungsfilter mit einem Radius von 2.0 Pixeln.
 - Für alle drei Schummerungen.
- Gaußscher Weichzeichnungsfilter mit einem Radius von 1.0 Pixeln.
 - Für alle drei Schummerungen.
- Multiplikation der nordwestbeleuchteten Schummerung mit einer Opazität von 25%.
- Multiplikation der südostbeleuchteten Schummerung mit einer Opazität von 8 %.
- Multiplikation der Böschungsschummerung mit einer Opazität von 45 %.
- Multiplikation der Landbedeckungsklasse „Krummholz“ mit einer Opazität von 40%.
- Multiplikation aller weiteren Landbedeckungsklassen mit einer Opazität von 50 %.

Dieses Dokument wird nun als *PNG*-Rasterbild mit einer Auflösung von 1200 *dots per inch (dpi)* exportiert. **Abbildung 31** zeigt einen Ausschnitt davon in reduzierter Auflösung.



Abbildung 31 - Ausschnitt der Geländedarstellung (nicht maßstabsgerecht) - Quelle: OGD in Niederösterreich 2016, GIS Steiermark 2016 und Geofabrik 2016; eigene Bearbeitung und Darstellung

8.4.2 Karteninhalt

In einem weiteren Dokument wird dieser Export nun mit den *PDFs* der einzelnen Klassen verschmolzen. Nachdem es hier grundsätzlich zu überprüfen gilt, ob die Datenübertragung auf diese Software-Plattform Mängel hervorruft, werden auch noch für Gewässer und Verkehrswege Linienunterbrechungen für gewisse Klassen definiert. Einige Klassen der Verkehrswege werden dupliziert und in zwei Farben dargestellt (siehe **Kapitel 8.5**). Hier ist besonders auf die korrekte Hierarchie der einzelnen Ebenen zu achten. Für die Höhenlinien ist in steilen Abschnitten zu überprüfen, ob es nötig ist einen Scharungersatz anzuwenden. Für einige Bereiche ist dies der Fall. Sind diese Schritte absolviert, so kann sich der Hauptaufgabe dieses Arbeitsschrittes gewidmet werden. Es handelt sich hierbei um die Integration des Namengutes. Es ist darauf zu achten, dass jede Klasse des Namengutes einen eigenen, identifizierbaren Charakter erhält. Zudem sollen höherrangige Objekte präsenter dargestellt werden. Nach der definitiven Platzierung sämtlichen Namengutes müssen Teile dieses von gleichfarbigen, darunterliegenden Objekten freigestellt werden. Für das vorliegende Projekt handelt es sich hierbei ausschließlich um schwarze Elemente.

Nun kann dieses Dokument ebenfalls als *PNG*-Rasterbild mit einer Auflösung von 1200 *dpi* exportiert werden. **Abbildung 32** zeigt einen Ausschnitt.

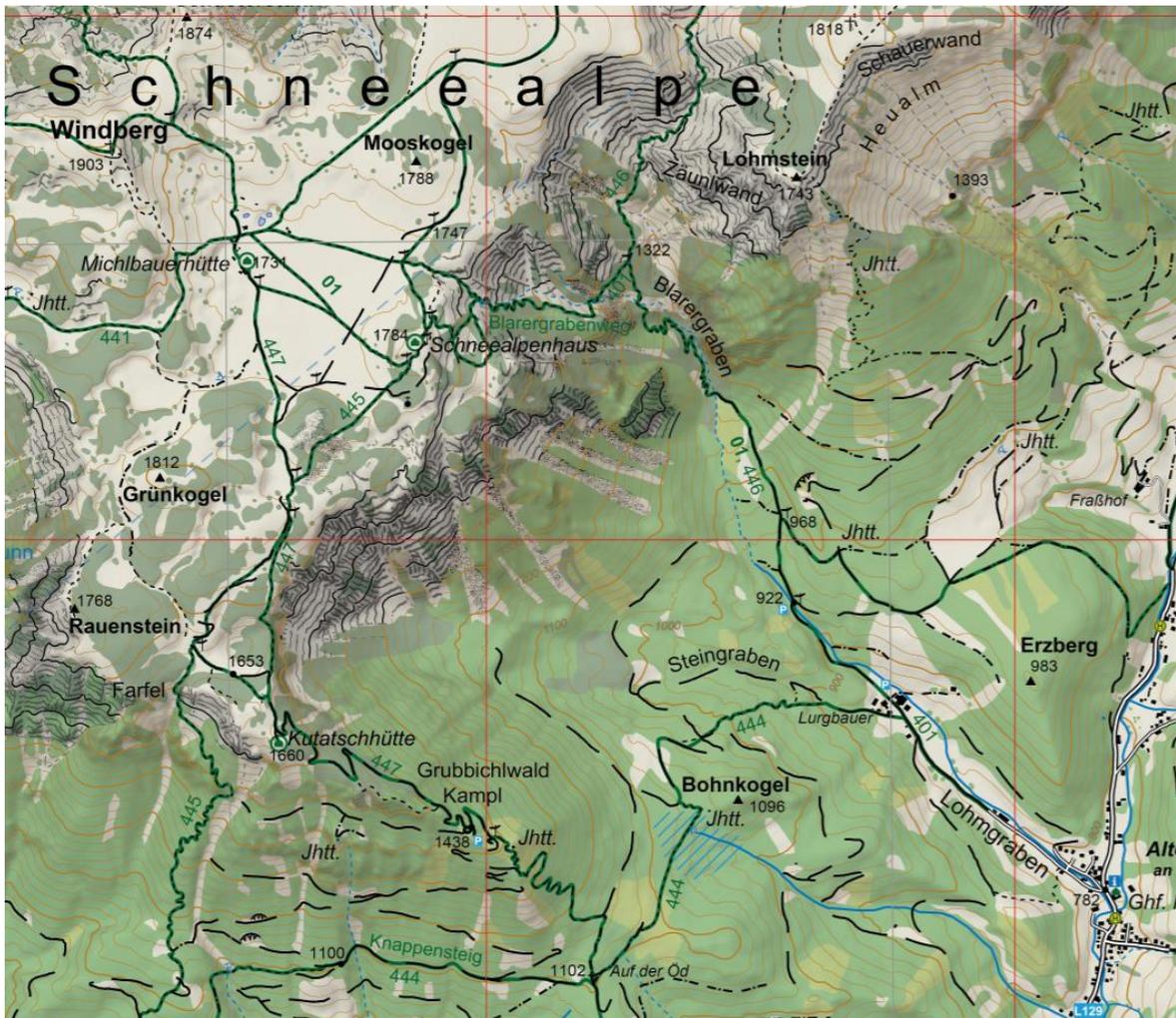


Abbildung 32 - Ausschnitt des Karteninhaltes (nicht maßstabsgerecht) - Quelle: *OGD in Niederösterreich 2016, GIS Steiermark 2016 und Geofabrik 2016*; eigene Bearbeitung und Darstellung

8.4.3 Kartenrandausstattung und gesamte Karte

Ein letztes Dokument fügt nun das Kartenfeld mit Kartenrahmen in die Gesamtkarte ein. Nach der Platzierung von Kartenfeld mit Kartenrahmen wird als letzter Schritt die Kartenrandausstattung angefertigt. Dieses Dokument wird ebenfalls als *PNG*-Rasterbild mit einer Auflösung von 1200 *dpi* exportiert. Die fertige Karte im Maßstab 1:25.000 befindet sich in maßstabsgetreu ausgedruckter Form auf der Innenseite des Rückdeckels dieser Arbeit.

8.5 Die Zeichenerklärung

In diesem Abschnitt sollen die Legendenelemente ausführlich vorgestellt werden. Die Abfolge entspricht der Darstellung in der Originalkarte (von oben nach unten).

Legendenelement	Darstellung
<u>Namengut</u>	
<u>Bergnamen</u>	
Hauptgipfel	Windberg
Berggipfel	Lohmstein
<u>Orte</u>	
Markt mit Zusatz	Neuberg an der Mürz
Dorf mit Zusatz	<i>Altenberg an der Rax</i>
Siedlung / Gehöft	<i>Fraßhof</i>
Region	I m T i r o l
Bergrücken / Alm / Wald	Ebenwald
Hütte	<i>Schneeralpenhaus</i>
Breites Tal	Karlgraben
Enges Tal	Lachalpengraben
Brücke	Riesbrücke
Sehenswürdigkeit	<i>Stift</i>
<u>Wanderwege</u>	
Weitwanderweg	01 E4
Wanderweg	442
<u>Gewässer</u>	
Fluss	Mürz
Bach	Kalte Mürz

Legendenelement	Darstellung
Einzelobjekte	
Berghütte	
Landgasthof	
Sonstiges Gebäude	
Denkmal	
Post	
Bushaltestelle	
Parkplatz	
Information	
Steinbruch/ Hanganriss	
Höhle	
Wegweiser	
Kirche	
Kapelle	
Friedhof	
Geländeinformation	
Felszeichnung	
Schuttgraben	
Höhenschichtlinie 100 m Äquidistanz	
Höhenschichtlinie 20 m Äquidistanz	
Berggipfel	
Berggipfel mit Gipfelkreuz	
Sattel	
Senke	
Weiterer Höhenpunkt	

Legendenelement	Darstellung
Verkehrswege	
Landesstraße mit Nummer Höherrangige Straße vom Land verwaltet	
Ortsstraße breit mit Nummer Hauptstraße in geschlossenen Ortschaften	
Ortsstraße schmal Nebenstraße in geschlossene Ortschaften	
Straße einspurig Straße ohne Mittelmarkierung	
Schotterpiste Unbefestigte Straße, Zufahrt oft nur mit Berechtigung	
Karrenweg Unbefestigter Fahrweg, Zufahrt meist nur mit Berechtigung	
Fußweg breit Breiter Weg, meist recht ebenes Terrain	
Fußweg schmal Schmaler Pfad, meist auf steilen Passagen	
Fußweg schmal aufgelassen Nicht mehr gepflegter Fußweg	
Wanderweg Speziell für Wanderer beschilderte Routen	
Gewässer	
See	
Fluss > 20 m breit	
Schotterbett breit	
1. Wr. Hochquellenleitung	

Legendenelement	Darstellung
Bach perennierend	
Bach temporär Wasser führend	
Bachbett Schotter	
Quelle	
Reservoir	- Res.
Schleuse	
Wehr	

Vegetation

Krummholz (Latschen)	
Wald (Laub- und Nadelbäume)	
Gebüsch	
Wiese	
Sumpf	

Grenzen

Landesgrenze	
--------------	--------------------------------------------------------------------------------------

8.6 Statistische Auswertungen

Neben der Karte als Hauptaugenmerk wurden zusätzlich noch einige Randnotizen festgehalten, welche in den folgenden beiden Abschnitten erläutert werden.

8.6.1 Güte der Höhendaten

Um die Güte der 10 m Laserscans der Länder Steiermark und Niederösterreich sowie die *ASTER*-Daten nicht nur subjektiv zu bewerten, sondern auch statistisch zu quantifizieren, wurden die photogrammetrisch erhobenen Höhenpunkte der amtlichen Karte für die Region Schneealpe mit den entsprechenden Höhenwerten im jeweiligen Höhenmodell mittels des *Statistical Package for the Social Sciences (SPSS)* in Version 17 verglichen. Um orts- oder referenzierungsspezifische Fehler auszuschließen, wurde dasselbe Vorgehen in einem neuen Untersuchungsgebiet in der Arlberg-Region wiederholt.

8.6.1.1 Region Schneevalpe

Im Untersuchungsgebiet wurden vier verschiedene Typen an Höhenpunkten festgehalten. Diese sind „Bergspitze“, „Bergspitze mit Gipfelkreuz“, „POI“ und „Wegweiser“. Für die Laserscans wurden 102, für die *ASTER*-Daten 97 und für die photogrammetrischen Daten 82 Punkte erhoben. Für die paarweisen statistischen Auswertungen wurden die in beiden Datensätzen vorhandenen Höhenpunkte zur Analyse herangezogen. Für das Paar *ÖK50* - 10 m *DGM* ergeben sich 82 Höhenpunkte, für das Paar *ÖK50* - 30 m *DGM* ergeben sich 79 Höhenpunkte und für das Paar 10 m *DGM* - 30 m *DGM* ergeben sich 97 Höhenpunkte. Für die abweichenden Anzahlen gibt es zwei Gründe. Einerseits wurden für die Karte mittels des 10 m Laserscans mehr Höhenpunkte erhoben als in der *ÖK50* verfügbar sind, andererseits konnten im 30 m *DGM* aufgrund der geringen Auflösung nicht alle Punkte aus *ÖK50* und 10 m Laserscan eindeutig identifiziert werden, ohne zu große und offensichtliche Abweichungen in Kauf zu nehmen.

Um festzustellen, ob zwischen den Datensätzen ein linearer Zusammenhang besteht, wurde zunächst der Korrelationskoeffizient nach Pearson berechnet (siehe **Tabelle 10**).

Tabelle 10 - Korrelation nach Pearson für die Höhenpunkte der Schneevalpe - Quelle: eigene Erhebung und Darstellung

		<i>ÖK50</i>	10 m <i>DGM</i>	30 m <i>DGM</i>
<i>ÖK50</i>	Korrelation nach Pearson	1	1,000*	0,999*
	Signifikanz (2-seitig)		0,000	0,000
	N	82	82	79
10 m <i>DGM</i>	Korrelation nach Pearson	1,000*	1	1,000*
	Signifikanz (2-seitig)	0,000		0,000
	N	82	102	97
30 m <i>DGM</i>	Korrelation nach Pearson	0,999*	0,999*	1
	Signifikanz (2-seitig)	0,000	0,000	
	N	79	97	97

* Die Korrelation ist auf dem Niveau von 0,01 (2-seitig) signifikant.

Für alle drei Datensätze stellen die jeweiligen Paarungen in beide Richtungen einen positiv linearen Zusammenhang dar. Im Falle der Paarung *ÖK50* - 10 m *DGM* ist sogar ein vollständig positiver linearer Zusammenhang gegeben. Somit kann in einem weiteren Schritt mittels *Kolmogorov-Smirnov-Test* geprüft werden, ob eine Normalverteilung vorliegt (siehe **Tabelle 11**).

Tabelle 11 - Kolmogorov-Smirnov-Test auf Normalverteilung für die Höhenpunkte der Schneeralpe - Quelle: eigene Erhebung und Darstellung

		ÖK50	10 m DGM	30 m DGM
N		82	102	97
Parameter der Normalverteilung*, **	Mittelwert	1314,39	1324,69	1324,73
	Standardabweichung	359,110	350,919	354,996
Extremste Differenzen	Absolut	0,087	0,090	0,099
	Positiv	0,087	0,090	0,099
	Negativ	-0,087	-0,087	-0,092
Kolmogorov-Smirnov-Z		0,787	0,910	0,979
Asymptotische Signifikanz (2-seitig)		0,566	0,379	0,293

Die Ergebnisse zeigen für keinen der drei Datensätze eine Signifikanz auf 5 % Niveau, somit kann von einer Normalverteilung ausgegangen werden. In einem weiteren Schritt wird nun mit Hilfe des Bartlett-Tests auf Sphärität geprüft, ob die Stichproben identisch sind (siehe **Tabelle 12**).

Tabelle 12 - Bartlett-Test auf Sphärität für die Höhenpunkte der Schneeralpe - Quelle: eigene Erhebung und Darstellung

Maß der Stichprobeneignung nach Kaiser-Meyer-Olkin.		0,738
Bartlett-Test auf Sphärität	Ungefähres Chi-Quadrat	1295,117
	df	3
	Signifikanz nach Bartlett	0,000

Mit einer Signifikanz von 0 kann die Alternativhypothese angenommen werden und davon ausgegangen werden, dass die Stichproben nicht identisch sind. Nach Absolvieren dieser Tests sind sämtliche Grundvoraussetzungen für eine Regressionsanalyse gegeben.

Zunächst soll eine Regressionsanalyse mit den photogrammetrischen Daten als unabhängige Variable und den Laserscan-Daten als abhängige Variable durchgeführt werden. **Tabelle 13** zeigt anhand der Signifikanz von R^2 , dass die Ergebnisse des Tests gültig sind.

Tabelle 13 - Validitätsprüfung der Regressionsanalyse für die 10 m DGM und ÖK50 Höhenpunkte der Schneeralpe - Quelle: eigene Erhebung und Darstellung

Modellzusammenfassung**				
Modell	R	R-Quadrat	Korrigiertes R-Quadrat	Standardfehler des Schätzers
1	1,000*	1,000	1,000	1,842

* Einflussvariablen : (Konstante), ÖK50

** Abhängige Variable: 10 m DGM

Aus **Tabelle 14** ergibt sich folgende Regressionsgerade:

- $F(x) = m \cdot x + c$ (wobei m = Steigung der Gerade und c = Achsenabschnitt)
- $F(x) = 1,001 x - 1,373$

Die Einheit der gesamten Gleichung ist entsprechend der abgelesenen Höhenwerte Meter [m].

Tabelle 14 - Regressionskoeffizienten der Regressionsanalyse für die 10 m DGM und ÖK50 Höhenpunkte der Schneevalpe - Quelle: eigene Erhebung und Darstellung

Koeffizienten*							
Modell	Nicht standardisierte Koeffizienten		Standardisierte Koeffizienten	T	Sig.	95,0% Konfidenzintervalle für B	
	Regr.-koeff.B	Standardfehler	Beta			Untergrenze	Obergrenze
Konstante	-1,373	0,776		-1,769	0,081	-2,917	0,172
ÖK50	1,001	0,001	1,000	1755,826	0,000	0,999	1,002

* Abhängige Variable: 10 m DGM

Mit einer statistischen Abweichung der Werte des Laserscans von -1,373 m in Bezug auf die photogrammetrisch erhobenen Werte lässt sich festhalten, dass die Qualität des Laserscans für eine topographische Karte im Maßstab 1:25.000 durchaus zufriedenstellend ist, zumal die photogrammetrischen Höhenwerte ebenfalls, abhängig vom Aufnahmedatum der Werte, mit einem Fehler von bis zu 1 m behaftet sein können (siehe **Kapitel 5.2.2.1.2**).

Für die Gegenüberstellung der photogrammetrischen Daten und der ASTER-Daten ergibt sich ein R^2 von 0,998. Als Regressionsgerade ergibt sich (siehe auch **Tabellen 22** und **23** im Anhang):

- $F(x) = 0,983 x + 20,811$

Dies bedeutet, dass die ASTER-Höhenwerte einen Höhenfehler von durchschnittlich etwa +21 m aufweisen. Dies ist für eine Schummerung oder Höhenschichtlinien einer topographischen Spezialkarte und im Besonderen für einzelne Höhenwerte nicht akzeptabel. ASTER-Daten eignen sich somit bestenfalls als Grundlage für eine Schummerung oder Höhenschichtlinien einer topographischen Übersichtskarte.

Für die Gegenüberstellung des Laserscans und der ASTER-Daten ergibt sich ein R^2 von ebenfalls 0,998. Als Regressionsgerade ergibt sich (siehe auch **Tabellen 24** und **25** im Anhang):

- $F(x) = 0,986 x + 18,545$

Dieses Ergebnis liegt nach vorangegangener Gegenüberstellung von ÖK50- und ASTER-Daten im Rahmen des Erwartbaren und birgt mehr oder minder selbige Interpretation.

8.6.1.2 Region Arlberg

Aufgrund dessen, dass die Regressionsgerade für die Daten ÖK50 – 10 m DGM der Schneevalpe aussagt, dass die Werte in einem durchschnittlich 1.400 m hoch gelegenen Untersuchungsgebiet

für beide Datensätze gleich sein sollten, wurde bei der Wahl des Referenzgebietes besonders darauf geachtet, dass dieses möglichst viele Gebiete in hochalpinen Lagen abdeckt, wohingegen das Untersuchungsgebiet Schneealpe sich über Bereiche von 730 bis 1.903 m Seehöhe erstreckt und die höheren Lagen geringe Fläche aufweisen.

Die Tests auf Zulässigkeit einer Regressionsanalyse kamen hierbei auf dasselbe Ergebnis. Als Regressionsgeraden ergeben sich (siehe **Tabellen 26 - 34** im Anhang):

- ÖK50 - 10 m DGM: $F(x) = 0,998 x + 3,955$
- ÖK50 - 30 m DGM: $F(x) = 0,973 x + 53,689$
- 10 m DGM - 30 m DGM: $F(x) = 0,975 x - 49,570$

Wenngleich das Ergebnis für den 10 m Laserscan etwas schlechter ist, so bewegt sich dieses noch immer in einem akzeptablen Rahmen. Die Regressionskonstanten der *ASTER*-Daten hingegen sind im Vergleich zur Schneealpe nochmals deutlich schlechter und nun fast unbrauchbar. Über die Gründe einer schlechteren Übereinstimmung im zweiten Untersuchungsgebiet lässt sich lediglich mutmaßen. Ein entscheidender Faktor könnte das deutlich steilere und zerklüftete Relief sein. Je komplexer ein Untersuchungsgebiet ist, desto höher sollte die Auflösung der Aufnahmegерäte sein, um ein akzeptables Ergebnis zu erhalten. Ebenfalls nicht zu vergessen, ist die Fehlerspannweite des Bearbeiters. In komplexeren Gebieten stellt es sich durchaus als anspruchsvoller heraus, die vermeintlich korrekten Rasterzellen mit den entsprechenden Höhenwerten herauszufiltern.

8.6.2 Zeitaufwand für die Kartenherstellung

Tabelle 15 zeigt eine Kalkulation der aufgewendeten Arbeitszeit für die Erstellung der topographischen Karten im Maßstab 1:25.000.

Tabelle 15 - Aufgewendete Zeit für die Erstellung der topographischen Karte 1:25.000 - Quelle: eigene Erhebung und Darstellung

Verwendete Software	Arbeitsschritt	Teilschritt	Zeitaufwand in Stunden			
ArcGIS	Datengenerierung	Derivate des DGM	3	1	2	
		Maske Felszeichnung				
	Datenaufbereitung	Straßennetz	305	196	30	66
		Gewässernetz				
		Landbedeckung				
		Höhenschichtlinien				
		Sonstige Daten				
	Geländearbeit	Beseitigung Unklarheiten	30	30		
	Übertragung der Geländearbeit		21	21		
	Endkontrolle	Straßennetz	30	29	1	
		Gewässernetz				
Aufbereitung Export	Gewässer- und Straßennetz	5	5			
Datentransport	Aus ArcGIS	20	6	14		
	In Adobe Illustrator					
Adobe Illustrator	Datenaufbereitung	Straßennetz	53	15	15	
		Gewässernetz				
		Punktdaten				
		Schummerung				
		Felszeichnung				
		Sonstige Korrekturen				
	Datengenerierung	Namengut	135	53	23	4
		Symbole				
		Freistellung Namengut				
		Felszeichnung				
		Legende				
	Endkontrolle	Karteninhalt	29	15	14	
		Legende				
	Datentransport	Aus Adobe Illustrator	0			
SPSS*	Vergleich von Höhenkoten	Erhebung relevanter Punkte	23	23	9	
		Statistische Auswertung				
	sonstige Verwaltung	Überführung Geodatabase	2	2	2	
	Summe				465	

* SPSS = Statistical Package for the Social Sciences

Somit ergibt sich für den reinen Herstellungsprozess der Karten eine Gesamtarbeitszeit von 465 Stunden. Rechnet man mit etwa 20 Arbeitstagen je Monat, so kommt man bei einem achtstündigen Arbeitstag auf eine Gesamtarbeitsdauer von knapp drei Monaten. Durch routiniertere Handlungsabläufe ist hier mit Sicherheit noch ein hohes Einsparungspotenzial bis auf etwa die Hälfte der Arbeitszeit möglich.

8.6.3 Flächenanteil der Landbedeckung des Kartenfensters

Tabelle 16 zeigt die Verteilung der Landbedeckung im Untersuchungsgebiet. Deutlich erkennbar ist die Dominanz von Waldflächen.

Tabelle 16 – Landbedeckung des Untersuchungsgebietes – Quelle: eigene Erhebung und Darstellung

Landbedeckungsklasse	Fläche in ha	Anteil in % an Gesamtfläche
Wald	5861.96	58.12
Wiese	2130.37	21.12
Krummholz	961.49	9.53
Fels	530.88	5.26
Gebüsch	321.55	3.19
Schutt	142.31	1.41
Siedlungsgebiet	107.29	1.06
Sumpf*	28.44	0.28
Friedhof	0.65	0.01
See	0.2	0.00
Gesamtfläche	10085.14	100.00

* Sumpfflächen überlagern andere Klassen

9 Ergebnisse und Diskussion

Dieses Kapitel soll zunächst die erstellten Karten und Kartenausschnitte vorstellen und analysieren. In einem weiteren Schritt sollen die Ergebnisse des praktischen Teils eindeutig anhand unterschiedlicher Gesichtspunkte bewertet werden und Empfehlungen zur Auswahl von Höhen- und Daten für unterschiedliche Maßstäbe in Regionen unterschiedlicher Datendichte abgegeben werden. Des Weiteren sollen die zu Beginn der Arbeit aufgestellten Forschungsfragen beantwortet werden.

9.1 Die Karte 1:25.000 mit 10 m Höhendaten

In **Kapitel 8.4.3** wurde die Hauptkarte bereits kurz vorgestellt. Die Laserscans der Bundesländer ermöglichen eine realistische und exakte Darstellung des Geländes, ohne die übrigen Karteninformationen zu stark zu beeinträchtigen. Für die Erstellung einer automatisierten Felszeichnung erwies sich die Genauigkeit der Scans als ausreichend. Die Daten von *OSM* konnten durch einen angemessenen Arbeitsaufwand am Computer und im Feld überarbeitet und ergänzt werden. An dieser Stelle kann somit als Zwischenresümee festgehalten werden, dass die Forschungsfrage positiv beantwortet werden kann. Mit Hilfe der zur Verfügung stehenden Daten ist es gelungen eine durchaus ausgewogene und den Grundsätzen der kartographischen Gestaltung entsprechende Karte zu erstellen. Das folgende Unterkapitel soll nun klären, ob gegebenenfalls auch auf einen hochauflösenden Laserscan verzichtet werden kann.

9.2 Die Karte 1:25.000 mit 30 m Höhendaten

In **Kapitel 8.1.1** wurde eine Verwendung der *ASTER*- und *SRTM*-Daten aufgrund zu niedriger Qualität ausgeschlossen. Um diese Annahme im gesamten Kartenbild zu verifizieren, wurden nun nicht nur aus den Laserscan-Daten, sondern auch aus den gegebenen *ASTER*- und *SRTM*-Daten Schummerungen sowie Höhenlinien mit einer Äquidistanz von 20 m generiert. Diese Daten wurden, mit den gleichen Parametern wie die Daten des Laserscans, in das Kartenfenster eingefügt (die *ASTER*-Schummerungen sind dunkler und verpixelter als die übrigen, daher wurden hier die Transparenz und der Pixelradius für den Weichzeichner höher eingestellt) und mit gleicher Auflösung als *PNG*-Rasterbild exportiert (siehe **Abbildungen 33** und **34**).

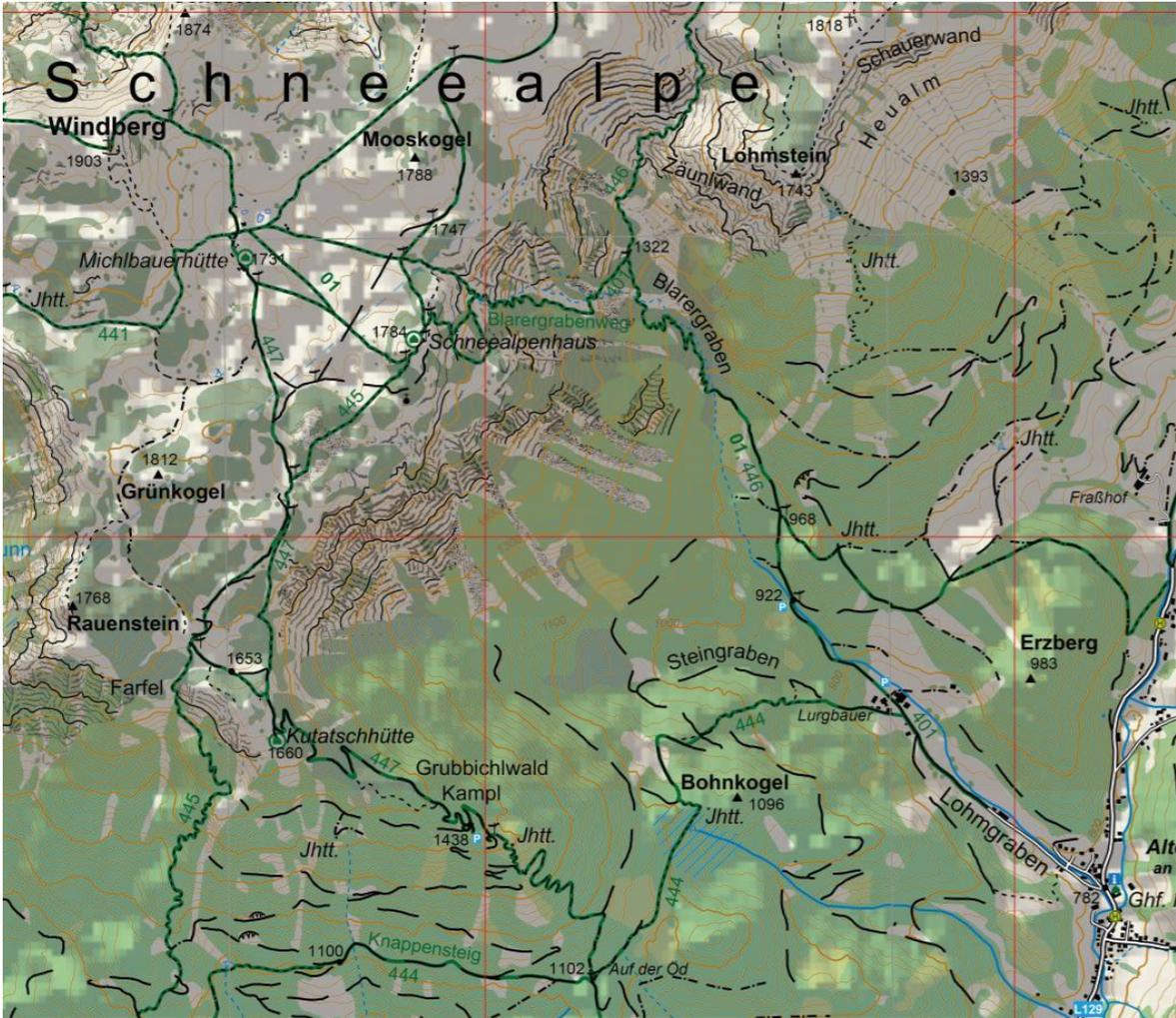


Abbildung 33 - Ausschnitt des Karteninhaltes mit ASTER-Daten (nicht maßstabsgerecht) - Quelle: OGD in Niederösterreich 2016, GIS Steiermark 2016, Earthexplorer 2016 und Geofabrik 2016; eigene Bearbeitung und Darstellung

Die Höhenlinien wurden hier, im Gegensatz zur Originalkarte, im Fels nicht ausgespart, um Abweichungen zu verdeutlichen. Unangenehm fällt sofort die Schummerung der ASTER-Daten auf. Die Kontraste sind viel zu stark schwankend zwischen sehr hell und sehr dunkel und auch das Muster des Reliefs wirkt sehr zufällig und künstlich. Dies fällt besonders deutlich unterhalb des Schriftzuges „Schneealpe“ auf. Eine unruhige Struktur in der ASTER-Schummerung ist auch mit Weichzeichnungsfilter nur bedingt optimierbar. Die Hell-Dunkel-Kontraste in der Schummerung sind fehl am Platz und machen das Bild unruhig. Nicht akzeptabel ist ebenso ein fast allgegenwärtiger, deutlicher Versatz im Vergleich zu den Höhenlinien der anderen beiden Quellen (siehe beispielsweise den Bereich zwischen Blarergraben, Zäunlwand und Lohnstein auf **Abbildungen 32 - 34**). Die Schummerung der SRTM-Daten wirkt, abgesehen von der teils zu starken Schattierung auf ebenen Flächen (siehe Hochplateau auf **Abbildung 34**), recht stimmig. Die suggerierten Reliefinformationen werden anschaulich dargestellt und stimmen auch topographisch mit den Höhenpunkten überein. Grundsätzlich zu beachten ist bei der Verwendung von unterschiedlichen Höhendaten die Variabilität der Kontraste, welche sich unmittelbar auf die Farbeindrücke auswirkt. So werden die gleichen Farbwerte bei einer ähnlichen Geländedarstellung mit Laser-



Abbildung 34 - Ausschnitt des Karteninhaltes mit SRTM-Daten (nicht maßstabsgerecht) - Quelle: OGD in Niederösterreich 2016, GIS Steiermark 2016, Earthexplorer 2016 und Geofabrik 2016; eigene Bearbeitung und Darstellung

scans und *SRTM*-Daten dennoch deutlich anders wiedergegeben. Die Höhenlinien weisen weniger Details auf als jene des Laserscans auf. Die grundsätzlichen Höheninformationen treffen die tatsächlichen jedoch recht gut. Zudem passen diese Höhenlinien, ohne Aufbereitung bereits recht gut zum Gewässernetz, welches ausschließlich anhand des 10 m Laserscans digitalisiert wurde. Somit ist hier die Qualität bereits soweit ausreichend, so dass ein Kartograph subjektiv entscheiden kann eine solche Höhenliniendarstellung mit weniger Details zu präferieren, ohne dadurch ein weniger professionelles Produkt zu erstellen. Ein weiteres Plus hierbei ist der sehr geringe Überarbeitungsaufwand sowie der Preis und die Datenkonsistenz aufgrund der weltweit kostenlosen Verfügbarkeit.

Falls in einem Untersuchungsgebiet keine höher aufgelösten Daten zur Verfügung stehen, ist es also durchaus sinnvoll auf *SRTM*-Daten zurückzugreifen. Von *ASTER*-Daten ist aufgrund mangelnder Genauigkeit und dem Ausschluss einer kommerziellen Nutzung abzuraten.

9.3 Generalisierung auf die Maßstäbe 1:50.000 und 1:200.000

In einem weiteren Schritt soll nun herausgefunden werden, ob die 30 m-Daten besser, beziehungsweise generell für einen kleineren Maßstab geeignet sind. Zudem gilt es herauszufinden, ob die 10 m-Daten für Karten mit geringerem Detailgrad zu stark strukturiert sind.

9.3.1 Maßstab 1:50.000

Da es lediglich darum geht, die zuvor genannten Fragen zu klären und keine weiteren vollwertigen Karten angestrebt sind, werden für die Generalisierung auf den Maßstab 1:50.000 lediglich zwei repräsentative Testgebiete zur weiteren Bearbeitung ausgewählt. Dies soll den Arbeitsaufwand in Grenzen halten. Testgebiet 1 zeigt hauptsächlich den Markt Neuberg an der Mürz, um den Siedlungsraum zu evaluieren. Testgebiet 2 stellt einen Teil des Hochplateaus sowie einige Steilhänge mit blankem Fels dar. In diesem Testgebiet soll vor allem die Genauigkeit der Höheninformationen überprüft werden.

Diese Testgebiete wurden nun nach den allgemeinen Regeln der Generalisierung (siehe **Kapitel 3.3**) mittels Adobe Illustrator auf eine adäquate Informationsdichte reduziert. **Abbildungen 35** und **38** zeigen die beiden Testgebiete mit den Laserscan-Daten. Hier wurden hauptsächlich die Schriftgrößen des Namengutes angepasst sowie kleinere Gebäude entfernt und die verbleibenden vereinfacht und vergrößert. Hier gilt ebenso wie für die Karte 1:25.000, dass die Daten die Geländeinformationen angemessen repräsentieren. Der Detailgrad ist hier keinesfalls zu groß für den Maßstab.

Abbildungen 36 und **39** zeigen die Testgebiete mit den *ASTER*-Höhendaten. Hier treten selbige Probleme wie für die Karte 1:25.000 auf. Die Schummerung ist viel zu kontrastreich und verpixelt. Die Höhenschichtlinien liegen hier besonders in den steilen Bereichen (siehe Felszeichnung **Abbildung 39**) deutlich neben jenen des Laserscans. Auch für diesen Maßstab ist eine solch starke Abweichung nicht akzeptabel.

Abbildungen 37 und **40** zeigen die Testgebiete mit den *SRTM*-Höhendaten. Die Qualität der Schummerung weist hier ein akzeptables Niveau auf. Die Geländeinformationen werden recht gut übermittelt, jedoch ist die Schummerung an einigen Stellen verpixelt. Dies tritt besonders an den für die Geländeinterpretation sensiblen Stellen wie Bergrücken oder dem Hochplateau auf. Die Höhenlinien repräsentieren das Gelände gut. Hier wirken die in **Kapitel 9.2** erwähnten Eigenschaften vorteilhaft im Sinne der Geländeinterpretation. In den steileren, felsigen Arealen sind teilweise recht große Abweichungen von den 10 m-Daten zu beobachten. Dies war in Anbetracht der Auflösung der *SRTM*-Daten jedoch nicht anders zu erwarten.

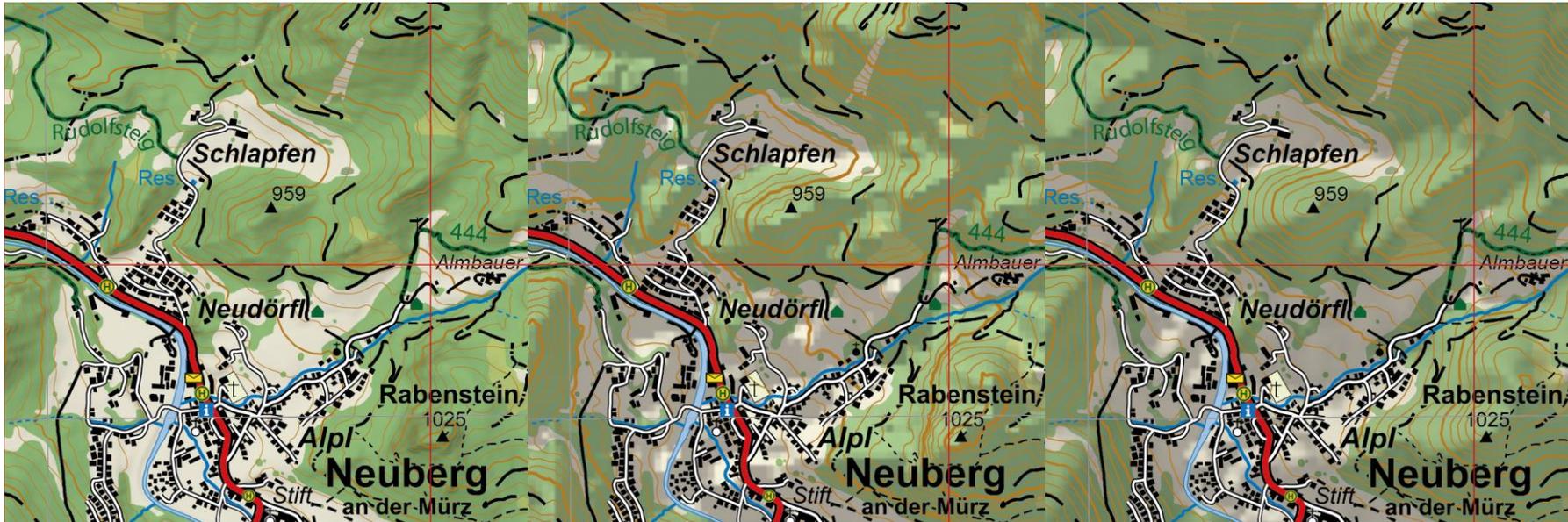


Abbildung 35 - Testgebiet 1 1:50.000 mit Laserscan-Daten (nicht maßstabsgerecht) - Quelle: OGD in Niederösterreich 2016, GIS Steiermark 2016 und Geofabrik 2016; eigene Bearbeitung und Darstellung

Abbildung 36 - Testgebiet 1 1:50.000 mit ASTER-Daten (nicht maßstabsgerecht) - Quelle: OGD in Niederösterreich 2016, GIS Steiermark 2016, Earthexplorer 2016 und Geofabrik 2016; eigene Bearbeitung und Darstellung

Abbildung 37 - Testgebiet 1 1:50.000 mit SRTM-Daten (nicht maßstabsgerecht) - Quelle: OGD in Niederösterreich 2016, GIS Steiermark 2016, Earthexplorer 2016 und Geofabrik 2016; eigene Bearbeitung und Darstellung

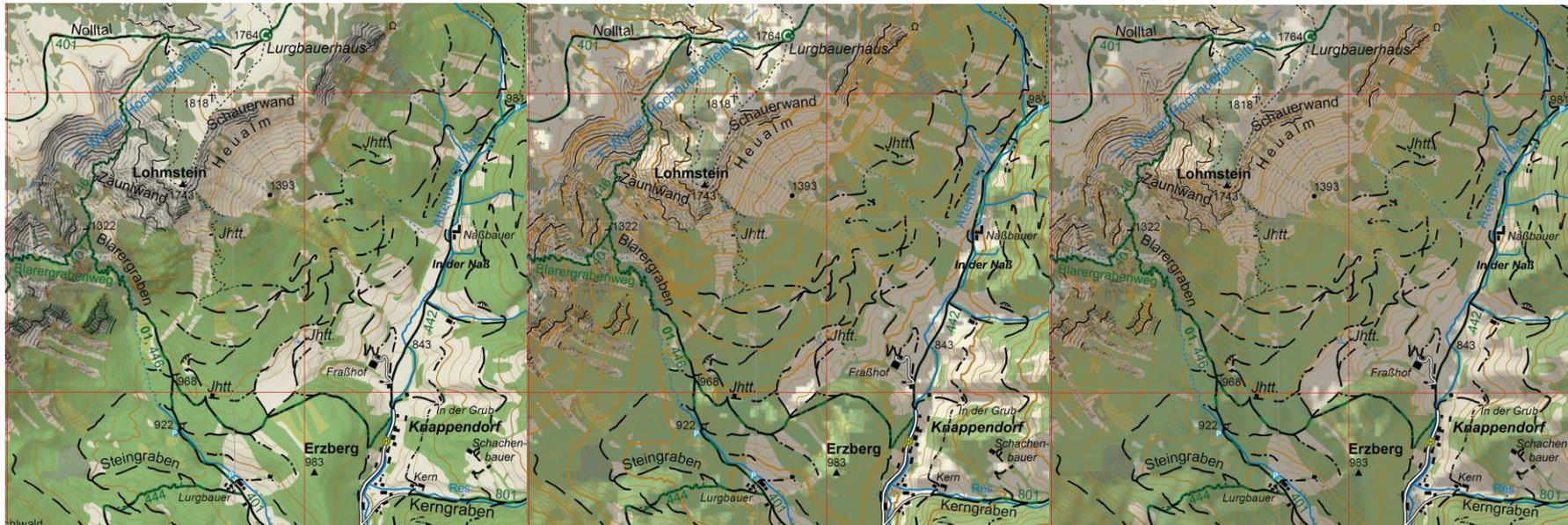


Abbildung 38 - Testgebiet 2 1:50.000 mit Laserscan-Daten (nicht maßstabsgerecht) - Quelle: OGD in Niederösterreich 2016, GIS Steiermark 2016 und Geofabrik 2016; eigene Bearbeitung und Darstellung

Abbildung 39 - Testgebiet 2 1:50.000 mit ASTER-Daten (nicht maßstabsgerecht) - Quelle: OGD in Niederösterreich 2016, GIS Steiermark 2016, Earthexplorer 2016 und Geofabrik 2016; eigene Bearbeitung und Darstellung

Abbildung 40 - Testgebiet 2 1:50.000 mit SRTM-Daten (nicht maßstabsgerecht) - Quelle: OGD in Niederösterreich 2016, GIS Steiermark 2016, Earthexplorer 2016 und Geofabrik 2016; eigene Bearbeitung und Darstellung

9.3.2 Maßstab 1:200.000

In einem weiteren Schritt wurden die drei Versionen der Karte im Maßstab 1:25.000 mittels Adobe Illustrator auf einen Maßstab von 1:200.000 angepasst. **Abbildung 41** zeigt einen Ausschnitt des Untersuchungsgebietes mit den Laserscan-Höhendaten. Deren hohe Informationsdichte sorgt in diesem Maßstabsbereich für einen etwas unruhigen Gesamteindruck. Die wesentlichen Eigenschaften des Reliefs kommen jedoch ausreichend zur Geltung.

Die *ASTER*-Höhendaten (siehe **Abbildung 42**) sind für diesen Maßstabsbereich bereits deutlich besser geeignet. Jedoch wirkt das Gesamtbild noch immer unruhig aufgrund der durch starke Kontraste suggerierten, aber nicht vorhandenen, kleinräumigen Höhenschwankungen (erneut besonders deutlich auf dem Plateau zu erkennen) sowie der Linienführung der Höhenlinien. Fehler im Höhenlinien-Datensatz, welche besonders bei Höhenkoten problematisch sind, sind für diese Maßstabsbereiche zwar recht gut korrigierbar, jedoch weisen die Höhenlinien generell eine unruhige Struktur auf, welche als störend wahrgenommen werden kann.

Die *SRTM*-Daten (siehe **Abbildung 43**) sind für eine Darstellung im Maßstab 1:200.000 optimal bezüglich der Schummerung. Die Plastik des Geländes kommt bei diesem Maßstab noch besser heraus als bei der Schummerung des Laserscans. Die generalisierte, aber dennoch recht präzise und korrekte Erscheinung der Höhenlinien ist für diesen Maßstab ebenfalls gut geeignet. Die Höhenlinien sind somit ausreichend detailgetreu und die optische Erscheinung ist stimmig, ohne zu viele unübersichtliche Details zu geben.



Abbildung 41 - Ausschnitt Untersuchungsgebiet 1:200.000 mit Laserscan-Daten (nicht maßstabsgerecht) - Quelle: OGD in Niederösterreich 2016, GIS Steiermark 2016 und Geofabrik 2016; eigene Bearbeitung und Darstellung



Abbildung 42 - Ausschnitt Untersuchungsgebiet 1:200.000 mit ASTER-Daten (nicht maßstabsgerecht) - Quelle: OGD in Niederösterreich 2016, GIS Steiermark 2016, Earthexplorer 2016 und Geofabrik 2016; eigene Bearbeitung und Darstellung



Abbildung 43 - Ausschnitt Untersuchungsgebiet 1:200.000 mit SRTM-Daten (nicht maßstabsgerecht) - Quelle: OGD in Niederösterreich 2016, GIS Steiermark 2016, Earthexplorer 2016 und Geofabrik 2016; eigene Bearbeitung und Darstellung

Im Rahmen der Generalisierung wurden weitere 21 Stunden Arbeit aufgewendet. Die Karten 1:200.000 mit dem vollständigen Untersuchungsgebiet sind im Anhang auf **Abbildungen 44 - 46** zu sehen.

9.4 Analyse und Vergleich der Ergebnisse

Zunächst sollen aus den erstellten Karten und Kartenausschnitten die formal optimalen Ergebnisse herausgegriffen werden. Im nächsten Schritt sollen die Ergebnisse in Relation zu den Material- und Personalkosten sowie einer angestrebten globalen Verfügbarkeit betrachtet werden. Im Fokus stehen hier hauptsächlich die Höhendaten. Kartenelemente ohne direkten Höhenbezug können notfalls zumeist mittels Geländebegehungen und anhand von Orthophotos erhoben werden. Zudem sind Situationsdaten für unterschiedliche Regionen auch schwer miteinander zu vergleichen. Diese werden einerseits staatlich erhoben und je nach Bundesland, Provinz, Gemeinde oder anderer Verwaltungsebene werden unterschiedliche Schwerpunkte gesetzt und es gelten unterschiedliche Qualitätsstandards. Im internationalen Kontext sind diese Faktoren verknüpft mit der finanziellen und personellen Lage sowie der Budgetpolitik des betreffenden Staates. Andererseits werden Daten, in einer Form wie dem Konzept von *OSM*, durch die Allgemeinheit gesammelt. Hier variiert die Datendichte und -qualität eines Gebietes stark in Abhängigkeit von der Topographie und der Infrastruktur. Eine starke Überarbeitung und Anpassung an die eigenen Datenstrukturen ist ohnehin unumgänglich.

9.4.1 Qualität der Karten

Für die Maßstäbe 1:25.000 und 1:50.000 gilt es klar festzuhalten, dass Laserscan-Daten mit einer Auflösung von 10 m zweifelsfrei die optimale Lösung darstellen. Für einen Maßstab von 200.000 ist eine solch hohe Auflösung der Höhendaten nicht nötig beziehungsweise kontraproduktiv aufgrund einer zu hohen Datendichte. Ein 30 m-Höhendatensatz genügt hier vollkommen. Hier gilt es allerdings zu beachten, dass die Auflösung noch kein Qualitätskriterium hinsichtlich Richtigkeit und Präzision darstellt. Für den vorliegenden Fall ist generell von *ASTER*-Daten abzuraten, da *SRTM*-Daten bei einer deutlich höheren Qualität aufgrund einer höheren vertikalen Genauigkeit nahezu für die gleichen räumlichen Ausdehnungen verfügbar sind und die *ASTER*-Daten zudem nicht für kommerzielle Zwecke genutzt werden dürfen (siehe **Tabelle 9**).

9.4.2 Ressourcenaufwand

Dass die Situation frei verfügbarer Daten in Österreich ausgezeichnet ist, wurde in **Kapitel 6.9.1** bereits ausführlich dargelegt. Nun gibt es jedoch auch Staaten, welche über ähnliche finanzielle und infrastrukturelle Ressourcen verfügen, erhobene Daten aber nicht zur freien Verfügung erhältlich sind. Beispielsweise erhebt die Bundesrepublik Deutschland für die gesamte Staatsfläche Höhendaten mit mindestens 10 m Auflösung (*Universität Siegen* 2016). Aufgrund der vorliegenden Gesetzgebung werden staatliche Daten allerdings nach wie vor als Staatseigentum gesehen und sind derzeit nicht für die freie Weitergabe vorgesehen (*Netzpolitik.org* 2016). In einem solchem Fall muss abgewogen werden, ob man *SRTM*-Daten unter Qualitätseinbußen auch für Karten mit einem größeren Maßstab als 1:200.000 verwenden möchte, oder ob es erwünscht ist, höher aufgelöste Daten einzukaufen. Für ein gleich großes (etwa 100 km²) Untersuchungsgebiet wie jenes der Schneeanpe in den bayerischen Alpen wären 1.000 € für ein 10 m Höhenmodell zu bezahlen (*Geodatenonline* 2016). Im Vergleich zu Personalkosten von etwa 45.000 €

(bei etwa 450 Stunden Arbeitsaufwand (siehe **Kapitel 8.6.2**) und einem Stundensatz auf Honorar-notenbasis von 100 €) für die Erstellung einer vollständigen topographischen Karte ist dieser finanzielle Mehraufwand von etwas mehr als 2 % durchaus angemessen.

9.4.3 Standortverfügbarkeit

Für Regionen ohne eine Abdeckung mit hochauflösenden Laserscans hat der Nutzer lediglich zwei Optionen. Entweder es ist die Bereitschaft vorhanden Geld zu investieren und selbstständig Laserscans in Auftrag zu geben, oder es wird auf die bestehenden, schlechter aufgelösten Daten zurückgegriffen. Die nahezu globale, unmittelbare und kostenfreie Verfügbarkeit stellt das große Plus von *SRTM*-Daten gegenüber Laserscan-Daten dar. Ohne technischen, organisatorischen und finanziellen Aufwand sind diese Daten homogen für die abgedeckten Gebiete verfügbar. Daher ist es zu empfehlen *SRTM*-Daten bis zum größtmöglichen Maßstabsbereich zu verwenden. Unter qualitativen Einbußen ist es möglich mit *SRTM*-Daten auch noch Karten im Maßstab 1:25.000 zu erzeugen. Allerdings gilt hier zu beachten, dass die Erstellung einer automatisierten Felszeichnung mit diesen Daten problematisch ist. Daher sollte in solch einem Fall eine Felszeichnung entweder von Hand erstellt, zugekauft oder sogar weggelassen werden.

Für Situationsdaten sollte es grundsätzlich möglich sein bis zu einem Maßstabsbereich von 1:100.000 - 1:200.000 ohne zusätzliche Kosten auszukommen. Für größere Maßstäbe muss die jeweilige Region genauer auf Datenverfügbarkeit untersucht werden. Es liegt die Vermutung nahe, dass ein signifikanter Zusammenhang besteht zwischen der Datendichte bei *OSM* und der Qualität und Quantität von amtlich erhobenen Daten eines Staates. Liefern diese Quellen nur unzureichende Daten, so muss die Überlegung angestellt werden, ob die Kartierung für bestimmte Maßstabsbereiche noch sinnvoll ist. Falls der Abbruch eines Kartenprojektes außer Frage steht, so muss den Beteiligten klar sein, dass der finanzielle, personelle und logistische Aufwand nicht unerheblich sein wird. Ausnahmen hinsichtlich Datenverfügbarkeit wie beispielsweise den topographischen Karten des Alpenvereins im Himalaya (**ÖAV (B)** 2016) sind zu beachten.

9.5 Bezug zu den Forschungsfragen

Da nun die nötigen Informationen und Erkenntnisse gesammelt sind, um die Hauptfrage sowie die verbleibenden Teilfragen zu klären, wird der folgende Abschnitt der Beantwortung dieser gewidmet.

9.5.1 Beantwortung der Teilfragen

Bevor die Hauptfrage beantwortet wird, sollten die verbleibenden Unklarheiten für einige Teilfragen geklärt werden. Bezüglich der Frage nach dem Ausmaß der Eigenerhebungen (Frage 6) kann im Rahmen dieser Arbeit nur für das Untersuchungsgebiet der Schneeanpe eine konkrete Aussage getroffen werden (siehe **Kapitel 8.2**). Der Aufwand war hier zwar nicht unerheblich, jedoch ist dies mitunter den Anpassungen an die eigene Datenbankstruktur geschuldet. Die Datensätze waren grundsätzlich recht vollständig und konsistent. Probleme, wie beispielsweise zur Gänze fehlende Kartenebenen, traten nicht auf. In schlechter abgedeckten Regionen kann der

Arbeitsaufwand jedoch exponentiell steigen, beispielsweise falls hochauflösende Laserscans erwünscht sind (siehe **Kapitel 9.4.3**).

Hinsichtlich der Durchführbarkeit der Kartenerzeugung (Frage 8) ist ebenfalls keine eindeutige Aussage möglich. Machbar ist mit den nötigen finanziellen Ressourcen grundsätzlich sehr vieles. Fraglich ist dann jedoch, ob die Kosten für diesen Aufwand dann mit den zu erwartenden Gewinnen in Konflikt stehen. Konkret gesagt müsste ein bedeutendes Interesse seitens Sponsoren (beispielsweise Militär oder Firmen zur Ausbeutung von Bodenschätzen) bestehen, um in Regionen mit einer schlechten Datenversorgung vollständig neue Datensätze zu generieren. In dicht besiedelten Industrienationen ist die Wahrscheinlichkeit hoch Kartenmaterial bis zu einem Maßstab von 1:50.000 oder größer mit geringem Kostenaufwand zu produzieren. Je schlechter die Infrastruktur und die politische und finanzielle Lage eines Staates jedoch sind, desto höher ist der zu erwartende Kostenaufwand. Vollständig kostenfreie Daten für seriöses Kartenmaterial sind in solchen Regionen vermutlich bestenfalls bis zu einem Maßstab von maximal 1:200.000 verfügbar.

Die vorausgehenden Annahmen bezüglich einiger Teilfragen (siehe **Kapitel 2.3**) können grundsätzlich bejaht werden. Lediglich die Prognose, dass 30 m-Höhendaten grundsätzlich für einen Maßstab von 1:100.000 und größer zu grob sind, war etwas zu pessimistisch.

9.5.2 Beantwortung der Hauptfrage

Zusammenfassend kann somit als Antwort auf die Hauptfrage ausgesagt werden, dass es in Österreich und vergleichbaren dichter besiedelten Regionen problemlos und mit angemessenem Arbeitsaufwand möglich ist, großmaßstäbige topographische Hochgebirgskarten/ topographische Spezialkarten mit frei verfügbaren Geodaten unter Berücksichtigung kartographischer Standards herzustellen. Unter Einschränkung gilt diese Aussage auch für Staaten, welche ihre bereits erhobenen hoch aufgelösten Höhenmodelle nicht kostenfrei zur Verfügung stellen. Für topographische Karten mit einem Maßstab von 1:50.000 und kleiner genügen bereits die nahezu weltweit verfügbaren *SRTM*-Daten als Quelle für Höheninformationen. Für dünn besiedelte oder schwer zugängliche Regionen und Staaten mit geringen Mitteln für die Erhebung amtlicher Daten muss mit verstärktem Einsatz von Eigenmitteln gerechnet werden.

10 Zukunftsausblick

Nachdem mit vorangegangenem Kapitel die Arbeit mit konkreten Daten abgeschlossen ist, soll in diesem Abschnitt aus den Erkenntnissen eine Prognose für die weitere Entwicklung von *OD* und den daraus resultierenden Konsequenzen für die topographische Kartographie gewagt werden. Im Verlauf dieser Arbeit ist deutlich geworden, dass es heutzutage möglich ist mit wenigen personellen und finanziellen Ressourcen hochwertige topographische Karten herzustellen. Je nach Maßstab, Kartenzweck und Untersuchungsgebiet kann die Qualität des Ergebnisses mitunter jedoch stark schwanken.

10.1 Potenziale und aktuelle Beschränkungen offener Geodaten

Um in der Zukunft in der Lage zu sein, auf globaler Ebene homogene Kartenwerke ohne übermäßige Datenerhebung und –verifizierung herzustellen, ist es nötig, dass Datenportale wie *OSM* ihren Einsatz verstärken die Gemeinschaft für eine weltweite konsistente Datenstruktur zu sensibilisieren. Dies ist ganz eindeutig auch mit einem langen Entwicklungsprozess verbunden. Die Datenverfügbarkeit ist zwar bereits jetzt hoch, dennoch ist ein Vielfaches an Zeit und Personal nötig, um auch Gebiete abseits der Ballungsräume in vergleichbarer Qualität zu erfassen.

Die *OD-/ OGD*-Bewegung birgt die Chance in sich, weltweit gleiche, oder zumindest ähnliche Standards und Gesetzgebungen zu schaffen. Dies wäre auch im Sinne der Nutzer internationaler Daten. Die aktuelle Lage bezüglich *OGD* in Deutschland (*Netzpolitik.org* 2016) zeigt jedoch, dass zu diesem Thema noch viel Aufklärungs- und Lobbyarbeit betrieben werden muss, um die Politik und die Öffentlichkeit von den Vorzügen frei verfügbarer Daten zu überzeugen.

10.2 Voraussichtliche Entwicklungen von Open Data und Open Government Data

Es ist stark anzunehmen, dass die Bemühungen Daten der Bevölkerung bereitzustellen weiter intensiviert werden, da eine Vielzahl an Gründen für die Öffnung von Datenbanken sprechen (siehe **Kapitel 6.1**). Auch wenn die Entwicklungen vielerorts noch am Anfang stehen und auch Schrittmacherstaaten wie Österreich noch Potential zur Verbesserung aufweisen, so zeichnet sich doch der Trend ab, dass der Gedanke von *OD* und *OGD* in Politik und Bevölkerung anzukommen scheint. Sobald sich dieser Umgang mit Daten im Bewusstsein der Menschen etabliert hat, wird eine breite, hochqualitative und homogene Datenverfügbarkeit zur Normalität werden. Wie lange sich dieser Entwicklungsprozess ziehen wird, ist freilich schwer vorherzusehen.

10.3 Entwicklungsmöglichkeiten der Kartographie

Für die Kartographie werden sich vermutlich in Zukunft die Möglichkeiten zu einer unkomplizierten und günstigen Kartenerstellung weiter verbessern. Besonders für klassische Kartenverlage, aber auch für Privatunternehmer bietet sich hier die Möglichkeit auf dem freien Markt auch mit eingeschränkten Ressourcen konkurrieren zu können. Falls es in Zukunft die Entwicklung geben sollte, ähnlich wie mittels *ASTER*- oder *SRTM*-Daten, die Erde in Datensätzen nahezu

vollständig abzudecken, so wird es wesentlich unproblematischer werden staatsübergreifende und konsistente Kartenwerke herzustellen.

Interessant wäre in diesem Zusammenhang auch noch eine Betrachtung internetbasierter kartographischer Anwendungen mit frei verfügbaren Daten. Hier dürften das Potential und das Interesse der Fachwelt mindestens ebenso hoch sein wie in der klassischen Kartographie. Jedoch soll dieses Thema anderen facheinschlägigen Studien überlassen bleiben, um den Fokus nicht zu verlieren und den Rahmen dieser Arbeit nicht zu sprengen. Ebenso bietet der Bereich der Open Source Software-Produkte ein spannendes Feld für weitere Untersuchungen bezüglich kostenschonender kartographischer Erzeugnisse.

Abkürzungsverzeichnis

°	Grad
%	Anteil in Prozent
‰	Anteil in Promille
Äquidist.	Äquidistanz
ALS	Airborne Laserscanning
arcsec	Bogensekunde
ASCII	American Standard Code for Information Interchange (Dateinamenserweiterung: .asc/ .ascii)
ASTER	Advanced Spaceborne Thermal Emission and Reflection Radiometer
BEV	Bundesamt für Eich- und Vermessungswesen
BIL	Band Interleaved by Line (Dateinamenserweiterung: .bil)
Bit	binary digit
BMN	Österreichisches Bundesmeldenetz
Br.	Brunnen
BY	Attribution
CC	Creative Commons
CC0/ PD	Public Domain
CHM	Canopy Height Model
cm	Zentimeter
CSV	Comma Separated Value (Dateinamenserweiterung: .csv)
DAV	Deutscher Alpenverein
DEM	digital Elevation Model
DGM	digitales Geländemodell
DHD	digitale Höhendarstellung
DHM	digitales Höhenmodell
DOM	digitales Oberflächenmodell

DSM	digital surface model
dpi	dots per inch
DTED	Digital Terrain Elevation Data (Dateinamenserweiterung: .dt0/ .dt1/ .dt2)
DTM	digital terrain model
EPSG	European Petroleum Survey Group Geodesy
ESRI	Environmental Systems Research Institute
Excel	Microsoft Excel Tabellenkalkulationsprogramm (Dateinamenserweiterung: .xls)
FAS	Federation of American Scientists
ft	Fuß
FOIA	Freedom of Information Act
Fremdaufn.	Fremdaufnahme
GeoTIFF	Tagged Image File Format mit Georeferenz (Dateinamenserweiterung: .geotiff/ .tiff/ .tif)
GIS	Geoinformationssystem
GNSS	Global Navigation Satellite System
Grid	ESRI-Speicherformat
großmaßst.	großmaßstäbige
ha	Hektar
hPa	Hektopascal
IfGR	Institut für Geographie und Regionalforschung
IMG	Image
IMU	inertial measurement unit
INSAR	Interferometric Synthetic Aperture Radar
INSPIRE	Infrastructure for Spatial Information in the European Community
Jhtt.	Jagdhütte
JPEG	Joint Photographic Experts Group (Dateinamenserweiterung: .jpg/ .jpeg)
km	Kilometer
km ²	Quadratkilometer

Laser	Light amplification by stimulated emission of radiation
LGL BW	Landesamt für Geoinformation und Landesentwicklung Baden-Württemberg
LiDAR	Light Detection And Ranging
LOD	Linked Open Data
LOGD	Linked Open Government Data
m	Meter
mgon	Milligon
MGI	Militärgeographisches Institut
mittelmaßst.	mittelmaßstäbige
MLS	Mobile Laserscanning
mm	Millimeter
mm ²	Quadratmillimeter
m.ü.A.	Meter über Adria
nm	Nanometer
NASA	National Aeronautics and Space Administration
NATO	North Atlantic Treaty Organization
NC	NonCommercial
ND	NoDerivs
Neuaufn.	Neuaufnahme
n. Chr.	nach Christus
OD	Open Data
ÖAV	Österreichischer Alpenverein
ODbL	ODC Open Database License
ODC	Open Data Commons
OECD	Organisation for Economic Co-operation and Development
OG	Open Governement
ÖK	Österreichische Karte
ÖK25	Österreichische Karte im Maßstab 1:25.000

ÖK50	Österreichische Karte im Maßstab 1:50.000
ÖK200	Österreichische Karte im Maßstab 1:200.000
ÖROK	Österreichische Raumordnungskonferenz
OGD	Open Government Data
OSM	Open Street Map
Pixel	Picture Element
PDDL	Public Domain Dedication and License
PDF	Portable Document Format
PNG	Portable Network Graphics (Dateinamenserweiterung: .png)
POI	Point of Interest
RDF	Ressource Description Framework
SA	ShareAlike
SAR	Synthetic Aperture Radar
SPSS	Statistical Package for the Social Sciences
SRTM	Shuttle Radar Topography Mission
SWISSTOPO	Bundesamt für Landestopografie der Schweizerischen Eidgenossenschaft
TanDEM-X	TerraSAR-X-Add-on for Digital Elevation Measurements
TerraSAR-X	deutscher Erdbeobachtungssatellit
TIFF	Tagged Image File Format (Dateinamenserweiterung: .tiff/ .tif)
TIN	Triangulated Irregular Network
TLS	Terrestrial Laserscanning
URI	Uniform Resource Identifier
USB	Universal Serial Bus
USGS	United States Geological Survey
UTM-Projektion	Universale-Transversale-Mercator-Projektion
WKO	Wirtschaftskammer Österreich
WMS	Web Map Service
Wr.	Wiener

Literaturverzeichnis

Druckmedien exclusive topographischer Karten

ABRAMS, M., HOOK, S. & B.RAMACHANDRAN, 2002, *ASTER User Handbook*. - Jet Propulsion Laboratory, California Institute of Technology, Pasadena.

ARNBERGER, E. & I. KRETSCHMER, 1975, *Wesen und Aufgaben der Kartographie - Topographische Karten (Aufnahme; Entwurf Topographischer und Geographischer Karten; Kartenwerke)*. - Verlag Franz Deuticke, *Die Kartographie und ihre Randgebiete - Enzyklopädie Band I*, Wien

BAADE, J., GERTEL, H. & A. SCHLOTTMANN, 2005, *Wissenschaftlich arbeiten - Ein Leitfaden für Studierende der Geographie*. - UTB Haupt Verlag, Bern, Stuttgart & Wien.

BILL, 1996, *Grundlagen der Geo-Informationssysteme – Band 2 Analysen, Anwendungen und neue Entwicklungen*. - Wichmann Verlag, Heidelberg.

BILL, R., 2010, *Grundlagen der Geo-Informationssysteme*. - 5., völlig neu bearbeitete Auflage Wichmann Verlag, Berlin & Offenbach.

BRANDSTÄTTER, L., 1957, *Exakte Schichtlinien und topographische Geländedarstellungen*. - Sonderheft 18 der Österreichischen Zeitschrift für Vermessungswesen, Österreichischer Verein für Vermessungswesen, Wien.

BRANDSTÄTTER, L., 1983, *Gebirgskartographie - Der topographisch-kartographische Weg zur geometrisch intergrierten Gebirgsformendarstellung, erläutert an alpinen Beispielen*. - Verlag Franz Deuticke, *Die Kartographie und ihre Randgebiete - Enzyklopädie Band II*, Wien.

DÖRFLINGER, J., 2004, *Vom Aufstieg der Militärkartographie bis zum Wiener Kongress (1684 bis 1815)*. - In: *Wiener Schriften zur Geographie und Kartographie*, 15, S.75-167.

GLENNIE, C. L., CARTER, W. E., SHRESTHA, R. L. & W. E. Dietrich, 2013, *Geodetic imaging with airborne LiDAR: the Earth's surface revealed*. - In: *IOP Publishing, Reports on Progress in Physics*, 76, S.1-24.

GRÜNWARD, M. & K. KRIZ, 2015, *Rock Depiction - A semi-automated Approach*. - In: *Wiener Schriften zur Geographie und Kartographie*, 21, S.99-104.

HAKE, G. & D. GRÜNREICH, 1994, *Kartographie*. - Walter de Gruyter & Co., 7., völlig neu bearbeitete und erweiterte Auflage, Berlin & New York.

HÖFLE, B. & M. RUTZINGER, 2011. *Topographic airborne LiDAR in geomorphology: A technological perspective*. - In: *Zeitschrift für Geomorphologie*, 55 (2), S.1-29.

GILGEN, J., 2015, *An Evaluation of Swiss-Style Rock Drawing*. - In: *Wiener Schriften zur Geographie und Kartographie*, 21, S.87-98.

IMHOF, E., 1965, *Kartographische Geländedarstellungen*. - Walter de Gruyter & Co., Berlin.

INSPIRE-RICHTLINIE 2007/2/EG, 2007, Richtlinie zur Schaffung einer Geodateninfrastruktur in der Europäischen Gemeinschaft. - Amtsblatt der europäischen Union, L 108/1, online verfügbar unter: <http://eur-lex.europa.eu/legal-content/DE/TXT/PDF/?uri=CELEX:32007L0002&qid=1447148786900&from=EN>; letzter Zugriff am 10.11.2015.

IFGR, 2012, Lehrbehef aus der Lehrveranstaltung Multimedia und Geokommunikation. - Universität Wien, Wien.

JONES, H. G. & R.A. VAUGHAN, 2010, Remote sensing of vegetation. - Oxford University Press, Oxford.

KOHLSTOCK, P., 2010, Kartographie. - UTB Eugen Ulmer KG, 2., überarbeitete Auflage, Paderborn, München, Wien & Zürich.

KOHLSTOCK, P., 2014, Kartographie. - UTB Eugen Ulmer KG, 3., überarbeitete Auflage, Paderborn, München, Wien & Zürich.

KOSTKA, R. & G. MOSER, 2014, Die Kartographie im Alpenverein an der Schwelle zum 21. Jahrhundert. - Weishaupt Verlag, München & Wien.

KRABINA, B. & T. PROROK, 2011, Open Government Vorgehensmodell - Vorschläge zur Umsetzung von Open Government in Österreich. - Version 1.1, Zentrum für Verwaltungsforschung, Wien, online verfügbar unter: <http://kdz.eu/sites/default/files/documents/kdz/news/Open%20Government%20Vorgehensmodell%20KDZ%20V1.1.pdf>; letzter Zugriff am 10.11.2015.

KRAUS, K., 2004, Photogrammetrie Band 1. - Walter de Gruyter & Co., 7., vollständig bearbeitete und erweiterte Auflage, Berlin & New York.

KRETSCHMER, I., 2004, Von der Zweiten Landesaufnahme (1806) bis zur Gegenwart (2004). - In: Wiener Schriften zur Geographie und Kartographie, 15, S.169-289.

KREXHAMMER, A., 2014, Kartographie im Bergsport - Eine anwenderorientierte Analyse der topographischen Hochgebirgskartographie mit besonderer Berücksichtigung der Alpenvereinskarten. - Wien, Institut für Geographie und Regionalforschung der Universität Wien, Masterarbeit.

KRIZ, K., 2015, Alpine Club Mapping - 150 Years of Cartography. - In: Wiener Schriften zur Geographie und Kartographie, 21, S.153-160.

LESER, H., 2005, DIERCKE-Wörterbuch allgemeine Geographie. - Deutscher Taschenbuch Verlag GmbH & Co. KG & Westermann Schulbuchverlag GmbH, 13., völlig überarbeitete Auflage, München & Braunschweig.

LUTZ, B., 2013, Open Government Data - Offene Daten für Österreich - Mit Community-Strategien von heute zum Potential von morgen. - Bundeskanzleramt Österreich / Stadt Wien, online verfügbar unter: https://www.data.gv.at/wp-content/uploads/2012/03/ogd_mit_community-strategien_von_heute_zum_potential_von_morgen_group_alpha_for_publication.pdf; letzter Zugriff am 02.12.2015

MALLET, C. & F. Bretar, 2009, Full-waveform topographic lidar: State-of-the-art. - In: Elsevier, International Society for Photogrammetry and Remote Sensing (ISPRS), Journal of Photogrammetry & Remote Sensing, 64, S.1-16.

ORSZAG, P., 2009, Memorandum for the Heads of Executive Departments and Agencies - Open Government Directive. - Washington DC, online verfügbar unter: <http://www.whitehouse.gov/sites/default/files/microsites/ogi-directive.txt>; letzter Zugriff am 10.11.2015.

PFEIFER, N. & C. BRIESE, 2007, Geometrical aspects of Airborne laser scanning and terrestrial laser scanning. - In: International Archives of Photogrammetry and Remote Sensing (IAPRS), 36 (3), S.311-319.

PIROTTI, F., GUARNIERI, A., & A. VETTORE, 2013, Ground filtering and vegetation mapping using multi-return terrestrial laser scanning. - In: Elsevier, International Society for Photogrammetry and Remote Sensing (ISPRS), Journal of Photogrammetry & Remote Sensing, 76, S.56-63.

RABU, B., EINEDER, M., ROTH, A. & R. BAMLER, 2003, The shuttle radar topography mission - a new class of digital elevation models acquired by spaceborne radar. - In: Elsevier, International Society for Photogrammetry and Remote Sensing (ISPRS), Journal of Photogrammetry & Remote Sensing, 57, S.241-262.

TAUBERER, J., 2014, The Principles and Practices of Open Government Data. - 2. Auflage, online verfügbar unter: <https://opengovdata.io>; letzter Zugriff am 10.11.2015.

VON LUCKE, J. & C. GEIGER, 2010, Open Government Data - Frei verfügbare Daten des öffentlichen Sektors. - Gutachten für die Deutsche Telekom AG zur T-City Friedrichshafen, Friedrichshafen, online verfügbar unter: <https://www.zu.de/institute/togi/assets/pdf/TICC-101203-OpenGovernmentData-V1.pdf>; letzter Zugriff am 26.11.2015

WAGNER, W., 1970, Die amtliche Kartographie Österreichs. - Bundesamt für Eich- und Vermessungswesen in Wien, Wien.

WAWRIK, F., 2004, Von den Anfängen der österreichischen Kartographie bis zur zweiten Türkenbelagerung Wiens (1683). - In: Wiener Schriften zur Geographie und Kartographie, 15, S.11-73.

WEHR, A. & U. LOHR, 1999, Airborne laser scanning - an introduction and overview. - In: ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing, 54 (1999), S. 68-82.

WITT, W., 1979, Lexikon der Kartographie. - Verlag Franz Deuticke, Die Kartographie und ihre Randgebiete - Enzyklopädie Band B, Wien.

Topographische Karten

SWISSTOPO, 2007, Aletschgletscher. - Landeskarte der Schweiz 1:25.000, Kartenblatt 1269, Wabern.

SWISSTOPO, 2012, Zermatt. - Landeskarte der Schweiz 1:25.000, Kartenblatt 1348, Wabern.

BEV, 2000, Sankt Anton am Arlberg. - Österreichische Karte 1:50.000, Kartenblatt 143, Wien.

BEV, 2007, Schwechat. - Österreichische Karte 1:50.000, Kartenblatt 5326, Wien.

BEV, 2013, Neuberg an der Mürz. - Österreichische Karte 1:50.000, Kartenblatt NL 33-02-11/4211, Wien.

BEV, 2013, Schneeberg und Rax. - Österreichische Karte 1:25.000, Kartenblatt NL 33-02-12, Wien.

KOMPASS, 2010, Wiener Hausberge. - Kartenblatt 210, Rum.

LGL BW, 2009, Hochschwarzwald - Feldberg - Schluchsee. - Stuttgart.

ÖAV & DAV, 2015, Hochkönig, Hagengebirge. - Kartenblatt 10/2, Wien.

ÖAV & DAV (B), 2005, Stubaier Alpen - Hochstubaier. - Kartenblatt 31/1, Wien.

ÖAV & DAV (B), 2005, Brentagruppe - Gruppo di Brenta. - Kartenblatt 51, Wien.

ÖAV & DAV, 1995, Langkofel- und Sellagruppe. - Kartenblatt 52/1, Wien.

SHOCART, 2012, Malá Farta. - Kartenblatt 1085, Vizovice.

TABACCO, 2011, Valle des Sarca - Arco - Riva del Garda. - Kartenblatt 055, Tavagnacco.

Internetlinks

5 Star Open Data, 2016. - Online verfügbar unter: <http://5stardata.info/en/>; letzter Zugriff am 02.02.2016.

Adobe, 2016. - Online verfügbar unter: <http://www.adobe.com/at/products/illustrator.html>; letzter Zugriff am 03.02.2016.

Austrian Map Online, 2016. - Online verfügbar unter: <http://www.austrianmap.at/amap/index.php?SKN=1&XPX=637&YPX=492>; letzter Zugriff am 03.02.2016.

Aware [Systems], 2016. - Online verfügbar unter: <http://www.awaresystems.be/imaging/tiff/faq.html>; letzter Zugriff am 02.02.2016.

Basemap.at, 2016. - Online verfügbar unter: <http://www.basemap.at>; letzter Zugriff am 03.02.2016.

BEV (A), 2016. - Online verfügbar unter:

http://www.bev.gv.at/portal/page?_dad=portal&_pageid=713,1576213&_schema=PORTAL;
letzter Zugriff am 02.02.2016.

BEV (B), 2016. - Online verfügbar unter:

http://www.bev.gv.at/pls/portal/docs/PAGE/BEV_PORTAL_CONTENT_ALLGEMEIN/0200_PRODUKTE/BESTELLFORMULARE/STANDARDENTGELTE_UND_NUTZUNGSBEDINGUNGEN_2015.PDF;
letzter Zugriff am 02.02.2016.

Bundeskanzleramt Rechtsinformationssystem, 2016. - Online verfügbar unter:

<https://www.ris.bka.gv.at/GeltendeFassung.wxe?Abfrage=Bundesnormen&Gesetzesnummer=10001848>; letzter Zugriff am 09.02.2016.

CloudComputing Insider, 2016. - Online verfügbar unter: [http://www.cloudcomputing-](http://www.cloudcomputing-insider.de/big-data-und-open-data-befluegeln-eu-wirtschaft-a-433509/)

[insider.de/big-data-und-open-data-befluegeln-eu-wirtschaft-a-433509/](http://www.cloudcomputing-insider.de/big-data-und-open-data-befluegeln-eu-wirtschaft-a-433509/); letzter Zugriff am 02.02.2016.

CC (A), 2016. - Online verfügbar unter: <https://creativecommons.org/examples#cc0>; letzter

Zugriff am 02.02.2016.

CC (B), 2016. - Online verfügbar unter: <https://creativecommons.org/about/downloads>; letzter

Zugriff am 02.02.2016.

CC (C), 2016. - Online verfügbar unter: <http://creativecommons.org/about>; letzter Zugriff am

02.02.2016.

CC (D), 2016. - Online verfügbar unter: <https://creativecommons.org/examples>; letzter Zugriff am

03.02.2016.

CC (E), 2016. - Online verfügbar unter: <https://creativecommons.org/publicdomain/zero/1.0/>;

letzter Zugriff am 03.02.2016.

CC (F), 2016. - Online verfügbar unter: <https://creativecommons.org/licenses/by/3.0/>; letzter

Zugriff am 03.02.2016.

CC (G), 2016. - Online verfügbar unter: <https://creativecommons.org/licenses/by-sa/3.0/>; letzter

Zugriff am 03.02.2016.

CC (H), 2016. - Online verfügbar unter: <https://creativecommons.org/licenses/by-nd/3.0/>; letzter

Zugriff am 03.02.2016.

CC (I), 2016. - Online verfügbar unter: <https://creativecommons.org/licenses/by-nc/3.0/>; letzter

Zugriff am 03.02.2016.

CC (J), 2016. - Online verfügbar unter: <https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/3.0/>;

letzter Zugriff am 03.02.2016.

CC (K), 2016. - Online verfügbar unter: <https://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/3.0/>;

letzter Zugriff am 03.02.2016.

CC (L), 2016. - Online verfügbar unter: <http://creativecommons.org/licenses/by/3.0/at/deed.de>; letzter Zugriff am 03.02.2016.

CC (M), 2016. - Online verfügbar unter: <https://creativecommons.org/licenses/by-sa/3.0/at/>; letzter Zugriff am 03.02.2016.

Data.gov, 2016. - Online verfügbar unter: <http://www.data.gov>; letzter Zugriff am 03.02.2016.

Data.gv.at, 2016. - Online verfügbar unter: <http://www.data.gv.at>; letzter Zugriff am 03.02.2016.

Data.linz.gv.at, 2016. - <http://ww.data.linz.gv.at>; letzter Zugriff am 03.02.2016.

Data.steiermark.at, 2016. - Online verfügbar unter: <http://www.data.steiermark.at>; letzter Zugriff am 03.02.2016.

Data.wien.gv.at, 2016. - Online verfügbar unter: <http://www.data.wien.gv.at>; letzter Zugriff am 03.02.2016.

Digital Preservations, 2016. - Online verfügbar unter: <http://www.digitalpreservation.gov/formats/fdd/fdd000304.shtml>; letzter Zugriff am 02.02.2016.

Earthexplorer, 2016. - Online verfügbar unter: <http://earthexplorer.usgs.gov/>; letzter Zugriff am 02.02.2016.

ESRI (A), 2016. - Online verfügbar unter: <http://www.esri.com/news/arcuser/0703/geoid1of3.html>; letzter Zugriff am 02.02.2016.

ESRI (B), 2016. - Online verfügbar unter: <http://help.arcgis.com/en/arcgisdesktop/10.0/help/index.html#/009t0000000w000000>; letzter Zugriff am 02.02.2016.

ESRI (C), 2016. - Online verfügbar unter: <http://support.esri.com/en/knowledgebase/techarticles/detail/30616>; letzter Zugriff am 02.02.2016.

FAS, 2016. - Online verfügbar unter: <http://fas.org/irp/program/core/dted.htm>; letzter Zugriff am 02.02.2016.

FOIA, 2016. - Online verfügbar unter: <http://www.foia.gov/about.html>; letzter Zugriff am 02.02.2016.

Geodatenonline, 2016. - Online verfügbar unter: <https://geoportal.bayern.de/geodatenonline/EzE8WxyyuLcwwLjM-HtBww/EzE3f>; letzter Zugriff am 03.02.2016.

Geodaten Burgenland, 2016. - Online verfügbar unter: <http://geodaten.bgld.gv.at/de/geodaten-anforderung.html>; letzter Zugriff am 02.02.2016.

Geofabrik, 2016. - Online verfügbar unter: <http://download.geofabrik.de/europe.html>; letzter Zugriff am 02.02.2016.

Geoimage Austria, 2016. - Online verfügbar unter:

<http://gis.bmlfuw.gv.at/wmsgw/?key=d676d08870f6e2a8c535e9ee45c65827&>; letzter Zugriff am 03.02.2016.

GIS Steiermark, 2016. - Online verfügbar unter:

<http://www.gis.steiermark.at/cms/beitrag/10481712/14292094/>; letzter Zugriff am 02.02.2016.

Leica Geosystems, 2016. - Online verfügbar unter: http://hds.leica-geosystems.com/en/Company-Profile_19096.htm; letzter Zugriff am 02.02.2016.

NASA (A), 2016. - Online verfügbar unter: <http://www2.jpl.nasa.gov/srtm/>; letzter Zugriff am 02.02.2016.

NASA (B), 2016. - Online verfügbar unter: <http://terra.nasa.gov/?section=50>; letzter Zugriff am 02.02.2016.

NASA (C), 2016. - Online verfügbar unter: <http://terra.nasa.gov/about/terra-instruments/aster>; letzter Zugriff am 02.02.2016.

National Mapping Program, 2016. - Online verfügbar unter:

<http://nationalmap.gov/standards/pdf/1DEM0897.PDF>; letzter Zugriff am 02.02.2016.

Natural Earth, 2016. - Online verfügbar unter: www.naturalearthdata.com; letzter Zugriff am 03.02.2016.

Netzpolitik.org, 2016. - Online verfügbar unter: <https://netzpolitik.org/2013/konsequent-kein-open-data-portal-im-bund/>; letzter Zugriff am 03.02.2016.

OECD, 2016. - Online verfügbar unter:

http://www.urbancentre.utoronto.ca/pdfs/elibrary/OECD_Open_Gov_Civil_Society.pdf; letzter Zugriff am 02.02.2016.

OGD in Niederösterreich, 2016. - Online verfügbar unter: <http://data.noe.gv.at/Land-Zukunft/Open-Government-Data/Geographie-und-Planung.html>; letzter Zugriff am 03.02.2016.

Opendataportal, 2016. - Online verfügbar unter: <http://www.opendataportal.at>; letzter Zugriff am 03.02.2016.

ODC (A), 2016. - Online verfügbar unter: <http://opendatacommons.org/licenses/odbl/summary/>; letzter Zugriff am 02.02.2016.

ODC (B), 2016. - Online verfügbar unter: <http://opendatacommons.org/licenses/pddl/summary/>; letzter Zugriff am 02.02.2016.

ODC (C), 2016. - Online verfügbar unter: <http://opendatacommons.org/licenses/by/summary/>; letzter Zugriff am 02.02.2016.

Open Data Sachsen, 2016. - Online verfügbar unter: <http://www.opendata.sachsen.de/634.htm>; letzter Zugriff am 02.02.2016.

Open Definition (A), 2016. - Online verfügbar unter: <http://opendefinition.org/od/2.1/en/>; letzter Zugriff am 02.02.2016.

Open Definition (B), 2016. - Online verfügbar unter: <http://opendefinition.org/od/2.0/de/>; letzter Zugriff am 02.02.2016.

Open Government Wien, 2016. - Online verfügbar unter: <https://open.wien.gv.at/site/open-government-und-die-wiener-verwaltung/>; letzter Zugriff am 02.02.2016.

OSM (A), 2016. - Online verfügbar unter: <https://www.openstreetmap.org/>; letzter Zugriff am 03.02.2016.

OSM (B), 2016. - Online verfügbar unter:
<http://wiki.openstreetmap.org/wiki/DE:Qualitätssicherung>; letzter Zugriff am 03.02.2016.

ÖAV (A), 2016. - Online verfügbar unter: <http://www.alpenverein.at/portal/berg-aktiv/karten/uebersichten/gesamtliste/gesamtliste.php>; letzter Zugriff am 02.02.2016.

ÖAV (B), 2016. - Online verfügbar unter: http://www.alpenverein.at/portal/berg-aktiv/karten/uebersichten/expedition_himalaya.php; letzter Zugriff am 03.02.2016.

ÖROK, 2016. - Online verfügbar unter: <http://www.oerok.gv.at/die-oerok/raumordnung-in-oesterreich.html>; letzter Zugriff am 03.02.2016.

RIEGL (A), 2016. - Online verfügbar unter:
http://www.riegl.com/uploads/tx_pxpriegldownloads/RIEGL-Timeline_since-1968_asper_30-06-2014_view.pdf; letzter Zugriff am 02.02.2016.

RIEGL (B), 2016. - Online verfügbar unter: <http://www.riegl.com/nc/products/airborne-scanning/>; letzter Zugriff am 02.02.2016.

RIEGL (C), 2016. - Online verfügbar unter: <http://www.riegl.com/nc/products/airborne-scanning/produktdetail/product/scanner/47/>; letzter Zugriff am 02.02.2016.

Satellite Imaging Corporation, 2016. - Online verfügbar unter:
<http://www.satimagingcorp.com/satellite-sensors/other-satellite-sensors/aster/>; letzter Zugriff am 02.02.2016.

Scree Painter, 2016. - Online verfügbar unter: <http://www.screepainter.com/>; letzter Zugriff am 03.02.2016.

The White House, 2016. - Online verfügbar unter:
https://www.whitehouse.gov/the_press_office/TransparencyandOpenGovernment; letzter Zugriff am 02.02.2016.

Tiki-Toki, 2016. - Online verfügbar unter: http://www.tiki-toki.com/timeline/entry/121511/OGD-Austria#vars!date=2012-02-17_16:16:43; letzter Zugriff am 02.02.2016.

trac, 2016. - Online verfügbar unter: <http://trac.osgeo.org/geotiff/>; letzter Zugriff am 02.02.2016.

Universität Siegen, 2016. - Online verfügbar unter: http://www.bau.uni-siegen.de/subdomains/vermessung/pdf/dgm_10m.pdf; letzter Zugriff am 03.02.2016.

Wien.gv.at, 2016. - Online verfügbar unter: <http://www.wien.gv.at>; letzter Zugriff am 03.02.2016.

Wiener Linien, 2016. - Online verfügbar unter: <http://blog.wienerlinien.at/open-data-wir-haben-verstanden/>; letzter Zugriff am 02.02.2016.

WKO, 2016. - Online verfügbar unter:

[https://www.wko.at/Content.Node/Interessenvertretung/ZahlenDatenFakten/Ein-Personen-Unternehmen_\(EPU\)_in_Oesterreich.html](https://www.wko.at/Content.Node/Interessenvertretung/ZahlenDatenFakten/Ein-Personen-Unternehmen_(EPU)_in_Oesterreich.html); letzter Zugriff am 02.02.2016

Z:NEX, 2016. - Online verfügbar unter: <https://www.znex.de/imprint/>; letzter Zugriff am 03.02.2016.

Externe Expertise

GRÜNWARD, M., 2015, Bereitstellung einer Felszeichnung nach Schweizer Methode.

Anhang

Tabelle 17 – internationale Datenquellen für Österreich – Quelle: eigene Erhebung und Darstellung

Maßstab	International	
	<i>USGS (Earthexplorer)</i>	<i>Geofabrik (OSM)</i>
Institution	<i>USGS (Earthexplorer)</i>	<i>Geofabrik (OSM)</i>
Datenquelle	www.earthexplorer.usgs.gov	www.download.geofabrik.de
Quantität	hoch	sehr hoch
Qualität	gut	gut - genügend (schlecht im Hochgebirge)
Rasterdaten	<i>ASTER Höhenmodelle</i> <i>SRTM Höhenmodelle</i>	
Datenformat	<i>GEOTIFF</i>	<i>GEOTIFF</i>
räumliche Auflösung	1 arcsec	1 arcsec
Vektordaten		Gewässer Straßen Gebäude Landbedeckung
Datenformate		<i>Shape</i>
räumliche Auflösung		
mögliche Verwendungszwecke	Höhendaten, Schummerung	Situationsdaten
Zugang	Anmeldung erforderlich, rasch und unkompliziert	rasch und unkompliziert
Lizenz	<i>ASTER: BY und NC</i> <i>SRTM: BY</i>	Map Tiles: <i>CC-BY-SA 2.0</i> ; Data: <i>ODbL 1.0</i>

Tabelle 18 - nationale Datenquellen für Österreich – Quelle: eigene Erhebung und Darstellung

Maßstab	Österreich	
Institution	<i>Geoimage Austria</i>	<i>basemap.at</i>
Datenquelle	www.geoimage.at	www.basemap.at
Quantität	hoch	hoch
Qualität	mittel	sehr gut - gut
Rasterdaten	Orthophotos als Datendienst	Orthophotos als Datendienst
Datenformat		
räumliche Auflösung		
Vektordaten		
Datenformate		
räumliche Auflösung		
mögliche Verwendungszwecke	Kartierungsgrundlage	Kartierungsgrundlage
Zugang	Anmeldung erforderlich Import in Desktop GIS	Import in Desktop GIS
Lizenz		

Tabelle 19 - regionale Datenquellen für Österreich (A) – Quelle: eigene Erhebung und Darstellung

Maßstab	Österreich	
	<u>Steiermark</u>	<u>Niederösterreich</u>
Institution	Land Steiermark	Land Niederösterreich
Datenquelle	www.data.steiermark.at www.gis.steiermark.at	www.noe.gv.at
Quantität	hoch	hoch
Qualität	gut	gut
Rasterdaten	DGM für die gesamte Landesfläche	DGM für die gesamte Landesfläche
Datenformat	ASCII-Grid	ASCII-Grid
räumliche Auflösung	10 m	10 m
Vektordaten	Grenzen Orte Verkehrsnetz Gewässernetz	Grenzen Schutzgebiete Orte
Datenformate	Shape KMZ	Shape
räumliche Auflösung		
mögliche Verwendungszwecke	Schummerung Höhenschichtlinien Situation	Schummerung Höhenschichtlinien Situation
Zugang	unkomplizierter Download	unkomplizierter Download
Lizenz	CC-BY; 3.0 AT	CC-BY; 3.0 AT

Tabelle 20 - regionale Datenquellen für Österreich (B) – Quelle: eigene Erhebung und Darstellung

Maßstab	Österreich	
	Tirol	Vorarlberg
Institution	Land Tirol	Land Vorarlberg
Datenquelle	www.tirol.gv.at	www.vorarlberg.gv.at
Quantität	hoch	hoch
Qualität	gut	sehr gut - gut
Rasterdaten	DGM für Landesfläche nach Bezirken	(Schräg)Luftbilder
Datenformat	ASCII-Grid	JPG
räumliche Auflösung	10 m	
Vektordaten	Sportstätten Biotope Schutzgebiete	Gewässernetz Schutzgebiete Schongebiete Höhenschichtlinien
Datenformate	XLS Shape	Shape KMZ Vorarlberg Atlas
räumliche Auflösung		1:1.000 1 m Äquidistanz
mögliche Verwendungszwecke	Schummerung Höhenschichtlinien Naturparks	Orientierung Schummerung Höhenschichtlinien
Zugang	unkomplizierter Download z.T. absturzgefährdet	unkomplizierter Download oder SSH-Client
Lizenz	CC-BY; 3.0 AT	CC-BY; 3.0 AT

Tabelle 21 - regionale Datenquellen für Österreich (C) – Quelle: eigene Erhebung und Darstellung

Maßstab	Österreich		
	Salzburg	Kärnten	Oberösterreich
Institution	Land Salzburg	Land Kärnten	Land Oberösterreich
Datenquelle	www.data.salzburg.gv.at	www.data.ktn.gv.at	www.land-oberoesterreich.gv.at
Quantität	hoch	hoch	mittel
Qualität	gut	gut	gut - befriedigend
Rasterdaten	DGM für Landesfläche		
Datenformat	ASCII-Grid	IMG	
räumliche Auflösung	10 m	10 m	
Vektordaten	Gewässer Straßennetz Grenzen Triangulierungspkte. Orte Höhenschichtlinien	Grenzen Schutzgebiete Höhenschichtlinien	Straßennetz Grenzen Orte Höhenschichtlinien
Datenformate	Shape	Shape	Shape
räumliche Auflösung			
mögliche Verwendungszwecke	Schummerung Höhenschichtlinien Situation	Schummerung Höhenschichtlinien Situation	Situation
Zugang	unkomplizierter Download	unkomplizierter Download	unkomplizierter Download
Lizenz	CC-BY; 3.0 AT	CC-BY; 3.0 AT	CC-BY; 3.0 AT

Verwendete Tools in Kapitel 8.1.1:



Define Projection



Project



Project Raster



Merge



Clip



Hillshade

- Einstellungen für Schräglichtschummerung aus Nordwest
 - Azimuth = 315°
 - Altitude = 45°
 - Z factor = 1
- Einstellungen für Schräglichtschummerung aus Südost
 - Azimuth = 135°
 - Altitude = 45°
 - Z factor = 1
- Einstellungen für Böschungsschummerung
 - Azimuth = nicht relevant
 - Altitude = 90°
 - Z factor = 1



Contour

- Einstellungen für Höhenschichtlinien
 - Contour interval = 20
 - Z factor = 1

Tabelle 22 - Validitätsprüfung der Regressionsanalyse für die 30 m DGM und ÖK50 Höhenpunkte der Schneesalpe - Quelle: eigene Erhebung und Darstellung

Modellzusammenfassung**				
Modell	R	R-Quadrat	Korrigiertes R-Quadrat	Standardfehler des Schätzers
1	0,999*	0,998	0,998	14,914

* Einflussvariablen : (Konstante), ÖK50

** Abhängige Variable: 30 m DGM

Tabelle 23 - Regressionskoeffizienten der Regressionsanalyse für die 30 m DGM und ÖK50 Höhenpunkte der Schneesalpe - Quelle: eigene Erhebung und Darstellung

Koeffizienten*							
Modell	Nicht standardisierte Koeffizienten		Standardisierte Koeffizienten	T	Sig.	95,0% Konfidenzintervalle für B	
	Regr.-koeff.B	Standardfehler	Beta			Untergrenze	Obergrenze
Konstante	20,811	6,297		3,305	0,001	8,272	33,350
ÖK50	0,983	0,005	0,999	212,878	0,000	0,974	0,992

* Abhängige Variable: 30 m DGM

Tabelle 24 - Validitätsprüfung der Regressionsanalyse für die 10 m DGM und 30 m DGM Höhenpunkte der Schneesalpe - Quelle: eigene Erhebung und Darstellung

Modellzusammenfassung**				
Modell	R	R-Quadrat	Korrigiertes R-Quadrat	Standardfehler des Schätzers
1	0,999*	0,998	0,998	14,127

* Einflußvariablen : (Konstante), 10 DGM

** Abhängige Variable: 30 m DGM

Tabelle 25 - Regressionskoeffizienten der Regressionsanalyse für die 10 m DGM und 30 m DGM Höhenpunkte der Schneesalpe - Quelle: eigene Erhebung und Darstellung

Koeffizienten*							
Modell	Nicht standardisierte Koeffizienten		Standardisierte Koeffizienten	T	Sig.	95,0% Konfidenzintervalle für B	
	Regr.-koeff.B	Standardfehler	Beta			Untergrenze	Obergrenze
Konstante	18,545	5,500		3,372	0,001	7,627	29,463
ÖK50	0,986	0,004	0,999	246,022	0,000	0,978	0,994

* Abhängige Variable: 30 m DGM

**Tabelle 26 - Korrelation nach Pearson für die Höhenpunkte der Region Arlberg -
Quelle: eigene Erhebung und Darstellung**

		ÖK50	10 m DGM	30 m DGM
ÖK50	Korrelation nach Pearson	1	1,000*	0,999*
	Signifikanz (2-seitig)		0,000	0,000
	N	81	81	81
10 m DGM	Korrelation nach Pearson	1,000*	1	1,000*
	Signifikanz (2-seitig)	0,000		0,000
	N	82	102	82
30 m DGM	Korrelation nach Pearson	0,999*	0,999*	1
	Signifikanz (2-seitig)	0,000	0,000	
	N	81	81	81

* Die Korrelation ist auf dem Niveau von 0,01 (2-seitig) signifikant.

**Tabelle 27 - Kolmogorov-Smirnov-Test auf Normalverteilung für die Höhenpunkte der Region Arlberg -
Quelle: eigene Erhebung und Darstellung**

		ÖK50	10 m DGM	30 m DGM
N		81	81	81
Parameter der Normalverteilung*, **	Mittelwert	2591,89	2590,83	2574,47
	Standardabweichung	392,361	391,540	380,901
Extremste Differenzen	Absolut	0,153	0,154	0,159
	Positiv	0,104	0,104	0,115
	Negativ	-0,153	-0,154	-0,159
Kolmogorov-Smirnov-Z		1,375	1,389	1,435
Asymptotische Signifikanz (2-seitig)		0,046	0,042	0,033

* Die zu testende Verteilung ist eine Normalverteilung.

** Aus den Daten berechnet.

**Tabelle 28 - Bartlett-Test auf Sphärität für die Höhenpunkte der Region Arlberg -
Quelle: eigene Erhebung und Darstellung**

Maß der Stichprobeneignung nach Kaiser-Meyer-Olkin.		0,693
Bartlett-Test auf Sphärität	Ungefähres Chi-Quadrat	1335,154
	df	3
Signifikanz nach Bartlett		0,000

Tabelle 29 - Validitätsprüfung der Regressionsanalyse für die 10 m DGM und ÖK50 Höhenpunkte der Region Arlberg - Quelle: eigene Erhebung und Darstellung

Modellzusammenfassung**				
Modell	R	R-Quadrat	Korrigiertes R-Quadrat	Standardfehler des Schätzers
1	1,000*	1,000	1,000	1,495

* Einflussvariablen : (Konstante), ÖK50

** Abhängige Variable: 10 m DGM

Tabelle 30 - Regressionskoeffizienten der Regressionsanalyse für die 10 m DGM und ÖK50 Höhenpunkte der Region Arlberg - Quelle: eigene Erhebung und Darstellung

Koeffizienten*							
Modell	Nicht standardisierte Koeffizienten		Standardisierte Koeffizienten	T	Sig.	95,0% Konfidenzintervalle für B	
	Regr.-koeff.B	Standardfehler	Beta			Untergrenze	Obergrenze
Konstante	3,955	1,119		3,533	0,001	1,726	6,184
ÖK50	0,998	0,000	1,000	2332,520	0,000	0,997	0,999

* Abhängige Variable: 10 m DGM

Tabelle 31 - Validitätsprüfung der Regressionsanalyse für die 30 m DGM und ÖK50 Höhenpunkte der Region Arlberg - Quelle: eigene Erhebung und Darstellung

Modellzusammenfassung**				
Modell	R	R-Quadrat	Korrigiertes R-Quadrat	Standardfehler des Schätzers
1	0,999*	0,998	0,998	15,134

* Einflussvariablen : (Konstante), ÖK50

** Abhängige Variable: 30 m DGM

Tabelle 32 - Regressionskoeffizienten der Regressionsanalyse für die 30 m DGM und ÖK50 Höhenpunkte der Region Arlberg - Quelle: eigene Erhebung und Darstellung

Koeffizienten*							
Modell	Nicht standardisierte Koeffizienten		Standardisierte Koeffizienten	T	Sig.	95,0% Konfidenzintervalle für B	
	Regr.-koeff.B	Standardfehler	Beta			Untergrenze	Obergrenze
Konstante	53,689	11,393		4,712	0,000	31,002	76,376
ÖK50	0,973	0,004	0,999	223,167	0,000	0,965	0,982

* Abhängige Variable: 30 m DGM

Tabelle 33 - Validitätsprüfung der Regressionsanalyse für die 10 m DGM und 30 m DGM Höhenpunkte der Region Arlberg - Quelle: eigene Erhebung und Darstellung

Modellzusammenfassung**				
Modell	R	R-Quadrat	Korrigiertes R-Quadrat	Standardfehler des Schätzers
1	0,999*	0,999	0,998	14,938

* Einflussvariablen : (Konstante), 10 m DGM

** Abhängige Variable: 30 m DGM

Tabelle 34 - Regressionskoeffizienten der Regressionsanalyse für die 10 m DGM und 30 m DGM Höhenpunkte der Region Arlberg - Quelle: eigene Erhebung und Darstellung

Koeffizienten*							
Modell	Nicht standardisierte Koeffizienten		Standardisierte Koeffizienten	T	Sig.	95,0% Konfidenzintervalle für B	
	Regr.-koeff.B	Standardfehler	Beta			Untergrenze	Obergrenze
Konstante	49,570	11,276		4,396	0,000	27,111	72,029
ÖK50	0,975	0,004	0,999	225,618	0,000	0,967	0,984

* Abhängige Variable: 30 m DGM



Abbildung 44 - Untersuchungsgebiet 1:200.000 mit Laserscan-Daten (nicht maßstabsgerecht) - Quelle: OGD in Niederösterreich 2016, GIS Steiermark 2016 und Geofabrik 2016; eigene Bearbeitung und Darstellung



Abbildung 45 - Untersuchungsgebiet 1:200.000 mit ASTER-Daten (nicht maßstabsgerecht) - Quelle: OGD in Niederösterreich 2016, GIS Steiermark 2016, Earthexplorer 2016 und Geofabrik 2016; eigene Bearbeitung und Darstellung



Abbildung 46 - Untersuchungsgebiet 1:200.000 mit SRTM-Daten (nicht maßstabsgerecht) - Quelle: OGD in Niederösterreich 2016, GIS Steiermark 2016, Earthexplorer 2016 und Geofabrik 2016; eigene Bearbeitung und Darstellung

Ich versichere:

- dass ich die Masterarbeit selbstständig verfasst, andere als die angegebenen Quellen und Hilfsmittel nicht benutzt und mich auch sonst keiner unerlaubten Hilfe bedient habe.
- dass alle Stellen, die wörtlich oder sinngemäß aus veröffentlichten und nicht veröffentlichten Publikationen entnommen sind, als solche kenntlich gemacht sind.
- dass ich dieses Masterarbeitsthema bisher weder im In- noch im Ausland (einer Beurteilerin/ einem Beurteiler zur Begutachtung) in irgendeiner Form als Prüfungsarbeit vorgelegt habe.
- dass diese Arbeit mit der vom Begutachter beurteilten Arbeit übereinstimmt.

Datum

Unterschrift