

Universität Zürich – Geographisches Institut – GIS-Abteilung

**Erfassung umgangssprachlicher Geographie im
Zusammenhang mit Geomorphometrie**

Masterarbeit

Christian Gschwend

Fakultätsmitglied Prof. Dr. Robert Weibel
Betreuer Dr. Ross Purves

April 2010

Kontakt – Autor:

Christian Gschwend
Werdenbergstr. 7
CH-9470 Buchs SG

E-Mail:

christian.gschwend@geo.uzh.ch

Kontakt – Institut:

Geographisches Institut
Universität Zürich – Irchel
Winterthurerstrasse 190
CH-8057 Zürich

Persönlichkeitserklärung

Ich erkläre hiermit, dass ich die vorliegende Arbeit selbständig verfasst und die den verwendeten Quellen wörtlich oder inhaltlich entnommenen Stellen als solche kenntlich gemacht habe.

Zürich, 30. April 2010

Christian Gschwend

Danksagung

Ich bedanke mich bei allen Personen, die mich bei der Umsetzung dieser Masterarbeit unterstützt haben. Besonders möchte ich mich bei meinem Betreuer, Dr. Ross Purves, für seine hilfreiche, unermüdliche und motivierende Unterstützung bedanken. Ebenfalls bedanke ich mich bei Prof. Dr. Robert Weibel, der mir im Rahmen dieser Masterarbeit ermöglicht hat, meine Interessen im Forschungsbereich der Geomorphometrie zu vertiefen.

Grosser Dank gebührt meinen Angehörigen und Bekannten, die mich während meiner Ausbildung mit viel Geduld und Verständnis begleitet haben.

Zürich, im April 2010
Christian Gschwend

Zusammenfassung

Die Menge geographisch relevanter Information im Internet hat mit dem Aufkommen von *Geotagging*, *Mash-Ups* und virtuellen Globen stark zugenommen, womit heutzutage die Mehrheit der Anwender keine Experten der Geographie mehr sind. Menschen eignen sich jedoch im Alltag intuitives räumliches Wissen an, wobei die Konzeptualisierung des Raumes durch Vagheit geprägt ist. Landschaftsformen wie Berge (DERUNGS & PURVES, 2007) und Täler (STRAUMANN & PURVES, 2008) beispielsweise können nicht klar und eindeutig abgegrenzt werden. Das intuitive Alltagsverständnis von Landschaftsformen ist durch die subjektiven Erfahrungen, Kultur und Sprache der einzelnen Menschen beeinflusst (MARK & TURK, 2003).

Im Rahmen dieser Masterarbeit wird naive Geographie (Raumkonzepte des Alltags) mit der quantitativen Geländemodellierung (*Geomorphometrie*) verglichen, um Erkenntnisse über die Bedeutung rein mathematisch klassierter Landschaftsformen für Nicht-Experten zu gewinnen. Das Ziel solcher Analysen zwischen quantitativer und qualitativer Erfassung des Geländes ist das Verständnis intuitiver Raumkonzepte zur Anpassung bestehender und zukünftiger GIS-Methoden, damit der Umgang mit geographischer Information im Alltag erleichtert werden kann (EGENHOFER & MARK, 1995).

Die naive Geographie wird mit Metadaten der Webfotosammlung *Flickr* erfasst, wobei es sich um benutzergenerierte Inhalte (*User Generated Content, UGC*) handelt. Beschreibungen in Form von Schlüsselwörtern (*Tags*) können über Koordinaten bestimmten Orten zugewiesen werden (*Geotags*). Diese umgangssprachliche Geographie wird für zwei Untersuchungsgebiete (*Rocky Mountains & Grand Canyon*) erfasst und mit dem quantitativen Algorithmus von IWAHASHI & PIKE (2007) verglichen. Die Methode von IWAHASHI & PIKE (2007) stammt aus dem Fachgebiet der Geomorphometrie und dient der mathematischen Extraktion von Geländeformen basierend auf einer dreiteiligen geometrischen Signatur (Hangneigung, Konvexität & Textur), welche mit einem 90m-SRTM-Höhenmodell umgesetzt wurde.

Eine Schwierigkeit im Zusammenhang mit den *Flickr*-Daten besteht in der bezüglich dem Untersuchungsgebiet kontext-spezifischen Filterung der *Tags*. Dafür wird zur Filterung eine geographische *Tag-Intersection* vorgeschlagen. Die *Flickr-Tags* sind durch die Benutzer verzerrt. Zur Gewichtung der einzelnen Schlüsselwörter wird ein Ansatz beruhend auf Schlüsselwörter- und Benutzer-Häufigkeiten (Pseudohäufigkeiten) eingeführt, um diese Verzerrung zu reduzieren. Daraus resultiert eine hierarchische *Tag*-Struktur, welche die Relevanz einzelner Schlüsselwörter in Bezug auf eine bestimmte Untersuchungsregion repräsentiert.

Die aus dem Algorithmus nach IWAHASHI & PIKE (2007) resultierenden quantitativen Klassen repräsentieren Landschaftsformen einer festen Skalenebene. Die menschl-

che Wahrnehmung hingegen kann nicht auf eine Massstabsniveau reduziert werden. Dadurch wird das Auffinden möglicher Zusammenhänge zwischen quantitativer und qualitativer Geländeerfassung erschwert und muss in zukünftigen Forschungsarbeiten genauer betrachtet werden.

In den *Flickr*-Daten besteht eine Diskrepanz zwischen dem Ort, der durch die Koordinaten erfasst wird und der Lage der durch Schlüsselwörter beschriebenen *Features*, wobei diese Unsicherheit nicht quantifiziert werden kann. Diese Metadaten stellen einen riesigen empirischen Datenbestand dar. *Flickr* erhebliches Potential zur Erfassung naiver Geographie, denn mit der vorgeschlagenen *Flickr*-Methodik wurden wertvolle umgangssprachliche, geographische Informationen im Zusammenhang mit quantitativ berechneten Landschaftsformen extrahiert.

Die statistische Analyse umgangssprachlicher Kategorien aus *Flickr-Tags* hat gezeigt, dass sich diese in Abhängigkeit der Klassierung nach IWAHASHI & PIKE (2007) signifikant unterscheiden. Die berechneten Resultate beider Untersuchungsgebiete sind ein Hinweis dafür, dass unabhängig von der Art der Topographie, der menschliche Fokus in gebirgigem, steilem Gelände "natürlich" geprägt ist, demgegenüber jedoch die anthropogenen, umgangssprachlichen Beschreibungen in flacheren Tiefland-Ebenen an Bedeutung gewinnen. Die Analyse der naiven Geographie bezüglich der einzelnen Parameter (Hangneigung, Konvexität & Textur) zeigt, dass die umgangssprachliche Bedeutung der quantitativen Landschaftsformen nach IWAHASHI & PIKE (2007) vorwiegend durch den *Slope*-Parameter charakterisiert ist.

Summary

The amount of geographic relevant data on the internet has increased since the advent of geotagging, mash-ups and virtual globes and many users of geographic information are no longer specialists. People acquire intuitive spatial knowledge in everyday life, where human conceptualization of space is affected by vagueness. E.g. a mountain (DERUNGS & PURVES, 2007) or a valley (STRAUMANN & PURVES, 2008) cannot easily be defined by exact, sharp boundaries. Our intuitive everyday life knowledge of landforms is influenced by the subjective experience, culture and language of individual persons (MARK & TURK, 2003).

In the framework of this master's thesis, naive geography (spatial concepts from everyday life) is captured and compared with quantitative terrain modelling (*geomorphometry*) to get some knowledge about the relevance of mathematically classified landforms for non-experts. The goal of such analysis between quantitative and qualitative capturing of the terrain is to adapt established and future GIS approaches to intuitive spatial concepts, so that the handling of geographic information in everyday life could be simplified (EGENHOFER & MARK, 1995).

The naive geography is captured with metadata from the web photo platform Flickr, an example of user generated content (UGC). Descriptions in terms of keywords (tags) can be assigned to certain places by coordinates (geotags). This vernacular geography is captured and compared with the quantitative algorithm of IWAHASHI & PIKE (2007) for two regions of interest (Rocky Mountains & Grand Canyon). The Method of IWAHASHI & PIKE (2007) comes from the research area of geomorphometry and provides the mathematical extraction of landforms using a three-part geometric signature (slope, convexity & texture), which was realized using a 90m-SRTM elevation model.

A challenge in connection with Flickr data is the context specific filtering of tags concerning the region of interest. Therefore a geographic tag intersection method is proposed for filtering. The Flickr tags are biased by the users. The approach introduced is based on term and user frequencies (pseudo frequencies) for the weighting of single tags to reduce this bias. The outcome of this is a hierarchic tag structure, which represents the relevance of single tags related to a certain region of interest with a characteristic topography.

The classes resulting from the algorithm by IWAHASHI & PIKE (2007) represent landforms of a fixed scale. In contrast the human perception cannot be reduced to a single granularity. Thereby the identification of possible correlations between quantitative and qualitative capturing of terrain is complicated and has to be a subject of future research.

In the Flickr data, there exists a discrepancy between the place, which is referenced by the coordinates and the location of the features described by tags, but this uncertainty cannot be quantified. This metadata represents a huge empirical database. Flickr has significant potential for capturing naive geography because with the proposed Flickr methodology valuable vernacular geographic information in connection with quantitative calculated landforms was extracted.

The statistical analysis of vernacular categories based on Flickr tags has shown, that this categories in dependence of the classification by IWAHASHI & PIKE (2007) could be differed significantly. The results calculated for both regions of interest are evidence, that the human focus is expressed in terms of “natural” tags for alpine, steep terrain, on the other hand anthropogenic descriptions become more important in gentle lowland plains. The analysis of the naive geography concerning the single parameters (slope, convexity & texture) shows, that the vernacular meaning of the quantitative landforms by IWAHASHI & PIKE (2007) is characterized mainly by the slope parameter.

Inhaltsverzeichnis

1. Einleitung	1
1.1. Motivation	1
1.2. Ziele der Arbeit	2
1.3. Aufbau der Arbeit	3
2. Hintergrund	5
2.1. Geomorphometrie	5
2.1.1. Definition des Forschungsbereichs	5
2.1.2. Konzepte der Repräsentation von DHMs	7
2.1.3. Quantitative Parameter	9
2.1.4. Quantitative Erfassung von Landschaftsformen	12
2.2. Umgangssprachliche Geographie	18
2.2.1. Naive Geographie als Grundlage	18
2.2.2. <i>Web2.0</i> zur Erfassung menschlicher Wahrnehmung	20
2.2.3. Motivation zum <i>Tagging</i> von Fotos	21
2.2.4. Allgemeine Probleme von benutzer-generierten <i>Tagging</i> -Systemen	21
2.3. Skalenprobleme	22
2.4. Resultierende Fragestellungen	24
3. Datengrundlagen und Software	27
3.1. Untersuchungsgebiet	27
3.2. <i>SRTM</i> -Höhenmodell	30
3.2.1. Begründung der DHM-Wahl	30
3.2.2. Fakten zum <i>SRTM</i> -Datensatz	30
3.3. <i>Flickr</i> -Daten	36
3.4. Software	39
4. Methodik	43
4.1. Quantitative Geländeklassierung	43
4.1.1. Vorbereitung der <i>SRTM</i> -Daten	43
4.1.2. Wahl eines quantitativen Algorithmus	43
4.1.3. Quantitative Geländeklassierung nach Iwahashi & Pike (2007)	44
4.2. Umgangssprachliche Erfassung der Landschaft	47
4.3. Experimente	53
4.3.1. Relief-Parameter vs. <i>Tag-Cloud</i>	53
4.3.2. Umgangssprachliche Zusammenhänge zu geometrischer Signatur	55

5. Resultate	59
5.1. Häufigkeitsstatistik – “Rohdaten”	59
5.2. Ergebnisse unterschiedlich generierter <i>Tag</i> -Hierarchien	62
5.3. Ergebnisse des Relief-Vergleichs	65
5.4. Ergebnisse mit Algorithmus von <i>Iwahashi & Pike</i>	70
5.4.1. Ergebnisse der quantitativen Klassierungen	70
5.4.2. Zusammenhänge umgangssprachlicher Geographie und quanti- tativer Klassierungen	78
6. Diskussion	87
6.1. <i>Flickr</i> -Methodik vs. TF-IDF	87
6.2. <i>Tag</i> -Hierarchien vs. Geographische Kategorien	88
6.3. Analyse des Relief-Experiments	92
6.4. Analyse des Alogrithmus-Experiments	95
6.5. Beantwortung der Fragestellungen	100
6.5.1. Menschliche Umgangssprache gegenüber quantitativer Land- schaftserfassung	101
6.5.2. <i>Flickr</i> zur Bildung umgangssprachlicher Kategorien	102
6.5.3. Kontext-bezogene Filterung von <i>Flickr-Tags</i>	106
7. Schlussfolgerungen und Ausblick	109
7.1. Schlussfolgerungen	109
7.2. Ausblick	111
Literaturverzeichnis	113
A. Verschiedene Datenquellen für DHMs	121
B. Manuell entfernte Schlüsselwörter	123
B.1. <i>Rocky Mountains</i>	123
B.2. <i>Grand Canyon</i>	126

Abbildungsverzeichnis

2.1. Geomorphometrie in einem interdisziplinären Umfeld	6
2.2. 3×3 - <i>Moving-Window</i>	11
2.3. Legende zur Geländeklassierung von IWAHASHI & PIKE (2007)	14
2.4. Klassierung von IWAHASHI & PIKE (2007) für Yatsugatake-Vulkan	15
3.1. Repräsentative Fotos der Untersuchungsgebiete	28
3.2. Untersuchungsgebiete verschiedener Morphologie	29
3.3. Hypsometrische Kurven der nördlichen Untersuchungsgebiete	34
3.4. Hypsometrische Kurven der südlichen Untersuchungsgebiete	35
3.5. Beispiel für <i>Flickr</i> -Daten	37
3.6. Datengrundlage der <i>Rocky Mountains</i> (USA)	40
3.7. Datengrundlage der <i>Grand Canyons</i>	41
4.1. Flussdiagramm zum quantitativen Algorithmus	45
4.2. Klassenaufteilung zum quantitativen Algorithmus	47
4.3. Aufteilung des Untersuchungsgebiets für das Relief-Experiment	54
5.1. Verschiedene <i>Tag-Clouds</i> der gesamten Region der <i>Rockies</i> (USA)	63
5.2. Verschiedene <i>Tag-Clouds</i> der gesamten Region des <i>Grand Canyon</i>	64
5.3. Untersuchungsgebiet für das Relief-Experiment mit Extremregionen	66
5.4. Verschiedene <i>Tag-Clouds</i> bezüglich minimalem Relief	68
5.5. Verschiedene <i>Tag-Clouds</i> bezüglich maximalem Relief	69
5.6. Klassierung der <i>Rocky Mountains</i> (USA)	72
5.7. Klassierung der <i>Grand Canyons</i>	73
5.8. Klassierung der <i>Rocky Mountains</i> (USA) mit Mehrheitsklassen	74
5.9. Klassierung der <i>Grand Canyons</i> mit Mehrheitsklassen	75
5.10. Ausschnitt der quantitativen Klassierung in den <i>Rockies</i>	76
5.11. Ausschnitt der quantitativen Klassierung im <i>Grand Canyon</i>	77
5.12. Relative Häufigkeitsverteilung der <i>Tag</i> -Kategorien bzgl. quantitativer Klassierung der <i>Rocky Mountains</i>	81
5.13. Relative Häufigkeitsverteilung der <i>Tag</i> -Kategorien bzgl. quantitativer Klassierung des <i>Grand Canyon</i>	82
5.14. Relative Häufigkeitsverteilung der <i>Tag</i> -Kategorien bzgl. der Hangneigung	83
5.15. Relative Häufigkeitsverteilung der <i>Tag</i> -Kategorien bzgl. der Konvexität	84
5.16. Relative Häufigkeitsverteilung der <i>Tag</i> -Kategorien bzgl. der Textur	85
6.1. <i>Tag-Clouds</i> mit TF-IDF	88

6.2. <i>Tag-Clouds</i> mit Pseudohäufigkeiten bezüglich unterschiedlichen Reliefs	94
6.3. <i>Tag-Clouds</i> der gesamten Regionen mit mittlerer Hangneigung	97
6.4. Fotos der <i>Rocky Mountains</i> (USA) mit verschiedenen <i>Tag</i> -Kategorien .	104
6.5. Fotos des <i>Grand Canyon</i> mit verschiedenen <i>Tag</i> -Kategorien	105

Tabellenverzeichnis

2.1.	<i>TIN</i> vs. Raster	9
2.2.	Grundlegende Geländeoberflächen-Parameter	10
2.3.	Kalibration der Klassen nach IWAHASHI & PIKE (2007) aufgrund existierender Gliederung für die USA	14
3.1.	Koordinaten der Untersuchungsgebiete	30
3.2.	Einfache Statistik der DHMs	32
3.3.	Hypsometrische Integrale aller vier Untersuchungsregionen	33
3.4.	Einfache Statistik der <i>Flickr</i> -Fotos	38
3.5.	Verwendete Software	39
4.1.	Fiktives Beispiel zur <i>Flickr</i> -Methodik	51
4.2.	Statistik der <i>Flickr</i> -Fotos nach Prozessierung	53
4.3.	<i>Tag</i> -Listen zur Festlegung der natürlichen & anthropogenen Kategorien	56
5.1.	“Rohdaten” der <i>Rocky Mountains</i> (USA & CAN)	60
5.2.	“Rohdaten” des <i>Grand Canyon</i> & des <i>Death Valley</i>	61
5.3.	Statistik der “Relief”-Extremregionen & Gesamtregion	67
5.4.	Schwellwerte der Klassierung nach IWAHASHI & PIKE (2007)	70
5.5.	Klassengrenzen zu den geometrischen Parametern aller Gebiete	79
6.1.	Wörterranglisten zur Erfassung geographischer Kategorien	89
6.2.	Korrelation zwischen relativer Rangierungen verschiedener Studien	90
6.3.	Verteilung der natürlichen und anthropogenen Fotos	106
A.1.	Charakteristiken verschiedener Datenquellen	121

1. Einleitung

1.1. Motivation

Mit dem Aufkommen von *Geotagging*, *Mash-Ups* und virtuellen Globen hat die Menge geographischer Daten und Informationen im Internet rapide zugenommen und für ein breites Publikum – auch für Nicht-Experten – verfügbar gemacht (SMITH & MARK, 2001). Das Design Geographischer Informationssysteme (*GIS*) basiert jedoch bis heute grösstenteils auf quantitativen Modellen. Die meisten GIS erfordern deshalb ein umfangreiches Training, um sich mit der gegebenen Software-Umgebung vertraut zu machen. Zusätzlich muss dem Anwender die spezifische Repräsentation der geographischen Daten bekannt sein, damit dieser daraus geographische Informationen ableiten kann. Daher eignen sich klassische GIS nicht für den alltäglichen Gebrauch. Es besteht folglich eine Diskrepanz zwischen dem, was Menschen mit einem GIS ausführen wollen und den räumlichen Konzepten, die von einem aktuellen GIS angeboten werden. Konzepte und Methoden, welche Nutzer zum Ableiten von Informationen über geographischen Raum und Zeit verwenden, ist für das Verständnis der Interaktion zwischen *User* und GIS von wachsender Bedeutung. Intuitives Wissen über die umgebende geographische Welt (*naive Geographie*) kann in Zukunft als Basis intelligenter GIS dienen, um damit Werkzeuge für nicht-professionelle Nutzer bereitstellen zu können. Naive Geographie stellt eine Verbindung zwischen menschlicher Wahrnehmung von geographischem Raum und der Entwicklung formaler Methoden her. (EGENHOFER & MARK, 1995).

Die Techniken des *Web2.0* ermöglichen dem Anwender im Allgemeinen, Inhalte auf Webseiten zu verändern oder zu erstellen und Daten bzw. Informationen im *World Wide Web* zu verbreiten. Die Online-Enzyklopädie *Wikipedia*¹ erlaubt es jedermann Einträge zu verfassen. Explizit geographische Informationen findet man beispielsweise auf der Webseite von *OpenStreetMap*², welche eine freie editierbare Karte der gesamten Welt anbietet. *Flickr*³ dient zum Austausch von georeferenzierten Fotos, welche mit Schlüsselwörtern attribuiert sind und wird als klassisches Beispiel einer *Web2.0*-Seite aufgeführt (COX, 2008). Man spricht im Zusammenhang mit geographischen Informationen, die freiwillig durch Leute im Internet erzeugt und publiziert werden, von *Volunteered Geographic Information (VGI)*. Mit *VGI* entsteht die Möglichkeit, kollektives Alltags- resp. Lokalwissen über den geographischen Raum zu extrahieren (GOODCHILD, 2007). Allgemeiner gefasst, handelt es sich dabei um *Online*-Medien,

¹<http://www.wikipedia.org/>

²<http://www.openstreetmap.org/>

³<http://www.flickr.com/>

1. Einleitung

welche durch Amateure erzeugt und publiziert werden, weshalb diese Web-Inhalte auch *User Generated Content (UGC)* genannt werden.

Die Erfassung naiver Geographie kann mit Hilfe von *UGC* effizient umgesetzt werden (z.B. KENNEDY *et al.*, 2007) und zur Entwicklung sozial geprägter GIS-Umgebungen dienen.

1.2. Ziele der Arbeit

Naive Geographie stellt sich der Aufgabe zwischen verschiedenen wissenschaftlichen Perspektiven (u.a. Geographie, Mathematik, Informatik) eine Verbindung herstellen, weshalb der theoretische Hintergrund für dessen Umsetzung auf zwei unterschiedlichen Forschungsmethoden basiert:

- Entwicklung von Formalismen für Modelle der naiven Geographie
- Testen und analysieren formaler Methoden

Die *Entwicklung von Formalismen für Modelle der naiven Geographie* erlaubt deren Implementierung als Simulationen auf dem Computer. Durch das *Testen und Analysieren formaler Methoden* wird in Erfahrung gebracht, wie gut mathematische Konzepte mit menschlicher Wahrnehmung von geographischem Raum übereinstimmen (EGENHOFER & MARK, 1995).

In dieser Masterarbeit wird der Fokus auf das Testen und Analysieren vorhandener Ansätze aus dem Bereich der quantitativen Geländemodellierung (*Geomorphometrie*) gelegt. Die Geomorphometrie befasst sich vorwiegend mit der Extraktion von Landschaftsformen mit Hilfe mathematischer Signaturen und erfolgt üblicherweise auf rasterbasierten, digitalen Höhenmodellen. Gegenüber der quantitativen Erfassung der Erdoberfläche kann die Internetseite *Flickr*¹ Aufschluss über die menschliche Perzeption der Landschaft bringen, weil die meisten Fotos – als Abbild der realen Welt – georeferenziert sind und mit Schlüsselwörtern (*Tags*) beschrieben werden. Verschiedene Autoren räumen *Tagging*-Webseiten das Potential ein, dass aus einem unkontrollierten Vokabular soziales Wissen bzw. durch den Mensch geprägte Raumkonzepte abgeleitet werden können (MATHES, 2004; GOLDBERGER & HUBERMAN, 2006; SCHMITZ, 2006; GUSZLEV & LUKÁCS, 2007). *Flickr* als Datenquelle wurde möglichen Alternativen vorgezogen, weil die Foto-Metadaten öffentlich zur Verfügung stehen. Des Weiteren bildet die Webseite mit über vier Milliarden Fotos (Stand: Oktober 2009²) – wovon mehr als hundert Millionen Bilder (Stand: Februar 2009³) mit Geotags versehen sind – einen riesigen empirischen Datenbestand, wodurch eine Abdeckung auf globaler Massstabsebene ermöglicht wird. Ausgewählte Ausschnitte der Erdoberfläche werden mit Wörtern beschrieben, weshalb die intuitive Erfassung des Geländes in der Folge als

¹<http://www.flickr.com/>

²<http://blog.flickr.net/2009/10/12/>, Zugriff: 22.01.2010

³<http://code.flickr.com/blog/2009/02/04/100000000-geotagged-photos-plus/>,
Zugriff: 22.01.2010

umgangssprachliche Geographie bezeichnet wird. Häufig wird in der Literatur diesbezüglich auch von *“Folksonomy”* gesprochen. Dieser Begriff setzt sich aus *Folk* (Leute, Volk) und *Taxonomy* zusammen (MATHES, 2004). Im Umgang mit *Tagging*-Systemen wie *Flickr* existieren eine Vielzahl an Problemen, die aus der regellosen Vergabe von Schlagwörtern durch jeden einzelnen Benutzer entstehen (Mehrdeutigkeiten, Synonyme, Singular-Plural, usw.) (GOLDER & HUBERMAN, 2006). Ein Ziel dieser Arbeit besteht darin, eine effiziente Methode zu finden, mit der man riesige Schlagwortlisten bezüglich dem gewünschten Kontext filtern kann (*siehe Forschungsfrage 3*).

Nach Kenntnis des Autors sind in Bezug auf Vergleiche zwischen mathematischen GIS-Modellen der Geomorphometrie und umgangssprachlichem Verständnis von Landschaftsformen, bisher keine detaillierten Analysen durchgeführt worden. Ein Schwerpunkt dieser Forschungsarbeit liegt deshalb darin, erste grobe Zusammenhänge zwischen bestehenden quantitativen Konzepten der Geomorphometrie und der menschlichen Wahrnehmung von Landschaften zu erörtern (*siehe Forschungsfrage 1*). Schliesslich soll bei dieser Gegenüberstellung von quantitativ hergeleiteter Information und menschlicher Wahrnehmung festgestellt werden, ob die umgangssprachliche Geographie mit *Flickr* Potential zur Klassierung resp. Kategorisierung der Erdoberfläche aufweist (*siehe Forschungsfrage 2*). Die formulierten Ziele dieser Masterarbeit führen zu folgenden Forschungsfragen:

1. *Wie beschreiben Menschen in ihrer Umgangssprache Geländeoberflächen anhand georeferenzierter Tags im Vergleich zu Konzepten der quantitativen Landschaftsanalyse der Geomorphometrie?*
2. *Inwiefern eignen sich benutzergenerierte Flickr-Daten zur Bildung von Kategorien quantitativer Geländeoberflächen?*
3. *Wie können grosse Flickr-Schlagwortlisten bezüglich bestimmtem semantischem Kontext gefiltert werden?*

1.3. Aufbau der Arbeit

Im folgenden *Kapitel 2* wird der theoretische Hintergrund beschrieben, welcher zur Umsetzung der Ziele und Beantwortung der Fragestellung nötig ist. Dabei wird vor allem auf den Stand der Forschung in den Fachgebieten der quantitativen Geländemodellierung und des *Geographic Information Retrieval (GIR)* eingegangen. *GIR* befasst sich mit den Techniken, welche die Handhabung von Informationen mit geographischem Bezug aus dem Internet optimieren, bietet also Konzepte im Umgang mit grossen Mengen geographischer Daten an *VGI*.

Datenspezifische Angaben und die verwendete Software werden in *Kapitel 3* eingehender betrachtet. Ausserdem werden an dieser Stelle die gewählten Untersuchungsgebiete vorgestellt. Auf die Methodik wird konkret in *Kapitel 4* eingegangen. Es werden zwei Experimente vorgestellt und anschliessend die Resultate präsentiert und interpretiert resp. diskutiert (*Kapitel 5 und 6*). Schliesslich werden Folgerungen und mögliche Zukunftsperspektiven angeführt.

2. Hintergrund

2.1. Geomorphometrie

Dieses Unterkapitel behandelt die theoretische Einführung in den Bereich der Geomorphometrie. Es werden allgemeine Konzepte der Disziplin besprochen, um die Notwendigkeit der gestellten Forschungsfragen besser einordnen zu können.

2.1.1. Definition des Forschungsbereichs

Allgemein betrachtet, bedeutet der Begriff "Morphometrie" die Charakterisierung der Form von Objekten. Geomorphometrie im Speziellen, begründet die Wissenschaft der quantitativen Analyse von Geländeoberflächen (PIKE, 1995, 2000; RASEMANN *et al.*, 2004). Die Anfänge der Geomorphometrie gehen auf die systematische Höhenvermessung der alten Ägypter zurück. Die ersten Versuche der quantitativen Erfassung von alpinem Gelände sind im frühen 19. Jahrhundert umgesetzt worden, als Alexander von Humboldt mittlere Grat- und Gipfelhöhen verschiedener Hochgebirgssysteme verglich (VON HUMBOLDT, 1816, 1825). Durch die Verfeinerung dieser Methoden entstanden erste Parameter zur Charakterisierung gebirgiger Gebiete, die jedoch nur der relativen, vergleichenden Analyse verschiedener Gebirgssysteme dienen (RASEMANN *et al.*, 2004). Die Datenerhebung zu dieser Zeit kann nicht als objektiv bezeichnet werden, da diese oft durch visuelle Interpretationen im Feld geprägt waren und Informationen häufig aus unzuverlässigen Karten gewonnen wurden (FREY, 1964). Bevor Mitte des 19. Jahrhunderts Höhenlinienkarten für ein breiteres Publikum verfügbar wurden, bestand die Erfassung der Topographie vorwiegend aus der Vermessung linearer Strukturen, wie Küstenlinien und Flüssen. Geomorphometrie ist ursprünglich als Teildisziplin der physischen Geographie resp. der Geomorphologie entstanden, welche Formen und formbildende Prozesse der Erdoberfläche untersucht. Fortschritte in der Analyse von Landschaftsformen und im Bereich der Informationstechnologie ab der zweiten Hälfte des 20. Jahrhunderts haben die Geomorphometrie revolutioniert. Parallel zur Entwicklung von Computern, entstanden digitale Höhenmodelle (*DHMs*), welche die Repräsentation einer kontinuierlichen Oberfläche effizient umzusetzen vermögen (PIKE *et al.*, 2009). Das Fundament dieser Disziplin wird heute durch die Geowissenschaften, die Mathematik und die Informationswissenschaften gebildet und stellt Werkzeuge für verschiedene Anwendungsbereiche zur Verfügung, womit sich die quantitative Geländemodellierung an einer interdisziplinären Schnittstelle befindet (*siehe Abbildung 2.1*). Aktuelle GIS-Umgebungen enthalten Ansätze der Geländemodellierung und ermöglichen dadurch die Entwicklung und Implementierung neuer Algorithmen (RASEMANN *et al.*, 2004).

2. Hintergrund

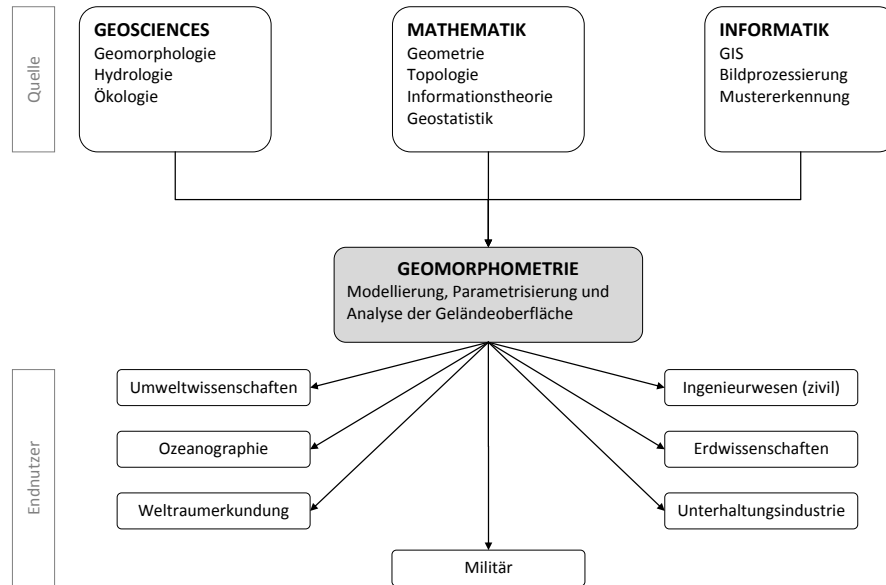


Abbildung 2.1.: Geomorphometrie in einem interdisziplinären Umfeld (modifiziert nach PIKE, 1995; PIKE *et al.*, 2009)

In der Literatur gibt es zahlreiche Definitionen der Geomorphometrie, die grundsätzlich aber meistens ähnliche Aussagen beinhalten. Die Umsetzung quantitativer Berechnungen wird gegenwärtig meistens am Computer mit digitalen Repräsentationen von kontinuierlichen Oberflächen durchgeführt. Diesem Umstand wird durch die modernere Bezeichnung *digitale Geländemodellierung* Rechnung getragen (PIKE, 2000). Die Formulierung von RASEMANN *et al.* (2004) erfasst die Bedeutung des Begriffs genauer, indem das effektive Forschungsfeld dieser Disziplin umschrieben wird:

“We define geomorphometry as the science of quantitative description and analysis of the geometric-topologic characteristics of the landscape.”

Aus dieser Definition geht hervor, dass die Geomorphometrie als eigenständiger Wissenschaftszweig wahrgenommen wird, bei welchem die Beschreibung und Analyse geometrischer Eigenschaften (Formen) der Landschaft und die Untersuchung von Nachbarschaftsbeziehungen (Topologie, Autokorrelation) im Zentrum stehen (RASEMANN *et al.*, 2004).

2.1.2. Konzepte der Repräsentation von DHMs

In der modernen quantitativen Analyse der Topographie wird als Basis mit DHMs gearbeitet, weil die Extraktion von Landschaftsformen und Objekten am Computer für Gebiete von globalem Massstab effizient durchgeführt werden können.

Ein geographisches Datenmodell besteht aus einer endlichen Menge von Entitäten und Beziehungen, um eine Repräsentation der geographischen Welt realisieren zu können. Die Wahl eines Modells zur quantitativen Untersuchung der Geographie auf Computern legt fest, welche Art von Analysen möglich sind. Es gibt grundsätzlich zwei verschiedene Varianten die geographische Welt zu konzipieren. Sie kann einerseits durch eine endliche Menge an Variablen bzw. Feldern (*field view*) erfasst werden, wobei in jedem Punkt der Erdoberfläche ein einzlerer Wert vorhanden ist. Damit wird versucht kontinuierliche Eigenschaften, wie die Höhe der Topographie, die Temperatur oder der Niederschlag zu beschreiben. Andererseits kann man geographische Phänomene wie Gebäude, Strassen, usw. – im Gegensatz zum *field view* – als diskrete (klar abgrenzbare) Objekte (*discrete object view*) betrachten (GOODCHILD & GETIS, 2001).

Die Erfassung eines DHMs wird vor allem mit Fernerkundungsmethoden realisiert, denn dieses Fachgebiet stellt mit den heutigen technischen Möglichkeiten mächtige Methoden zur grossflächigen Erfassung von Höhendaten bereit. Plattformen mit Fernerkundungstechniken werden auf Flugzeugen oder Satelliten installiert, wobei sich besonders das *Laserscanning* und Radar zur Erzeugung von DHMs durchgesetzt haben. Beim *Laserscanning* wird ein Lichtstrahl auf die Erdoberfläche gesendet, dessen Laufzeit aufgezeichnet und dadurch punktweise auf die Höhe bezüglich einem Nullniveau (z.B. Meter über Meer) geschlossen werden kann. Deshalb bezeichnet man dieses Verfahren auch als *LiDAR* (*Light Detection And Ranging*). Mit *LiDAR* werden grosse Punktdichten und hohe vertikale Genauigkeiten erzielt, der Abdeckungsbereich (*Footprint*) pro Überflug ist aber ziemlich klein. Radar kann im Gegensatz dazu auch operationell auf Satelliten eingesetzt werden, wodurch grössere Abdeckungen erreicht werden können. Zusätzlich kann Radarstrahlung Wolken durchdringen und daher wetterunabhängig und auch bei Nacht für zuverlässige Resultate sorgen. Zur Erstellung von Höhendaten wird bei einem Radarsystem die sogenannte Interferometrie verwendet. Radarbasierte DHMs enthalten jedoch Rauschen (technisch bedingte Störeffekte) und aufgrund des geometrischen *Foreshortening*-Effekts entstehen bei Türmen und Bergspitzen horizontale Positionsfehler, welche korrigiert werden müssen (NELSON *et al.*, 2009).

Mathematisch kann die Erdoberfläche als $z = f(x, y)$ oder $z = f(s)$ (s für *surface*) verstanden werden. Dabei möchte man für jede planare Position ((x, y) -Koordinatenpaar oder s) einen Höhenwert, damit die Oberfläche kontinuierlich erfasst werden kann. Aus einer statistischen Perspektive kann eine Geländeoberfläche wie folgt verstanden werden:

$$z(s) = z^*(s) + \epsilon'(s) + \epsilon''(s) \quad (2.1)$$

Dabei versteht man $z^*(s)$ als deterministische Komponente, $\epsilon'(s)$ ist der zufällige, aber räumlich korrelierte Fehler und $\epsilon''(s)$ fasst man als Rauschen aus Messfehlern auf

2. Hintergrund

(HENGL & EVANS, 2009). Die *Formel 2.1* bringt zum Ausdruck, dass eine digitale Geländeoberfläche auf einem Computer nicht exakt repräsentiert wird und Fehlerquellen statistisch konzeptioniert aufgeteilt werden können.

Die Umsetzung einer kontinuierlichen Geländeoberfläche auf dem Computer, also ein Höhenmodell in digitaler Form wird entweder mit dem Vektor- oder Rastermodell realisiert. Dabei ist die Punktverteilung vektorbasierter Konzepte normalerweise unregelmässig und kann lokalen Charakteristiken besser angepasst werden. Hohe Variabilität im Gelände kann durch eine erhöhte Punktedichte besser erfasst werden. Ein komplettes DHM wird im Falle der Vektorrepräsentation durch ein *Triangulated Irregular Network (TIN)* erreicht. Es handelt sich dabei – wie die Bezeichnung vermuten lässt – um die Modellierung der Topographie durch ein unregelmässiges Dreiecksnetz, die nach bestimmten Regeln durch die vorhandenen Punkte gebildet werden. Beim Raster-DHM werden Höhenwerte in eine regelmässige Struktur, ein Gitternetz abgelegt. Üblicherweise werden einzelne Höhenwerte in quadratischen Zellen, also einer Art Matrixstruktur gespeichert (HENGL & EVANS, 2009).

MARK (1975a) hat die *TIN*- und Rasteransätze in Abhängigkeit verschiedener geomorphometrischer Parameter verglichen. Das *TIN*-Modell liefert wegen oberflächen-spezifischen Anpassungen der Punktedichte bessere Resultate als die Rasterrepräsentation. Ein gleichmässiges Raster benötigt für eine Präzision im Bereich der *TINs* eine erheblich grössere Punktmenge und dadurch mehr Speicherplatz auf dem Computer (MARK, 1975a). Trotzdem bietet das Rastermodell auch Vorteile, die nicht ausser Acht gelassen werden dürfen (*siehe Tabelle 2.1*). Der Hauptvorteil regelmässiger DHMs in Form von Rastern ist die simple Matrixstruktur, welche sich besonders zur Implementierung geomorphometrischer Algorithmen und Kartenvisualisierungen auf Bildschirmen eignet. Die technischen Eigenschaften eines Rasters sind mit einem einzelnen Mass – der Zellgrösse – bestimmt (HENGL, 2006). Die Debatte über die Verwendung von DHMs als Vektor- resp. Rastermodell in der Geomorphometrie ist nicht abgeschlossen. In den meisten Anwendungen und GIS-Umgebungen wird als Standard die Rasterrepräsentation der Topographie verwendet (HENGL & EVANS, 2009). Deshalb wird im folgenden Unterkapitel bei der Besprechung quantitativer Parameter und Algorithmen nicht mehr speziell auf vektorbasierte Methoden eingegangen werden.

Unterschiedliche, für bestimmte Verwendungszwecke spezifische Quellen, welche zur Realisierung eines DHMs verwendet werden können, resultieren aus diese verschiedenen Techniken zur Messung von Höhenwerten bzw. zur Erzeugung eines Höhenmodells. Eine Zusammenstellung der Charakteristiken verschiedener Datenquellen ist der *Tabelle A.1 in Anhang A (Seite 121)* zu entnehmen.

Abschliessend zu den allgemeinen Konzepten der Geomorphometrie werden noch Probleme erläutert, welche durch die beschriebene Modellierung von DHMs entstehen. Die Wahl der Auflösung eines DHMs hat starken Einfluss darauf, auf welchem Detailgrad bzw. Skalenniveau Landschaftsformen extrahiert werden können. Die erforderliche Pixelgrösse wird durch die gewünschte Massstabsebene bestimmt (HENGL, 2006). Die Ansätze des Vektor- und Rastermodells versuchen ein kontinuierliches Phänomen in einer endlichen Struktur zu erfassen. Dies hat zur Folge, dass ausgewählte geometri-

	Vorteile	Nachteile
<i>TIN</i>	<p>Anpassung der <i>Sampling</i>-Intensität an lokale Variabilität</p> <p>Gute Approximation der Oberfläche durch Dreiecke möglich</p> <p>Gute Umsetzung der Dreiecke durch Graphikprozessoren</p>	<p>Unregelmässigkeit erschwert Kompatibilität der Methoden</p>
Raster	<p>Einheitliche Struktur ermöglicht automatische Datenerfassung</p> <p>Einheitliche Struktur ermöglicht einfachere Algorithmen</p> <p>Position der Raster durch Kenntnis einer Koordinate implizit enthalten</p>	<p>Steiles Gelände mit einheitlichem <i>Sampling</i> unterrepräsentiert</p> <p>Projektion in neues Koordinatensystem langsam</p> <p>Hydrologie: Diagonalabstände zw. Rasterzentren grösser als horizontale und vertikale Distanzen</p>

Tabelle 2.1.: *TIN* vs. Raster nach (GOODCHILD & GETIS, 2001; NELSON *et al.*, 2009)

sche Abstraktionen als Approximation von Landschaftsformen genügen müssen. Die Quadrate eines Rasters sind eigentlich diskrete Objekte, die aber der Vereinfachung einer stetigen Eigenschaft dienen sollen. Übergänge zwischen Rastern oder Dreiecken (im Falle der *TINs*) sind nicht kontinuierlich, was wiederum zu Artefakten führen kann, wenn ein Untersuchungspunkt genau auf dem Rand einer geometrischen Einheit liegt (HENGL & EVANS, 2009).

2.1.3. Quantitative Parameter

Aufbauend auf den Konzepten der digitalen Repräsentation einer kontinuierlichen Geländeoberfläche sind eine Vielzahl an Parametern und Algorithmen – speziell für Rastermodelle – entstanden, um bestimmte Eigenschaften der Topographie quantitativ erfassen zu können.

Alle geomorphometrischen Parameter stehen in Beziehung zur Form der Geländeoberfläche, wobei es zahlreiche quantitative Grössen gibt, die ohne Kenntnisse über die Untersuchungsfläche abgeleitet werden können. Diese Masse werden als *Basis-Parameter* bezeichnet. Des Weiteren wird in einem GIS und damit auch in der Geomorphometrie zwischen lokalen, fokalen, zonalen und globalen Funktionen zur Bestimmung von Parametern unterschieden. Dabei verwenden lokale Berechnungen zur

2. Hintergrund

Bestimmung eines einzelnen Zellwertes nur einzelne Pixel einer bestimmten Position aus unterschiedlichen Rastern (*Map Algebra*, z.B. zellenweise Addition zweier Raster). Insbesondere fokale Operationen werden bei den Methoden der Geomorphometrie häufig verwendet. Fokale Funktionen berücksichtigen Zellenwerte aus der direkten Nachbarschaft (z.B. 3×3-Fenster, 8 Nachbar- und Zentralpixel, z.B. Hangneigung). Zonale Ansätze beziehen zusätzliche Ausschnitte des DHMs mit ein, um eine Zone zu beschreiben. Globale Funktionen berechnen einen AusgaberaSTER, in welchem jede resultierende Zelle in Abhängigkeit des gesamten Eingaberasters steht (z.B. kürzester Weg zwischen zwei Geländepunkten mit minimalem Höhenunterschied) (TOMLIN, 1990). OLAYA (2009) unterscheidet für die Geomorphometrie lokale und regionale Geländeparameter, wobei damit die Charakteristik des Gebiets, welches in die Berechnung der quantitativen Grösse einfließt, grob beschrieben werden soll. Lokale Geländeparameter machen im Allgemeinen von geometrischen und statistischen Konzepten Gebrauch. Die wichtigsten Basis-Parameter können der *Tabelle 2.2* entnommen werden.

Basis-Parameter	Typ	Beschreibung
Neigung	Lokal	Neigung in einem Punkt
Exposition	Lokal	Ausrichtung des Hanges
Plankurvatur	Lokal	Krümmung in Richtung der Höhenlinien
Profilkrvatur	Lokal	Krümmung in Richtung des steilsten Gefälles
Einzugsgebiet	Regional	Gebiet, aus dem Wasser einem bestimmten Ort zufließt
Hypsometrie	Regional	Verteilung der Höhenwerte
Einzugshöhe/-neigung	Regional	Fliesscharakteristiken
Einstrahlung	Regional/lokal	Intensität der direkten Sonneneinstrahlung
Sichtbares Gebiet	Regional	Gebiet, welches von einem oder mehreren Punkten aus sichtbar ist
Rauigkeit	Lokal	Geländekomplexität

Tabelle 2.2.: Grundlegende Geländeoberflächen-Parameter (modifiziert nach OLAYA, 2009)

Typische statistisch geprägte quantitative Grössen sind das Relief und die Rauigkeit. Neigung, Exposition und Krvatur sind Parameter, welche auf einer Analyse der geometrischen Eigenschaften der Oberfläche beruhen. Mathematisch ist beispielsweise

die Hangneigung in einem Punkt definiert als das steilste Gefälle der Tangentialebene. Da aber die DHMs keine glatte Oberflächen darstellen, müssen solche Werte durch die lokale Anwendung einer mathematischen Funktion berechnet werden (OLAYA, 2009). Für die Hangneigung oder auch die Exposition existieren verschiedene Ansätze, die aber häufig mit einem lokalen 3×3 -Fenster und finiten Differenzen operieren. Zur Berechnung der Hangneigung in einem Raster ist die Methode von HORN (1981) weit verbreitet und soll hier als Beispiel zur Illustration eines Konzepts der Geomorphometrie dienen. Die Hangneigung kann im zweidimensionalen Fall wie folgt mathematisch formuliert werden:

$$SLOPE = \arctan \left(\sqrt{\left(\frac{\partial z}{\partial x}\right)^2 + \left(\frac{\partial z}{\partial y}\right)^2} \right), \quad (2.2)$$

wobei die Höhenwerte als Funktion $z(x, y)$, die Oberfläche mathematisch charakterisieren. In der Literatur gibt es verschiedene Ansätze zur Näherung der partiellen Ableitungen $\frac{\partial z}{\partial x}$ und $\frac{\partial z}{\partial y}$. Die Grundidee beruht meistens darauf, dass mit Hilfe einer 3×3 -Nachbarschaft durch “West-Ost”- bzw. “Süd-Nord”-Differenzen die entsprechenden Steigungen in x - bzw. y -Richtung berechnet werden können (siehe Abbildung 2.2).

z_1	z_2	z_3
z_4	z_5	z_6
z_7	z_8	z_9

Abbildung 2.2.: 3×3 -Moving-Window nach HORN (1981)(schematisch)

Dieses 3×3 -Fenster (oder *Moving-Window*) wird schrittweise von Pixel zu Pixel des DHMs bewegt, wobei die partiellen Ableitungen nach HORN (1981) für jedes zentrale Raster z_5 folgendermassen berechnet werden können:

$$\frac{\partial z}{\partial x} = \frac{(z_3 + 2z_6 + z_9) - (z_1 + 2z_4 + z_7)}{8\Delta x} \quad (2.3)$$

$$\frac{\partial z}{\partial y} = \frac{(z_1 + 2z_2 + z_3) - (z_7 + 2z_8 + z_9)}{8\Delta y} \quad (2.4)$$

Formel 2.3 beschreibt dabei die Steigung (bzw. Höhendifferenz) in “West-Ost”-Richtung (x -Achse) und entsprechend *Gleichung 2.4* den Höhenunterschied entlang der y -Achse (“Süd-Nord”-Richtung) mit sogenannten finiten Differenzen. Zur Berechnung der Hangneigung des Zentralpixels z_5 werden die approximativen Werte der Ableitungen in *Formel 2.2* eingesetzt (HORN, 1981). Es sei darauf hingewiesen, dass das oben visualisierte *Window* einen Ausschnitt eines DHMs mit quadratischen Rastern schematisch repräsentiert, womit die Zellen nicht als massstabstreu aufzufassen sind.

Regionale Parameter stehen häufig in Verbindung mit hydrologischen Charakteristiken der Landschaftsoberfläche. Die wichtigste dieser Grössen ist das Einzugsgebiet,

2. Hintergrund

welches der Umgebung entspricht, aus der Wasser einem bestimmten Ort zufließt. Bei einer Sichtbarkeitsanalyse im Gelände oder der Berechnung von Höhenverteilungen (Hypsometrie) werden Rasterzellen verwendet, die ausserhalb einer lokalen Nachbarschaft liegen (*siehe Tabelle 2.2*). Die Unterscheidung traditioneller geometrischer Masse der Geländeoberfläche wie Hangneigung, Exposition und Krümmung in lokale und regionale Parameter ist nicht mehr so eindeutig möglich, weil lokale Suchfenster – im Kontext verschiedener Massstabsebenen – nicht zwingend die 3×3 -Grösse und quadratische Form haben müssen (OLAYA, 2009).

2.1.4. Quantitative Erfassung von Landschaftsformen

In der Geomorphometrie versucht man physikalische Objekte der Erdoberfläche, mit charakteristischer, wiedererkennbarer Form und entstanden durch natürliche Prozesse, quantitativ zu erfassen. Landschaftsformen sind also Geländeeinheiten, hervorgegangen aus natürlichen Prozessen, die bezüglich spezifischen Eigenheiten unabhängig vom Ort wiedererkennbar sind. Eine geometrische Definition von Geländearten bezieht sich unter objektiven Annahmen der Geomorphometrie nur auf die Form des Landschaftsmerkmals. Die Erdoberfläche ist strukturiert in Geländeformen als Resultat geomorphologischer, geologischer, hydrologischer, ökologischer und bodenformender Prozesse. Unterschieden werden Landschaftsformen durch charakteristische Formen, Grössen, Orientierungen, Reliefs und kontextabhängige Positionen. Form und Grösse einer Landschaftsentität wird direkt als Indikator auftretender Naturprozesse interpretiert. Beispiele für Geländeformtypen sind Ebenen, Hügel, Berge und Täler. Landschaftsformenelemente bilden eine hierarchische Untergruppe der Geländeformtypen. Diese Untergruppe zeichnet sich dadurch aus, dass sie bezüglich Form (Krümmung), Gefälle (Neigung), Ausrichtung (Exposition) und relativer Position verhältnismässig homogen ist und deshalb durch die Morphologie charakterisiert werden kann. Die Berechnung quantitativer Parameter kann unabhängig von der Zellengrösse des DHMs und den *Moving-Window*-Eigenschaften ausgeführt werden und ist insofern skalunenabhängig. Die Resultate der Erfassung quantitativer Landschaftsformen sind hingegen spezifisch in Bezug auf die gewählte Massstabsebene. Die Wahl der Rastergrösse eines DHMs bzw. des Suchfensters hat entscheidenden Einfluss auf die Skalenebene bzw. Grösse der resultierenden Landschaftsformen und muss durch den Anwender problembezogen optimiert werden. In diesem Zusammenhang wird in der Literatur auch vom *Search-Window-Problem* gesprochen (MACMILLAN & SHARY, 2009).

EVANS (1972) hat zwei Konzepte der Geomorphometrie identifiziert. *Spezifische Geomorphometrie* beschreibt diskrete Landschaftsformen und *allgemeine Geomorphometrie* befasst sich mit kontinuierlichen Geländeerscheinungen (EVANS, 1972). In dieser Arbeit wird der Schwerpunkt auf die Vorgehensweisen der allgemeinen Geomorphometrie gesetzt.

Das grundsätzliche Ziel der digitalen Geländeerfassung ist die Konzeptualisierung automatisierter Prozeduren zur Extraktion von Landschaftsformen. Dabei wird meistens versucht, Systeme manueller Klassifikationen und Kartierungen auf ein automatisiertes Verfahren zu übertragen (MACMILLAN & SHARY, 2009). In diesem Abschnitt werden

einige ausgewählte Klassierungsmethoden der Geomorphometrie hinsichtlich der verwendeten Parameter zur Konzeptualisierung von Oberflächenformen kurz diskutiert. GAUSS (1828) bildete Kategorien auf geometrischer Basis mit Hilfe einer speziellen Art der Krümmung. Auch TROEH (1964) teilte Landschaftsformen motiviert durch gravitative Prozesse in vier Klassen ein, die auf der Plan- und Profilkrümmung beruhen. Mitte des 20. Jahrhunderts wurden auch zahlreiche subjektive manuelle Systeme der Landschaftsklassierung vorgeschlagen, wobei HAMMOND (1964) eine Methode für die gesamte USA realisierte, die Geländeformen explizit als Geometrie aufzufassen versucht und nicht als visuell wahrgenommene Landschaft interpretiert. Er hatte also zum Ziel eine analytische Beschreibung des Geländes vorzunehmen, mit der Absicht grosse Regionen – in effizienter Weise – quantitativ erfassen zu können. Diese Technik verwendet – als differenzierende Charakteristiken – die Hangneigung, das Relief und Profilindizes. WOOD (1996) hat in seiner *PhD-Thesis* ebenfalls einen mathematischen Ansatz zur Parametrisierung geomorphologischer Oberflächen gewählt. Er beabsichtigte Werkzeuge für die allgemeine Geomorphometrie, also Kriterien für die Klassierung kontinuierlicher Formen – wie Ebene, Kanal, Berggrat, Pass, Bergspitze, usw. – unter Berücksichtigung verschiedener Skalenebenen zu entwickeln. Die Einteilung in sechs Klassen erfolgt dabei mathematisch mittels zweiter Ableitungen bzw. geomorphometrisch charakterisiert durch Hangneigung, Krümmung und Konvexität. Der Fokus liegt vor allem auf der Analyse verschiedener Massstabsebenen bezüglich der geometrischen Charakterisierung von Landschaftsformen (WOOD, 1996). Auch in aktuellen Konzepten schlagen die Autoren geometrische Signaturen zur quantitativen Erfassung der Landschaft vor. IWAHASHI & PIKE (2007) benutzen Hangneigung, Textur und Konvexität und generieren so hierarchisch 8, 12 oder 16 Klassen (*siehe Abbildung 2.3*). Mittelwerte jeder Variable dienen als Schwellwerte zur Aufteilung in einzelne Klassen von Landschaftsformen. Dieses Verfahren operiert unüberwacht, weshalb die resultierenden Klassen abhängig vom Untersuchungsgebiet kalibriert werden müssen. Beispielsweise gleichen IWAHASHI & PIKE (2007) die Klassen im Falle der Klassierung der USA mit einer bereits existierenden physikalischen Gliederung der Erdoberfläche ab (*siehe Tabelle 2.3*). Für exaktere Bezeichnungen wird an dieser Stelle auf die Originaltabelle im Artikel von IWAHASHI & PIKE (2007) verwiesen.

In der Legende in *Abbildung 2.3* erkennt man, dass sich die Klassen 1-8 in steilerem Gelände befinden als die Klassen 9-16. Die Klassen mit gerader Nummerierung liegen in Geländeabschnitten mit gröberer Textur als jene mit ungerader Klassennummer. Die Hangneigung und die Textur sind zur Charakterisierung von steilem Gelände essentiell, die Konvexität hingegen ist vor allem zur detaillierteren Unterteilung der flachen Gebiete notwendig.

Die resultierenden Klassen nach IWAHASHI & PIKE (2007) haben einen Bezug zu physikalisch und geologisch geprägten Landschaftsformen. Im Rahmen dieser Masterarbeit stellt sich jedoch unter anderem die Frage, ob von quantitativ extrahierten Landschaftsformen auch ein Zusammenhang zur menschlichen Auffassung besteht. Der Algorithmus von IWAHASHI & PIKE (2007) wird in dieser Arbeit zur Beantwortung der Fragestellung verwendet, wobei dessen genauer Aufbau im Methodikteil (*siehe Kapitel 4.1.3*) detaillierter besprochen wird.

2. Hintergrund

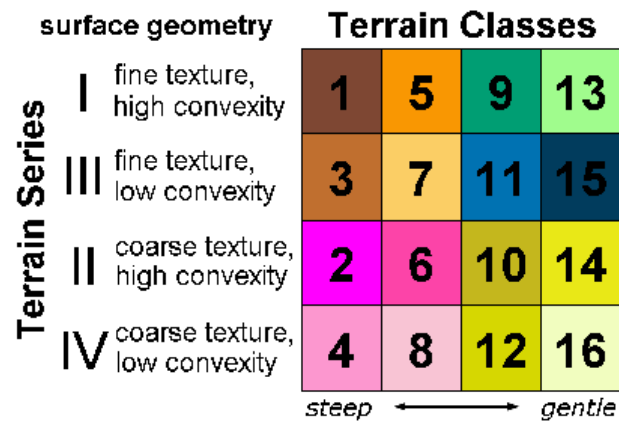


Abbildung 2.3.: Legende zur Geländeklassierung von IWAHASHI & PIKE (2007)

Geometrie	Geländeformen			
Feine Textur Hohe Konvexität	Alpiner Gipfel	Hochebene von moderater zu steiler Topographie	Stark gegliederte Ebene	Terrassierte Ebene
Feine Textur Tiefe Konvexität	Gegliedertes Gebirge	Erodiertes Gebirge	Moderat gegliederte Ebene	Erodierte Tiefland- Ebene
Grobe Textur Hohe Konvexität	Unterschiedlich erodier- te Vulkane	Galzial- erodierte Hochebene	Fluviale Ebene	Tiefland- Ebene
Grobe Textur Tiefe Konvexität	Separierte alpine Gebiete	Durch Wüsten separierte Neigungen	Durch Wüsten separierte Neigungen	Tiefliegende fluviale Ebene
	steil			flach

Tabelle 2.3.: Kalibration der Klassen nach IWAHASHI & PIKE (2007) aufgrund existierender Gliederung für die USA

Generell kann gesagt werden, dass die Klassen 1-4 vorwiegend in alpinem Gebiet vorherrschen und Tiefland-Ebenen in den Klassen 14-16 dominieren. Die *Abbildung 2.4* zeigt eine Klassierung von IWAHASHI & PIKE (2007) mit acht Klassen für den Yatsugatake-Vulkan der japanischen Alpen und soll einen Eindruck der verschiedenen Landschaftsformen-Klassen vermitteln. Die Klassen 5-8 entsprechen dabei einer grö-

berer Aufteilung der Klassen 5-16, wobei die Klassen 1-4 unabhängig von der Anzahl resultierender Klassen identisch sind.

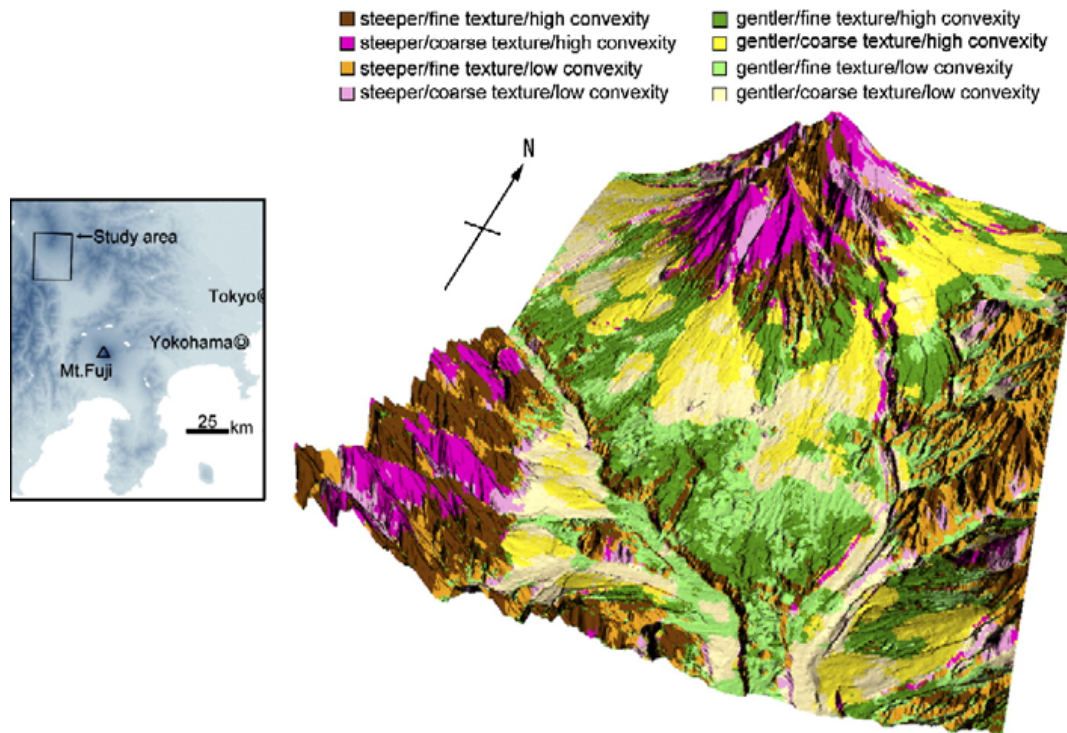


Abbildung 2.4.: Klassierung von IWAHASHI & PIKE (2007) für Yatsugatake-Vulkan

Die Umsetzungen von HAMMOND (1964), WOOD (1996) und IWAHASHI & PIKE (2007) zur Klassierung von Landschaftsformen haben gemeinsam, dass sie mit Hilfe einer bestimmten Kombination ausgewählter Basisparameter versuchen die Geometrie der Landschaft zu erfassen. Dies soll verdeutlichen, dass viele Algorithmen der Geomorphometrie mit relativ einfachen Basisparametern und dementsprechend mit *Moving-Windows* die Geländegeometrie in Kategorien approximieren.

Methoden zur automatischen Extraktion von Landschaftsformen fokussieren typischerweise auf pixelbasierte *Bottom-Up*-Techniken. Das heisst, dass man basierend auf einer mathematischen Charakterisierung von Landschaftsformen Resultate erhält, ohne vorher zu wissen, ob diese Ergebnisse bezüglich einer realen Topographie oder Geologie überhaupt Sinn machen. Aus diesem Grund müssen beispielsweise beim Algorithmus von IWAHASHI & PIKE (2007) die geometrisch abgeleiteten Landschaftsformen bezüglich einer physikalischen Gliederung korreliert und damit kalibriert werden. STRAUMANN & PURVES (2008) haben aufgrund dieses Nachteils einen objektbasierten *Top-Down*-Ansatz zur Identifikation von Talböden entworfen. Der Algorithmus extrahiert Talböden, indem die gesuchte Region ausgehend von Talwegen und basierend auf Entwässerungsgebieten und Gradient-Schwellwerten charakterisiert wird. Der Algorithmus toleriert lokale Konvexitäten innerhalb von Talböden und ist diesbezüglich

2. Hintergrund

robust genug. Weil Landschaftsformen nicht durch scharfe Grenzen identifiziert werden können, vergleichen STRAUMANN & PURVES (2008) die Resultate ihres Algorithmus mit naiver Geographie des entsprechenden Tals (STRAUMANN & PURVES, 2008).

Häufig beruhen also existierende Konzepte der Geomorphometrie auf deterministischen Funktionen, die exakte, randscharfe Resultate hervorrufen. In der Regel sind jedoch Objekte der Landschaft, die in der menschlichen Wahrnehmung gebildet werden, nicht durch eine eindeutige Abgrenzung oder Form charakterisiert. Deshalb versuchen aktuellere Ansätze die Landschaftsformen mit Hilfe unscharfer Klassierungen (z.B. *fuzzy sets*) zu beschreiben. Man erhofft sich in der Untersuchung der Wahrnehmung des Menschen und der Formalisierung eines gemeinsamen Vokabulars der geographischen Welt für zukünftige GIS einen Mehrwert auch für die Geomorphometrie, wobei Landschaftsabschnitte, wie "Berge" und "Täler", nicht nur abhängig von der Geometrie abgeleitet werden können (STRAUMANN, 2009).

Verschiedene Autoren haben erkannt, dass viel Potential in der Anpassung quantitativer Methoden der Geomorphometrie an menschliche Raumkonzepte steckt. Mitte der Neunziger Jahre haben BALDWIN *et al.* (1996) basierend auf einer Sichtbarkeitsanalyse versucht die menschliche Wahrnehmung der Landschaft in einem GIS-Kontext der DHM-Analyse zu erfassen. Daraus resultierte eine Gegenüberstellung zwischen kognitiven und digitalen Daten mit dem Ziel, gegenwärtig verfügbare GIS-Funktionalität weiterentwickeln zu können (BALDWIN *et al.*, 1996). DEHN *et al.* (2001) argumentieren für semantisch basierte Ansätze der Repräsentation von Landschaftsformen. Dies beabsichtigt die Interoperabilität der Wahrnehmung, Konzepte und Definitionen der Geländemodellierung verschiedener Disziplinen (DEHN *et al.*, 2001). WOOD (2009) erkennt – unabhängig von den Konzepten der Geomorphometrie – in der Informationsvisualisierung und visuellen Analyse das Potential für die Entwicklung von Werkzeugen zum besseren Verständnis der Landschaftsformen.

Auch FISHER *et al.* (2004) beschreiben in ihrer Arbeit, dass zum Beispiel Berge aus kulturellen Gründen eine gewisse Wichtigkeit im menschlichen Leben einnehmen und nicht durch eine präzise und wiederholbare Definition erfasst werden können. Die Autoren werden diesem Umstand gerecht, indem sie versuchen morphometrische Klassen der Landschaft durch unscharfe Mengen (*fuzzy sets*) zu modellieren. Dabei ist die Absicht kulturell geprägte Landschaftsobjekte – mit Fokus auf Bergspitzen und Pässe – zu identifizieren. Die *Fuzzy-Set*-Theorie wird vor allem zur Modellierung von Unsicherheiten und Unschärfen von umgangssprachlich geprägten Beschreibungen angewendet und basiert auf Zugehörigkeitsfunktionen, die Objekte auf Mengen abbildet (FISHER *et al.*, 2004).

In den 1970er Jahren ist für die allgemeine Geomorphometrie die Verwendung quadratischer Interpolation von DHMs eingeführt worden, um erste und zweite Ableitungen der Höhe systematisch berechnen zu können (EVANS, 1972, 1979). Ausserdem hat David Mark das Rastermodell für die computer-basierte Parametrisierung geomorphometrischer Analysen etabliert (MARK, 1975*a,b*). In der modernen Geomorphometrie kommen diese Techniken zur Erfassung von Parametern wie Hangneigung und Krümmung immer noch zur Anwendung. Die Prinzipien der Geomorphometrie

haben in den letzten Jahren wenig Veränderung erfahren. Vielmehr sind Datensätze grösser und die Analysen schneller geworden (WOOD, 2009).

SCHMIDT & DIKAU (1999) stellen grundlegende Probleme in der Ableitung geomorphometrischer Parameter und Objekte bei der Verwendung von DHMs und GIS fest. Es fehlt an Standards für die Herleitung von Basisparametern. Die quantitative Beschreibung der Landschaft kann durch verschiedene Algorithmen, die aber zu unterschiedlichen Resultaten führen, umgesetzt werden. Deshalb braucht die Geomorphometrie exakte und einheitliche Definitionen der Grundkonzepte. Morphometrische Objekte wie "Berge" und "Täler" können durch heutige GIS nicht erfasst werden. Einerseits besteht ein Problem in der Theorie der Geomorphometrie, andererseits existieren diesbezüglich keine nützlichen GIS-Methoden. Die Quantifizierung geomorphometrischer Strukturen und damit der räumlichen Anordnung von Landschaftsobjekten ist mit den aktuellen Ansätzen der Geomorphometrie nur teilweise möglich (SCHMIDT & DIKAU, 1999).

Vielfach geht man bei Klassierungen von Landschaftsoberflächen und der Zuordnung von berechneten Objekten zu Elementen der realen Welt davon aus, dass sich der Mensch bzw. verschiedene Forschungsgruppen auf ein gemeinsames Verständnis der extrahierten Geländeformen beziehen können. Die menschliche Wahrnehmung ist aber subjektiv, und eine einheitliche Basis der Interpretation von Klassierungsergebnissen darf dabei nicht angenommen werden. Anders formuliert bedeutet dies, dass aktuelle Methoden der Geomorphometrie und auch Ansätze der *GIScience* problemspezifisch zur Anwendung kommen und deshalb nicht interoperabel sind. Quantitativ erfasste Landschaftselemente basieren nicht zwingend auf einer einheitlichen, menschlich geprägten Auffassung der Landschaft, weshalb die Annahme einer gemeinsamen Ontologie bezüglich verschiedener Landschaftsformen aus mathematischen Konzepten der Geomorphometrie nicht ohne Weiteres gegeben ist (STRAUMANN, 2009).

SMITH & MARK (2001, 2003) setzen auf einem fundamentalen Level neu an und versuchen die Ontologie geographischer Objekte zu verstehen, um ein einheitliches theoretisches Gerüst für die Geomorphometrie und die *GIScience* zu begründen. MARK & TURK (2003) führen deshalb die "Ethnophysiographie" ein. Man möchte Begriffe verschiedener Sprachen und Kulturen, die im Zusammenhang mit der natürlichen Landschaft verwendet werden, vergleichen und dadurch Aufschluss über unterschiedliche, soziale Konzeptualisierungen der Landschaft erreichen (MARK & TURK, 2003). Dabei analysieren MARK *et al.* (2007) die umgangssprachliche Wahrnehmung der Landschaft der *Yindjibarndi*, einem indigenen, australischen Volk. Um vergleichende Aussagen über verschiedene Ansätze quantitativer Klassierungen machen zu können, ist es essentiell menschliche Raumkonzepte zu verstehen und diese als Basis einer gemeinsamen Definition geographischer Objekte zu verwenden. Dies vor allem auch vor dem Hintergrund, dass Menschen verschiedener Kulturen und Sprachgruppen unterschiedliche Konzeptualisierungen der Landschaft vornehmen (MARK *et al.*, 2007).

Auch ausserhalb der Geomorphometrie existieren Vorschläge zur Modellierung von unscharfen Regionen. Zum Beispiel MONTELLO *et al.* (2003) möchten durch die Modellierung von Gebieten, welche nicht durch exakte Grenzen definiert werden können (z.B. *Downtown*) und das Verständnis vager Abfragen, die Funktionalität von

2. Hintergrund

GIS verbessern. Dabei stellen die Autoren einen probabilistischen Ansatz vor. VÖGELE *et al.* (2003) haben beabsichtigt im Kontext von räumlichen Informationsabfragen die intuitive Modellierung unpräzise benannter Regionen mit Hilfe grober Mengen (*rough sets*) zu realisieren.

Wahrscheinlichkeitsoberflächen und unscharfe Mengen haben zum Ziel, jeder Position in einer Untersuchungsfläche einen Wert, aufgrund der Wahrscheinlichkeit bzw. des Grades der Zugehörigkeit zu einem bestimmten Ort, zuzuweisen. Grobe Mengen bilden zusätzlich noch eine sogenannte “*May Be*”-Region, also eine Art Unsicherheitszone (DAVIES *et al.*, 2009). Weiter haben PURVES *et al.* (2005) versucht unpräzise Regionen für das *GIR* mit Hilfe des Internets zu generieren. Dabei wurden unter anderem Dokumentdichten für das Schweizer Mittelland visualisiert. Andere Forschungsansätze versuchen mit Hilfe der Geographie entscheidend zur Optimierung bei der Suche im Internet beizutragen, indem die Relevanz eines Resultats von zusätzlichen geographischen Eigenschaften abhängig gemacht wird (ANDRADE & SILVA, 2006; GAN *et al.*, 2008).

2.2. Umgangsprachliche Geographie

2.2.1. Naive Geographie als Grundlage

Zahlreichen wissenschaftlichen Disziplinen kann ein entsprechendes “vorwissenschaftliches” Gebiet zugeordnet werden. SMITH & MARK (2001) erwähnen dabei unter anderem naive Physik, Psychologie und Biologie. Mit dem Studium der “*Folk*”-Physik versucht man beispielsweise Fortschritte im Design mobiler Roboter zu erreichen, indem man die menschlichen sensomotorischen Fähigkeiten analysiert und auf das physikalische Modell übernimmt. Auch im Bereich der Geographie zielt man darauf ab die menschlich geprägte Perspektive dieses Fachbereichs in einer “*common-sense*” Realität zu erfassen. Eine solche gemeinsame, menschliche Auffassung der Erdoberfläche ist offensichtlich subjektiv. Die Ontologie im Sinne der Philosophie ist das rationale, objektive Studium unterschiedlicher Typen von Einheiten resp. Kategorien, welche zusammen und durch gegenseitige Wechselwirkung eine einzige, ganzheitliche Realität bilden. Mit anderen Worten befasst sich die Ontologie mit der Gesamtheit an Objekten, Eigenschaften, Prozessen und Relationen, welche die Welt auf verschiedenen Skalenlevel ausmachen. Durch die Untersuchung logischer Strukturen von wissenschaftlichen Theorien wird angestrebt, Verständnis für ontologische Grundannahmen solcher Theorien zu erlangen. Dabei können aufgrund des objektiven Aufbaus logische Methoden verwendet werden. Im Zusammenhang mit naiver, menschlicher Alltagswahrnehmung können gleichartige formale Methoden für die naive Geographie nicht direkt übernommen werden, weil dabei zusätzlich empirische Ansätze der Psychologie Einfluss nehmen. Als Basis für eine einheitliche und robuste Ontologie dient eine gute Konzeptualisierung der Geographie, denn auf dieser wird der menschliche, alltägliche Umgang mit der Welt begründet. Im Bereich der Informationswissenschaften wird demnach versucht eine Ontologie auf Konzepten des alltäglichen Raumverständnisses aufzubauen. Die Bildung geographischer Kategorien in diesem Sinne weicht also

von der ursprünglichen, philosophischen Auffassung der Ontologie ab, wobei die Berechtigung und Notwendigkeit dieser geographischen “Alltagskategorien” auf breite Akzeptanz stösst (SMITH & MARK, 2001).

Betrachtet man die Methoden der Geomorphometrie, so kommt man zur Erkenntnis, dass die quantitative Geländeerfassung rein mathematische Raumkonzepte verwendet, die wiederum standardmässig auf ein rasterbasiertes Höhenmodell konzipiert sind. Allgemein kann gesagt werden, dass nicht nur die Geomorphometrie, sondern auch das Design heutiger GIS auf quantitativen, abstrakten Formalismen beruht und die implementierten Raumkonzepte mathematisch geprägt sind. Zentraler Punkt bei Methoden zur automatischen Klassierung von Geländeformen ist deren Geometrie, denn Landschaftselemente definieren Objekte, die hinsichtlich ausgewählter Oberflächeneigenschaften homogen sind (MACMILLAN & SHARY, 2009). Ein wichtiger Schritt in der Weiterentwicklung der Geomorphometrie stellt also die Überarbeitung der quantitativen Raumkonzepte dar. Die Zusammenhänge zwischen existierenden Methoden der Geomorphometrie und der alltäglichen Auffassung unpräzise definierter Landschaftsformen soll es ermöglichen die semantische Bedeutung mathematisch hergeleiteter Klassierungen für den Menschen zu verstehen.

Die Probleme der theoretischen Grundlagen der Geomorphometrie und der GIScience bestehen nicht nur auf professioneller Ebene. Aufgrund des Internets und dem Aufkommen von sozialen Netzwerken, virtuellen Globen usw. sind geographische Daten immer mehr zum Bestandteil des alltäglichen Lebens von Nicht-Experten geworden. Durch die globale, öffentliche Verfügbarkeit geographischer Daten bzw. Informationen entsteht eine Diskrepanz zwischen mathematischer Auffassung und der menschlichen Wahrnehmung von Raum. Daher wird mit der *naiven Geographie* ein Studienfeld begründet, das sich mit formalen Modellen der alltäglich wahrgenommenen geographischen Welt beschäftigt. Naive Geographie befasst sich mit dem Wissen, das Menschen über die umgebende geographische Welt intuitiv besitzen. GIS erfordern zur erfolgreichen Ableitung und richtigen Interpretation geographischer Informationen ein gewisses Verständnis der zugrunde liegenden Technik und der verwendeten Datenstrukturen. Die naive Geographie hat zum Ziel, das Design von GIS insofern zu verbessern, dass die mathematischen Methoden der Systeme und dementsprechend auch der Geomorphometrie den menschlichen Raumkonzepten näher kommen. Naive Geographie ist die Basis für das Design intelligenter GIS. Einerseits sollen Formalismen naiver Geographie entwickelt und implementiert werden und vorhandene formale GIS-Methoden auf Übereinstimmung mit menschlichem Verständnis geprüft werden (EGENHOFER & MARK, 1995).

Das Interesse an menschlichen Raumkonzepten und deren Integration in quantitative Systeme ist vielseitig motiviert. Der Schwerpunkt dieser Masterarbeit liegt im Vergleich vorhandener geomorphometrischer Ansätze mit dem intuitiven, sozialen Verständnis der Landschaftsoberfläche (*siehe Forschungsfrage 1, Kapitel 1.2*).

2. Hintergrund

2.2.2. Web2.0 zur Erfassung menschlicher Wahrnehmung

Gemeinsames, intuitives soziales Wissen aus der Gesellschaft über die Wahrnehmung der Landschaft soll in dieser Arbeit dazu dienen einen Vergleich zu quantitativen Methoden der Geomorphometrie zu ermöglichen. Die modernen *Web2.0*-Techniken (*Geotagging*, z.B. *Flickr*; *Mash-Ups*, z.B. Flugbewegungen über Zürich mit *Google Maps*; virtuelle Globen, z.B. *Google Earth* usw.) schaffen die Voraussetzung zur Entwicklung geographischer Daten bzw. Informationen im Internet, ohne dabei über professionelles Hintergrundwissen verfügen zu müssen. Zunehmende Bestände benutzergenerierter geographischer Daten *User Generated Content (UGC)* bzw. *Volunteered Geographic Information (VGI)* stellt eine viel versprechende und zugleich komplexe Datenquelle für *GIScience* bereit (GOODCHILD, 2007). Foto-Plattformen wie *Flickr* enthalten vom Nutzer erstellte Metadaten. Die vorhandenen Fotos sind teilweise georeferenziert und enthalten Schlüsselwörter, die das Bild umgangssprachlich beschreiben (*geotagged photos*). Geokodierte Fotos machen nur ungefähr drei Prozent des Gesamtbestandes aus. Dies entspricht cirka 100 Millionen Bildern (Stand: Februar 2009¹) und bildet einen riesigen georeferenzierten Datenbestand. Geokodierte Fotos mit *Tags* haben das Potential durch subjektive *Keywords* Wissen über die menschliche Auffassung der Erdoberfläche zu vermitteln. Dabei ist eine wichtige Voraussetzung, dass Fotos meistens eine direkte Beziehung zur realen Welt darstellen. Die *Flickr*-Webseite kann folglich nicht nur dem Austausch von Bildern, sondern auch als Modell des Bildungsprozesses von sozialem Wissen dienen (STAHL, 2006; HOLLENSTEIN, 2008; KESSLER *et al.*, 2009). HOLLENSTEIN (2008) hat beispielsweise gezeigt, dass mit georeferenzierten *Tags* von *Flickr* vage Ortsbezeichnungen urbaner Regionen nachvollzogen werden können. Erfassung naiver Geographie im Kontext von *Flickr* mit georeferenzierten Schlüsselwörtern kann auch als *umgangssprachliche Geographie* bezeichnet werden. Im Zusammenhang mit geographischer Information können *Tags* als Schlüsselwörter eines bestimmten Landschaftsausschnitts verwendet werden. Daraus erhofft man sich eine auf Schlüsselwörter basierende Klassierung resp. Kategorisierung der Erdoberfläche (*siehe Forschungsfrage 2, Kapitel 1.2*) (GUSZLEV & LUKÁCS, 2007).

Durch die Zuordnung beschreibender Wörter zu Ressourcen im Web kann das Auffinden gewünschter Inhalte erleichtert werden, da geographische Informationen reale Phänomene mit einer räumlichen und zeitlichen Dimension repräsentieren (Fachgebiet: *Geographic Information Retrieval (GIR)*). Bei *UGC* ist das Problem, dass für das Verständnis der menschlichen Konzepte gemeinsamer Vokabulare Schlüsselwörter mittels problem-spezifischer Methoden gewichtet bzw. *Tag*-Listen gefiltert werden müssen (*siehe Forschungsfrage 3, Kapitel 1.2*). (AHERN *et al.*, 2007).

Durch die Analyse von Fotodatenbanken, die als *UGC* auf *Tagging*-Systemen beruhen, können umgangssprachliche Raumkonzepte extrahiert werden. Dies erlaubt mehrere Perspektiven bezüglich Raumverständnis einnehmen und bestimmte Orte der Erdoberfläche umgangssprachlich erfassen zu können (EDWARDES & PURVES,

¹<http://code.flickr.com/blog/2009/02/04/100000000-geotagged-photos-plus/>,
Zugriff: 22.01.2010

2007). DYKES *et al.* (2008) haben gezeigt, dass bei geeigneter Interpretation und Visualisierung der *Schlüsselwörter* räumlich variierende Strukturen der menschlichen Landschaftswahrnehmung erkannt werden können.

2.2.3. Motivation zum *Tagging* von Fotos

Im Allgemeinen werden Schlüsselwörter zur Beschreibung von Inhalten verwendet. Dadurch werden grosse Datenbestände organisiert und für zukünftige Navigationen, Filtervorgänge und Suchen aufbereitet (GOLDER & HUBERMAN, 2006). Desktop-Systeme und mobile Umgebungen werden in Bezug auf das Formulieren von Schlüsselwörtern für Fotos durch deren Nutzer gemieden. Auf web-basierten Plattformen wie *Flickr* hingegen wird die Motivation des *Taggings* durch den Umstand des öffentlichen Zugangs und damit des sozialen Austauschs gesteigert. Schlüsselwörter werden aus verschiedenen Anreizen gesetzt. So kann das *Tagging* der Organisation grosser Datenmengen dienen, was bedeutet, dass die Schlüsselwörter als Index dienen und dadurch Fotos inhaltsbezogen wieder gefunden werden können. Kontextuelle Beschreibungen in Form von *Keywords* ermöglichen es dem Fotografen selbst Erinnerungen festzuhalten und einem breiteren Publikum Informationen zu vermitteln. Identische Schlüsselwörter können folglich aus unterschiedlichen und zugleich mehreren Motivationsgründen entstehen. Eine Ortsbezeichnung kann beispielsweise als strukturierendes Element eingesetzt werden oder anderen Anwendern zum Auffinden eines entsprechenden, kontext-spezifischen Fotos verhelfen. Die Motivation zum Formulieren von Schlüsselwörtern für ein bestimmtes Bild wird gesteigert, wenn die technische Umsetzung für den Nutzer einfach realisierbar ist. Häufig werden *Tags* nicht für jedes Foto speziell ausgearbeitet. Es ist mit weniger Aufwand verbunden, wenn man für alle Bilder eines bestimmten Ereignisses die gleichen *Keywords* verwendet. Dies führt dann zu einer gewissen "Ungenauigkeit" bzw. verallgemeinerten Begriffswahl (AMES & NAAMAN, 2007).

2.2.4. Allgemeine Probleme von benutzer-generierten *Tagging*-Systemen

Bei der Verwendung von benutzergenerierten Daten muss berücksichtigt werden, dass zwar Potential für differenzierte Analysen vorhanden ist, sich dabei aber eher Anwendungen eignen, die weniger auf Präzision und Vollständigkeit angewiesen sind (MAUÉ & KESSLER, 2009). *Tagging*-Systeme sind weder hierarchisch noch wird durch das Setzen von Schlüsselwörtern eine vordefinierte Kategorie exakt erfasst. Deshalb werden im Kontrast dazu oftmals die Taxonomien erwähnt. Denn dies sind Methoden, welche Objekte eines Bereichs nach definierten Kriterien zu klassieren versuchen. Diese Kategorisierung erfolgt dabei hierarchisch und nach eindeutigen Regeln. Die uneingeschränkte, regellose Vergabe von Schlüsselwörtern bezüglich bestimmten Webinhalten hat zum Vorteil, dass die spezifische, menschliche Wahrnehmung mit all seinen Facetten erfasst werden kann. Trotzdem beinhalten *Tagging*-Systeme viele Probleme, die aus dem natürlichen und sich kontinuierlich entwickelnden Prozess der Erstellung inhaltlicher Beziehungen – zwischen Wörtern und dem entsprechenden

2. Hintergrund

Inhalt – entstehen. Zu diesen Problemen zählen die Mehrdeutigkeit (Polysemie und Homonymie), das Auftreten von Synonymen und die Variationen des Basislevels. Als Beispiel für die Mehrdeutigkeit kann das Wort “Bank” aufgeführt werden. Dieser Begriff kann abhängig vom Kontext und der verwendeten Sprache anders verstanden werden, nämlich als Sitzgelegenheit, Finanzinstitut oder übersetzt aus dem Englischen als Damm. *Flickr-Tags* werden nicht nach Sprache unterschieden, weshalb der sprachliche Ursprung eines Wortes nicht immer nachvollzogen werden kann. Hat ein *Flickr*-Anwender die Absicht Fotos von Finanzinstituten zu finden, so wird dieser auch ungewollte Bilder von Sitzbänken oder Flussufern erhalten. Bei Synonymen (“Wiese” oder “Rasen”), inkonsistentem Gebrauch von Schlüsselwörtern (“Television” oder “TV”) und Singular-/Plural-Fällen besteht die Schwierigkeit, dass man bei der Wahl eines Wortes nicht alle Fotos im Zusammenhang mit diesem Begriff finden wird, da mit grosser Wahrscheinlichkeit nicht bei jedem Bild mit ähnlichem Inhalt genau die gleichen Beschreibungen gewählt worden sind (GOLDER & HUBERMAN, 2006).

Bei *Flickr-Tags* ist es erlaubt Leerschläge zu setzen, wobei dann ein einzelnes *Keyword* aus zwei Wörtern besteht. Ein weiteres Problem besteht schliesslich darin, dass derartige Schlüsselwörter (z.B. “Rocky Mountains”) nach dem Bezug der Foto-Metadaten über eine Programmierschnittstelle (*siehe Kapitel 3.3*) nicht in dieser Kombination erhalten bleiben, sondern als Einzelwörter erfasst werden. Deshalb ist schlussendlich nicht mehr nachvollziehbar, welchem Ursprung zum Beispiel die Wörter “Rocky” und “Mountains” entstammen.

2.3. Skalenprobleme

Die Landschaftsklassierungen und geomorphometrischen Eigenschaften sind skalenabhängig. Dabei sind der angewendete Algorithmus, eventuell die grösse des lokalen Suchfensters und auch die Auflösung des DHMs entscheidende Einflussfaktoren auf das Massstabsniveau der Resultate. Landschaftsformen können also abhängig von der gewählten Skala, Ausdehnungen von wenigen Metern (z.B. lokale Mulde) bis in den Kilometer-Bereich (z.B. Berg) annehmen. Dabei stösst man in der Geomorphometrie meistens die Absicht den kontinuierlichen Raum in Abschnitte zu unterteilen, welche in Verbindung mit spezifischen Naturprozessen oder -phänomenen relevant sind (RASEMANN *et al.*, 2004). Die Parameter des DHMs und der quantitativen Methoden und damit das Massstabsniveau der resultierenden Landschaftsformen sollen für diese Arbeit wenn möglich dem Skalenbereich der menschlichen Landschaftswahrnehmung gerecht werden können. Deshalb ist ein kurzer Exkurs in die Theorie der Landschaftswahrnehmung unerlässlich.

Primär soll verstanden werden, wie der Mensch visuellen Zugang zur Landschaft findet. Der Mensch interagiert auf zwei unterschiedliche Weisen mit der visuellen Umgebung einer Landschaft. Einerseits kann die Landschaft als visuelles *Array*, andererseits als drei-dimensionales Muster im Raum verstanden werden und so zum Informationsgewinn beitragen. Ein visuelles *Array* kann als Fotografie aufgefasst werden. Das heisst bei diesem Level der Wahrnehmung wird die Landschaft als zwei-

dimensionale Bildebene mit spezifischen Helligkeitsmustern konzipiert. Menschen sind extrem effektiv in der Wahrnehmung von Tiefe und interpretieren folglich Landschaftsfotos automatisch im Sinne von drei Dimensionen. Um menschliches Vorgehen bezüglich Landschaftswahrnehmung begreifen zu können, muss zuerst dessen Zweck verstanden werden. Der Informationsgewinn erfolgt aufgrund zwei grundsätzlicher Motivationen. Man möchte über die visuelle Landschaftswahrnehmung in Erfahrung bringen, was in der Umgebung passiert, gleichzeitig aber auch neue Erkenntnisse erlangen; was wiederum bedeutet, dass man tiefere Zusammenhänge nachvollziehen will. Des Weiteren ist die menschliche Wahrnehmung – durch die jeweils eigenen Erfahrungswerte – individuell verschieden. Dadurch resultiert ein individuell spezifischer Fokus auf die Landschaft (KAPLAN, 1979). Bei der Landschaftsbetrachtung entstehen folglich situationsbedingt individuell unterschiedliche Prioritäten, wobei die Massstabsebene der menschlichen Wahrnehmung stark variieren kann.

Die Landschaft wird in verschiedenen Disziplinen konzeptionell als Mosaik geographischer Einheiten verstanden. Auch in den Umweltwissenschaften hat man erkannt, dass eine sozial geprägte Perspektive auf die Landschaft das Potential dazu hat, das Modell bzw. die Definition von Landschaft zu verfeinern. Wichtig ist die Erkenntnis, dass Individuen die Fähigkeit haben, ihren “Beobachtungsmassstab” situationsbedingt anzupassen (FARINA *et al.*, 2005). Folglich kann die menschliche Landschaftswahrnehmung nicht auf ein bestimmtes Skalenniveau reduziert werden (Wechsel zwischen lokalem Fokus & in die “Ferne schauen”). Daraus könnte ein Skalenproblem zwischen menschlicher und quantitativer Landschaftsanalyse entstehen, denn aufgrund der gewählten Auflösung und abhängig vom verwendeten geomorphometrischen Algorithmus – auch beeinflusst durch die Form und Grösse der *Moving-Windows* – ist die mögliche Grösse der berechneten Geländeformen zu einem gewissen Grad vorbestimmt. Nach der Studie von MARK (2009) muss zusätzlich berücksichtigt werden, dass Völker verschiedener Sprachen und Kulturen, Landschaftsformen in unterschiedliche Kategorien klassieren (MARK, 2009).

BROWN *et al.* (2009) haben eine vergleichende Studie über automatisierte und subjektive Geländeobjektextraktion durchgeführt. Die Resultate dieser Analyse deuten an, dass der Mensch für alle *Geländefeatures* spezifische Klassen über einen breiten Skalenbereich identifiziert. Landschaftsformen gleicher Morphologie, aber verschiedener Skalen werden nicht der gleichen Klasse zugewiesen. Die grösste Übereinstimmung zwischen automatischer Objektextraktion und menschlicher Wahrnehmung wurde in Abhängigkeit der *Featureklassen* folgendermassen festgestellt:

- Berggipfel $\approx 500m$
- Pässe $\approx 1000m$
- Gräte $\approx 2000m$
- Kanäle $\approx 1800m$

Die Begründung für die Wahl des DHMs und dessen Auflösung basiert unter anderem auf den in diesem Unterkapitel formulierten Erkenntnissen und ist in *Kapitel 3.2.1* zu finden.

2.4. Resultierende Fragestellungen

Die Erfassung umgangssprachlicher Geographie im Zusammenhang mit Geomorphometrie beruht hauptsächlich auf folgender Motivation:

- Erstellung neuer formaler GIS-Methoden unter Berücksichtigung menschlicher Raumkonzeption (EGENHOFER & MARK, 1995)
- Analyse bestehender GIS-Methoden hinsichtlich menschlicher Raumkonzeption (EGENHOFER & MARK, 1995)
- Identifikation eines einheitlichen Vokabulars bezüglich Landschaftsformen innerhalb der Forschung der Geomorphometrie (SMITH & MARK, 2001, 2003; STRAUMANN, 2009)

Die Erkenntnis eines einheitlichen Vokabulars bezüglich Landschaftsformen soll für eine gemeinsame Kommunikationsbasis unter Forschenden sorgen und so GIS-Methoden und Ansätze der Geomorphometrie vergleichbar und interoperabel machen. Durch die Erfassung einer gemeinsamen menschlichen Landschaftswahrnehmung kann dies realisiert werden. Zusätzlich ermöglichen sozial geprägte Raumkonzepte die Anpassung mathematischer Methoden an die Bedürfnisse von Nicht-Experten für den Alltagsgebrauch (EGENHOFER & MARK, 1995; STRAUMANN, 2009).

Aufgrund der rein mathematisch ausgerichteten Ansätze der Geomorphometrie liegt der Fokus dieser Arbeit in der Erforschung von Zusammenhängen zwischen quantitativen Methoden und der Landschaftswahrnehmung von Menschen. Das Verständnis vorhandener geomorphometrischer Methoden bezüglich menschlicher Raumkonzepte soll damit verbessert werden. Das Studium der Literatur hat gezeigt, dass derartige Analysen bisher noch weitgehend unangetastet geblieben sind, wobei deren Notwendigkeit unumstritten ist. MARK (2009) argumentiert, dass vor allem mit dem Aufkommen des *WWW* und des *Semantic Web* in der Wahrnehmung bedeutende Landschaftsformen an Wichtigkeit gewonnen haben, wobei die Lücke zwischen quantitativer und qualitativer Erfassung des Geländes durch die gesteigerte Qualität und bessere Auflösung der DHMs noch grösser geworden ist (MARK, 2009).

EDWARDES & PURVES (2007) stellen fest, dass durch die Analyse von Text und Bildern einer Webfotosammlung mehrere Perspektiven bezüglich bestimmter Orte der Erdoberfläche erkannt werden können. Anhand eines Foto-*Tagging*-Systems kann die Variation der Landschaftswahrnehmung im geographischen Raum erfasst werden (DYKES *et al.*, 2008). Auch GUSZLEV & LUKÁCS (2007) machen konkrete Vorschläge zur Umsetzung der menschlichen Landschaftswahrnehmung mit Hilfe von *Tagging*-Systemen. Erste einfache derartige Versuche mit Bezug zur quantitativen Geländemodellierung werden im Rahmen dieser Arbeit anhand georeferenzierter Foto-*Tags* aus dem Internet durchgeführt. Daraus ergibt sich folgende Forschungsfrage:

Forschungsfrage 1: *Wie beschreiben Menschen in ihrer Umgangssprache Geländeoberflächen anhand georeferenzierter Tags im Vergleich zu Konzepten der quantitativen Landschaftsanalyse der Geomorphometrie?*

Weiter soll nicht ausschliesslich das menschliche Verständnis der Geographie bzw. der Landschaft aus georeferenzierten *Tags* abgeleitet, sondern auch erkannt werden, ob sich umgangssprachliche, aus Schlüsselwörter erstellte Kategorien bezüglich Geländeoberflächen voneinander unterscheiden lassen. Die folgende zweite Forschungsfrage entstammt einer ähnlichen Argumentation wie die *Forschungsfrage 1*, wobei hier genauer darauf eingegangen wird, inwiefern sich quantitative Landschaftsformen von umgangssprachlichem Alltagswissen aus *Flickr*-Metadaten ableiten lassen.

Forschungsfrage 2: *Inwiefern eignen sich benutzergenerierte Flickr-Daten zur Bildung von Kategorien quantitativer Geländeoberflächen?*

Die verfügbaren, benutzergenerierten Daten über das Internet haben das Potential neue Möglichkeiten für die Forschung im Bereich der Geländemodellierung bieten zu können, aber auch neue Herausforderungen und Probleme hervorzurufen. Metadaten von *Flickr*-Fotos können als riesiger empirischer Datensatz verstanden werden. Für entsprechende Erhebungen von vergleichbarem Umfang mit Hilfe traditioneller Methoden – wie Interviews und Umfragen – müsste viel mehr Zeit in Anspruch genommen werden. Auch die Schwierigkeit der Verknüpfung umgangssprachlicher Geographie mit konkreten Orten resp. Koordinaten der Erdoberfläche wird durch Fotos mit *Geotags* auf relativ einfache Art und Weise gelöst. Obwohl Schlüsselwörter als *UGC* regellos vergeben werden, haben verschiedene Studien gezeigt, dass *Flickr* durch die georeferenzierten *Tags* dazu benutzt werden kann die menschliche Wahrnehmung der realen Welt bzw. Alltagswissen über die Geographie zu verstehen (KENNEDY *et al.*, 2007; RATTENBURY *et al.*, 2007; RATTENBURY & NAAMAN, 2009). Die Hauptschwierigkeit im Umgang mit regellos vergebenen Schlüsselwörtern liegt in der kontextbezogenen Filterung der riesigen *Tag*-Listen. Informationen, die bezüglich eines bestimmten Zwecks relevant sind, müssen von *Keywords*, welche in einem spezifischen Kontext unwichtig sind, getrennt werden. Die Erforschung von *UGC* beschäftigt sich genau mit solchen Fragestellungen. Erkenntnisse aus *UGC* in Form von gemeinsamen Vokabularen können im Fachgebiet des *Geographic Information Retrieval (GIR)* auch dazu dienen die Indexierung von Bildern besser zu verstehen und dadurch das Auffinden von *Online*-Medien zu optimieren. Im Rahmen dieser Arbeit wird *UGC* – im Speziellen *Flickr*-Metadaten – hauptsächlich als Datenbestand zur Erfassung umgangssprachlicher Geographie dienen. Daraus kann die menschliche Wahrnehmung über *Geotags* bestimmten Orten der Erdoberfläche bzw. quantitativ berechneter Landschaftsformen zugeordnet werden. Die *Flickr*-Metadaten ermöglichen also den Vergleich quantitativer Methoden mit sozialer Auffassung der Landschaft. Da aber bezüglich mathematischer Ansätze der Geomorphometrie noch keine konkreten kontextbezogenen Filtermethoden existieren, entsteht im Rahmen dieser Arbeit folgende dritte Forschungsfrage:

Forschungsfrage 3: *Wie können grosse Flickr-Schlagwortlisten bezüglich bestimmtem semantischem Kontext gefiltert werden?*

2. Hintergrund

Hinsichtlich der Geomorphometrie kann zusammenfassend gesagt werden, dass Landschaften durch eine Vielzahl von Objekten charakterisiert sind, welche man benennen kann und aus kulturellen Gründen wichtig sind. “Berg” zum Beispiel ist eine Erscheinungsform der Landschaft, die sich nicht präzise abgrenzen lässt und deren Definition nicht eindeutig gegeben ist (FISHER *et al.*, 2004). Aktuelle Versuche der Modellierung von vagen Orten auf der Erdoberfläche werden durch folgende Ansätze realisiert:

- Wahrscheinlichkeitsoberflächen (z.B. MONTELLO *et al.*, 2003)
- Unscharfe Mengen (*fuzzy sets*) (z.B. FISHER *et al.*, 2004)
- Grobe Mengen (*rough sets*) (z.B. VÖGELE *et al.*, 2003)
- Vage körnige Aufteilungen (*vague granular partitions*) (z.B. BITTNER & SMITH, 2003)

Diese verschiedenartigen Ansätze haben zum Ziel, mit gegebenen Ortsbezeichnungen oder durch den Menschen benannten Landschaftsobjekten vage Regionen adäquat zu erfassen oder zur Verbesserung von Internet-Suchresultaten beizutragen. Aus den unterschiedlichen Methoden geht hervor, dass diese nur zweckbezogen funktionieren und nicht direkt auf die Problemstellung dieser Arbeit übernommen werden können. In dieser Arbeit ist deshalb ein anderes Vorgehen geplant. *Features* der Landschaft sollen nicht durch vordefinierte Begriffe beschrieben werden, da so eine subjektive Einschränkung der Landschaftswahrnehmung stattfindet. Es soll erkannt werden können, durch welche spezifischen Wörter ein bestimmter Landschaftsabschnitt umgangssprachlich charakterisiert wird. Konkret sind dafür Methoden erforderlich, die im Zusammenhang mit der menschlichen Landschaftswahrnehmung und im Kontext einer bestimmten Untersuchungsregion relevante *Tags* aus ungeordneten Schlagwörterlisten extrahieren. Zum jetzigen Zeitpunkt existieren solche kontextspezifischen Ansätze noch nicht. Im Rahmen dieser Arbeit soll mit der Beantwortung der *Forschungsfrage 3* eine Methodik gefunden werden, die den Ansprüchen einer kontextbezogenen *Tag*-Extraktion gerecht wird.

3. Datengrundlagen und Software

3.1. Untersuchungsgebiet

Die hergeleiteten Forschungsfragen werden anhand der Anwendung quantitativer Methoden der Geomorphometrie, basierend auf einem DHM und verschiedener Experimente mit *Flickr*-Metadaten beantwortet. Die räumliche Verteilung von *Flickr*-Fotos erlaubt es nicht beispielsweise die Schweizer Alpen als Untersuchungsgebiet zu wählen, da in der Schweiz zu wenig Bilder mit *Geotags* verfügbar sind. Zur quantitativen und umgangssprachlichen Analyse der Landschaft wird bewusst eine Region gewählt, die eine ausgeprägte Topographie aufweist. Dadurch erhofft sich der Autor potentiell deutlicher ausgeprägte Resultate. Meistens sind alpine Gebiete weniger gut erschlossen als urbane Regionen, was wiederum zur Folge hat, dass in abgelegenen Gebieten auch weniger Datenmaterial vorliegen wird. Deshalb ist ein weiterer Anspruch an das Untersuchungsgebiet eine relativ weite Ausdehnung mit verhältnismässig einheitlicher, charakteristischer Morphometrie.

Grundsätzlich werden in dieser Arbeit zwei Hauptuntersuchungsgebiete verwendet. In den Hauptuntersuchungsgebieten werden die effektiven Berechnungen und Analysen zur Beantwortung der Forschungsfragen durchgeführt. Jedes dieser Hauptuntersuchungsgebiete bildet zusammen mit einem zusätzlichen Nebenuntersuchungsgebiet eine sogenannte morphologische Einheit. Die Nebenuntersuchungsgebiete werden für methodische Zwecke im Zusammenhang mit der umgangssprachlichen Erfassung der Landschaft aus den *Flickr*-Daten benötigt (*siehe Kapitel 4.2*). Entsprechende Haupt- und Nebenuntersuchungsgebiete werden als morphologische Einheit bezeichnet, da sich diese durch ähnliche morphometrische Charakteristiken auszeichnen. Die morphologischen Einheiten hingegen haben den Zweck durch morphometrisch unterschiedliche Eigenschaften allgemeinere Aussagen bezüglich der Interpretation der Resultate zuzulassen, falls unabhängig von der Eigenart einer bestimmten Region ähnliche Resultate entstehen sollen. Die morphologische Verwandtschaft zwischen den Haupt- und Nebenregionen wird wegen ähnlicher klimatischer Bedingungen und räumlicher Nähe angenommen.

Flickr-Daten für abgelegene Regionen sind vor allem in Nordamerika vorzufinden. In Europa beschränkt sich ein Grossteil der Fotos auf städtische Gebiete. Somit bieten sich die *Rocky Mountains* – im Nord-Westen der USA – als erstes Hauptuntersuchungsgebiet an. Das zweite Hauptuntersuchungsgebiet liegt räumlich nicht zu weit von den *Rocky Mountains* entfernt, weist aber morphometrisch andere Eigenschaften auf. Als zweite Hauptregion eignet sich der *Grand Canyon*. Die geographische Nähe soll dafür sorgen, dass kulturelle und sprachliche Unterschiede in der Ausprägung der umgangssprachlichen Geographie minimalen Einfluss auf die Resultate haben. Als

3. Datengrundlagen und Software

zusätzliches, morphologisch ähnliches Gebiet zu den *Rocky Mountains* (USA) wird ein weiterer Ausschnitt der *Rockies* in Kanada verwendet. Die *Rocky Mountains* kann man sich intuitiv ähnlich zu den Schweizer Alpen vorstellen. Das *Death Valley* eignet sich als morphologisch vergleichbares Gebiet zum *Grand Canyon*, denn diese und das *Death Valley* sind gegenüber den *Rocky Mountains* tendenziell wärmerem Klima ausgesetzt und zeigen einen wüstenhaften Charakter (siehe *Abbildung 3.1*).



(a) *Rocky Mountains* der USA (Fotograf: AlphaTangoBravo / Adam Baker)



(b) *Rocky Mountains* in Kanada (Fotograf: jurvetson)



(c) *Grand Canyon* (Fotograf: Fundenburg)



(d) *Death Valley* (Fotograf: H Dragon)

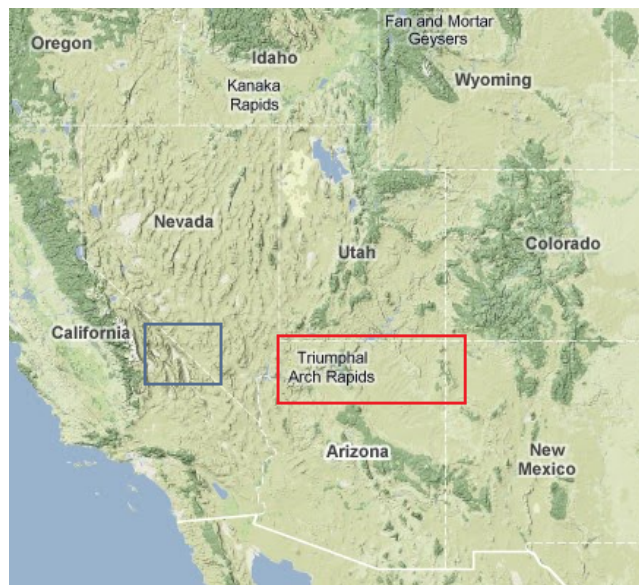
Abbildung 3.1.: Repräsentative Fotos der Untersuchungsgebiete (*Flickr*-Fotos unter *Creative Common*-Lizenz)

Es ergeben sich also die morphologischen Einheiten *Rocky Mountains* (USA)-*Rocky Mountains* (CAN) und *Grand Canyon*-*Death Valley* (siehe *Abbildung 3.2*). Die genauen Gebietskoordinaten der entsprechenden *Bounding Boxes* sind der *Tabelle 3.1* zu entnehmen. Die Koordinaten sind mit einer Genauigkeit von einer Nachkommastelle relativ grob gewählt worden.

3.1. Untersuchungsgebiet



(a) *Rocky Mountains* der USA (rot) und in Kanada (blau)



(b) *Grand Canyon* (rot) und *Death Valley* (blau)

Abbildung 3.2.: Untersuchungsgebiete verschiedener Morphologie (Quelle: *Google Maps*)
rot: Hauptregion, blau: Nebenregion

3. Datengrundlagen und Software

Grenzlage	<i>Rockies</i> (USA)	<i>Rockies</i> (CAN)	<i>Grand Canyon</i>	<i>Death Valley</i>
Min West-Ost	116.5° W	118.0° W	114.0° W	118.0° W
Max West-Ost	111.0° W	114.5° W	108.0° W	116.0° W
Min Süd-Nord	43.0° N	50.5° N	35.0° N	35.9° N
Max Süd-Nord	49.0° N	53.5° N	37.0° N	37.5° N

Tabelle 3.1.: Koordinaten der Untersuchungsgebiete

3.2. SRTM-Höhenmodell

3.2.1. Begründung der DHM-Wahl

Als Grundlage zur geomorphometrischen Analyse der *Rocky Mountains* (USA) und der *Grand Canyons* dient ein DHM. Da die Untersuchungsgebiete relativ grosse Ausdehnungen aufweisen, ist es nicht sinnvoll ein zu detailliertes *LiDAR*-DHM mit Auflösungen im *m*-Bereich zu verwenden.

Das Ziel dieser Arbeit ist es nicht Untersuchungen in Abhängigkeit verschiedener Skalen durchzuführen, sondern erste einfache Zusammenhänge zwischen quantitativer und subjektiver Geländeerfassung zu erkennen. Deshalb wird eine optimale, fixe Auflösung für das DHM zur quantitativen Geländeanalyse gesucht, welche den im vorangehenden Kapitel beschriebenen Untersuchungsgebieten und den Kriterien aufgrund der Erkenntnisse bezüglich Skalenproblemen (*siehe Kapitel 2.3*) gerecht werden soll. Eine flächenmässige Abdeckung in der Grössenordnung von Staaten der USA ist ein wichtiges Charakteristikum und mit dem DHM müssen mittlere bis grosse Oberflächenstrukturen (500-2000m) detektierbar sein. Diese Bedingungen werden durch die *Shuttle Radar Topography Mission (SRTM)* mit einer Auflösung von 90m erfüllt, welche von der NASA geflogen wurde. GUTH (2009) hat mit dem *SRTM*-Datensatz (90m) beispielsweise lineare Sanddünen auf globaler Stufe erfasst. Die oben aufgeführten Argumente rechtfertigen die Verwendung eines *SRTM*-Datensatzes mit 90m-Auflösung als Basis für die quantitativen Klassierungen.

3.2.2. Fakten zum SRTM-Datensatz

Die *Consultative Group for International Agricultural Research (CGIAR)* bietet post-prozessierte *3-arc second SRTM*-Höhenmodelle an. Das *SRTM*-Höhenmodell wurde mit einer Auflösung von drei Bogensekunden (ca. 90m beim Äquator) von der Webseite

des *CGIAR Consortium for Spatial Information (CGIAR-CSI)*¹ bezogen. Der *SRTM*-Datensatz mit 90m Auflösung deckt ca. 80% der globalen Landschaftsoberfläche (von 60°N bis 56°S) ab. In den USA ist sogar eine Auflösung von *1-arc second*, was ungefähr 30m entspricht, verfügbar.

Die *Shuttle Radar Topography Mission* wurde im Februar 2000 innerhalb von 11 Tagen durchgeführt. Die *SRTM*-Höhendaten leitete man von einer interferometrischen, synthetischen Radarapertur (*Interferometric SAR, InSAR*) im X- und C-Band ab, wobei die hier verwendeten Daten im C-Band aufgenommen wurden. Das *SRTM* als frei erhältliches, globales DHM setzte bezüglich Detailgrad neue Massstäbe. Aufgrund der angewandten Radartechnik und der interferometrischen Prozessierung entstehen Flächen mit fehlenden Daten. Häufig handelt es sich dabei um geometrische Artefakte, spiegelnde Reflexion an Wasseroberflächen, Artefakte des *Phase Unwrapping* und Lücken infolge komplexer dielektischer Konstanten. Die Höhengenaugigkeit des *SRTM*-C-Band-Datensatzes liegt im Bereich von $\pm 16m$ (USGS, 2006). Bei den bezogenen Höhendaten vom *CGIAR-CSI* Geoportal handelt es sich um vorprozessierte Daten der Version 4. Eine sogenannte "*Finished*"-Version (Version 2) wurde durch das *U.S. Geological Survey (USGS)* bereitgestellt und nach REUTER *et al.* (2007) prozessiert. Dabei wurden lokale Erhebungen, welche in ihrer Umgebung Höhenunterschiede von mehr als 100m aufweisen, entfernt und Lücken, die aus weniger als 16 Pixeln bestehen durch eine *Nearest-Neighbour*-Interpolation aufgefüllt. Grössere Flächen mit fehlenden Daten sind bei diesem Prozessierungslevel noch unverändert geblieben. Die Version 4 des *SRTM*-Datensatzes wurde nach den vorgeschlagenen Methoden von REUTER *et al.* (2007) realisiert. Die Stellen ohne Daten sind bei den *SRTM*-Höhendaten überall vorhanden. Deshalb wurden, abhängig von der Lückengrösse und des vorliegenden Geländetyps, verschiedene Interpolationsmethoden angewendet und unterschiedliche, existierende Hilfhöhenmodelle – mit der Absicht, die Genauigkeit zu verbessern – verwendet. Das horizontale Datum der *SRTM*-Daten ist WGS84 in Längen- und Breitengraden und das vertikale Datum entspricht dem EGM96 in der Einheit Meter (REUTER *et al.*, 2007). Die *SRTM*-Daten (Version 4) weisen keine leeren Stellen mehr auf und sorgen so für eine vollständige Abdeckung der Untersuchungsgebiete.

Die *Tabelle 3.2* zeigt einfache statistische Grössen der Höhenmodelle, um einen ersten Eindruck der Topographie zu vermitteln. Die bezogenen Datensätze weisen alle eine Auflösung von drei Bogensekunden auf und unterscheiden sich betreffend ihrer Fläche deutlich. Bei der Wahl der Regionen muss jedoch darauf geachtet werden, dass es keine Überschneidungen mit städtischen Gebieten gibt. Sonst würden die resultierenden Schlüsselwörterlisten (aus den nachfolgend erklärten *Flickr*-Daten) durch urbane Begriffe dominiert und damit die Erfassung menschlicher Wahrnehmung im Zusammenhang mit Geomorphometrie erschwert werden. Die einzelnen statistischen Grössen (Minimum, Maximum, Relief, Mittelwert und Standardabweichung) lassen keine Aussage über die angenommene Ähnlichkeit der jeweiligen Haupt- und Nebenregion zu. Bisher wurde argumentiert, dass sich die *Rocky Mountains* (USA & CAN) gegenüber den Wüstengebieten wegen der räumlichen Distanzen und folglich auch aus

¹<http://srtm.csi.cgiar.org/>

3. Datengrundlagen und Software

Statistik	<i>Rockies</i> (USA)	<i>Rockies</i> (CAN)	<i>Grand Canyon</i>	<i>Death Valley</i>
Auflösung [<i>arcsec/m</i>]	3/90	3/90	3/90	3/90
Fläche [<i>km²</i>]	405061	116581	169331	45465
Minimum [<i>m</i>]	279	428	351	-106
Maximum [<i>m</i>]	3800	3654	3819	3361
Relief [<i>m</i>]	3521	3226	3468	3467
Mittelwert [<i>m</i>]	1652.4	1623.4	1779.5	1232.0
Standardabweichung [<i>m</i>]	494.9	551.6	334.1	558.3

Tabelle 3.2.: Einfache Statistik der DHMs

klimatischen Gründen sehr grob und intuitiv abgrenzen lassen. Die Begründung der Ähnlichkeitsverhältnisse zwischen den verschiedenen Untersuchungsgebieten soll hier vor dem Hintergrund der quantitativen *SRTM*-Daten nochmals aufgegriffen werden. Dazu dienen die hypsometrischen Kurven, welche die kumulative relative Verteilung der Höhenwerte vermitteln (*siehe Abbildungen 3.3 & 3.4*).

Die dargestellten hypsometrischen Kurven beschreiben jeweils den flächenmässigen Anteil der Untersuchungsregion, welcher oberhalb einer bestimmten relativen Höhe liegt. Dabei wird ersichtlich, dass sich die beiden Untersuchungsgebiete der *Rockies* in den USA resp. Kanada bezüglich dem Kurvenverlauf sehr ähnlich sind (*siehe Abbildung 3.3*). Der Graph für das *Death Valley* (*siehe Abbildung 3.4(b)*) kommt der Charakteristik der *Rocky Mountains* näher als der Verteilung des *Grand Canyon*. Die Höhenverteilung des *Grand Canyon* (*siehe Abbildung 3.4(a)*) unterscheidet sich am stärksten von den übrigen Darstellungen, denn dieser zeigt grosse Flächenanteile zwischen 40 und 60% der relativen Höhe. Dies lässt sich damit begründen, dass der *Grand Canyon* über hoch liegende, relativ flache Plateaus verfügt und sich dadurch die Höhenwerte an dieser Stelle anhäufen. Das *Death Valley* beansprucht gegenüber den übrigen Untersuchungsregionen mehr Fläche für die Höhenwerte zwischen 0 und 20%. Dies bedeutet, dass im *Death Valley* der Flächenanteil an relativ tief gelegenen Regionen stärker ausgeprägt ist, als in den übrigen Untersuchungsgebieten. Der Verlauf der hypsometrischen Kurven zeigt für alle vier Testregionen eine ähnliche Charakteristik, wobei sich rein visuell der *Grand Canyon* am stärksten von den übrigen Graphen abhebt.

Ein skalen-unabhängiges Mass, welches einen quantitativen Vergleich der Topographie verschiedener Regionen zulässt, ist das hypsometrische Integral. Mittels diesem

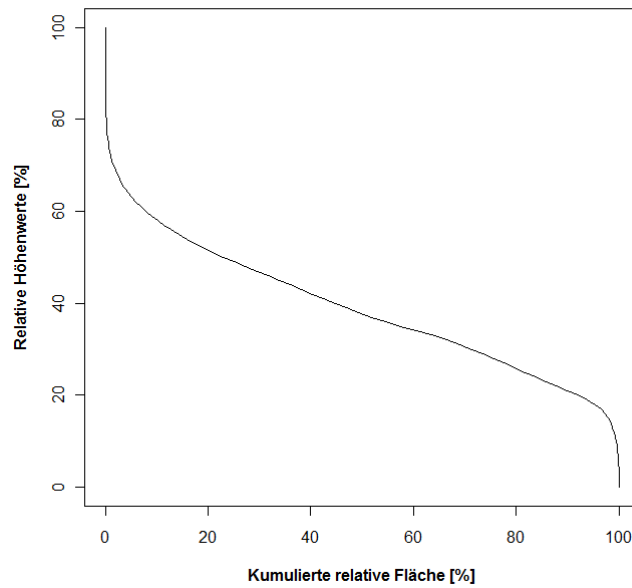
morphologischen Index ist es möglich die Topographie verschiedener Gebiete in Relation zu stellen und deren Ähnlichkeit durch einen einzelnen Skalar zu erfassen. Das hypsometrische Integral entspricht der Fläche unterhalb der dargestellten Kurven in den *Abbildungen 3.3* und *3.4* und kann Werte zwischen Null und Eins annehmen (STRAHLER, 1952). Für grosse Flächenanteile in relativ hoch gelegenen Regionen strebt dieses Integral gegen Eins und umgekehrt nähert sich dieser quantitative Parameter für Gebiete mit ausgeprägt hohem Anteil an verhältnismässig tief gelegener Landschaft dem Wert Null an. Sind die Höhenwerte bezüglich ihrem Flächenanteil gleichverteilt, so hat dieses Integral resp. die Fläche unterhalb der hypsometrischen Kurve eine Grösse von 0.5. Die berechneten Werte für die Untersuchungsregionen sind der *Tabelle 3.3* zu entnehmen.

Untersuchungs- region	<i>Rockies</i> (USA)	<i>Rockies</i> (CAN)	<i>Grand</i> <i>Canyon</i>	<i>Death</i> Valley
Hypsometrisches Integral	0.385	0.366	0.407	0.381

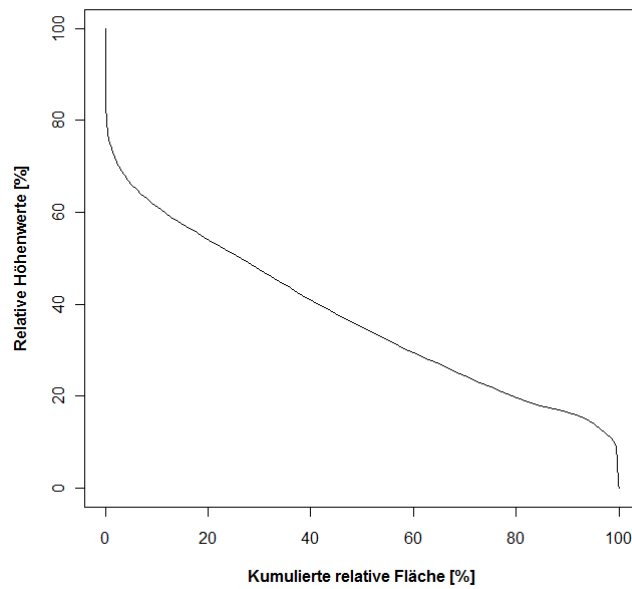
Tabelle 3.3.: Hypsometrische Integrale aller vier Untersuchungsregionen

Generell erkennt man anhand der hypsometrischen Integrale, dass sich diese vier Gebiete topographisch resp. morphologisch relativ ähnlich sind, denn alle berechneten Grössen streuen eng um den Wert 0.4. Die *Region Of Interest (ROI)* der amerikanischen *Rocky Mountains* und die Testregion des *Death Valley* sind sich morphologisch am nächsten und die grösste Differenz ist zwischen den kanadischen *Rockies* und dem *Grand Canyon* feststellbar. Basierend auf den zusätzlichen Kriterien der räumlichen Nähe und der verwandten klimatischen Bedingungen zwischen Haupt- und Nebenregionen kann aufgrund der hypsometrischen Integrale eine geomorphometrische Abgrenzung zwischen den Regionen der *Rockies* und den beiden ariden Gebieten begründet werden.

3. Datengrundlagen und Software

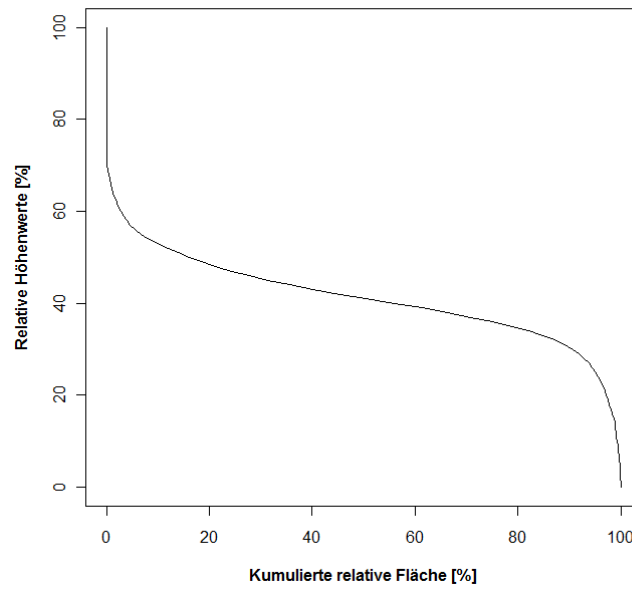


(a) Hypsometrische Kurve, *Rockies* (USA)

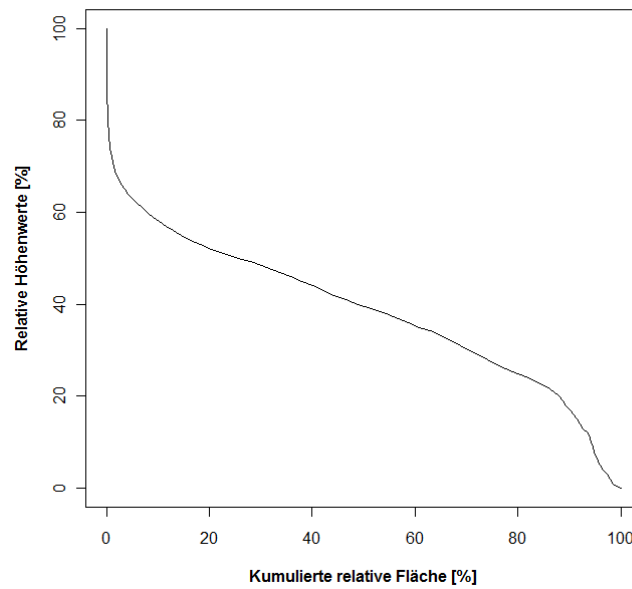


(b) Hypsometrische Kurve, *Rockies* (CAN)

Abbildung 3.3.: Hypsometrische Kurven der nördlichen Untersuchungsgebiete



(a) Hypsometrische Kurve, *Grand Canyon*



(b) Hypsometrische Kurve, *Death Valley*

Abbildung 3.4.: Hypsometrische Kurven der südlichen Untersuchungsgebiete

3.3. Flickr-Daten

Zur Erfassung der menschlichen Wahrnehmung der Landschaft werden Daten der Webfotosammlung *Flickr*¹ benutzt. Genauer gesagt, werden Metadaten der Fotos analysiert, welche durch die Fotobesitzer beim Hochladen der Bilder angegeben werden. Essentiell dabei ist die Information über den Aufnahmeort und die Schlüsselwörter, welche das Bild beschreiben. In diesem Unterkapitel entstammen Informationen, welche keine spezifischen Quellenangaben aufweisen, generell von der *Flickr*-Webseite oder im Zusammenhang mit der *Flickr* Programmierschnittstelle von <http://www.flickr.com/services/api/>.

Der Ursprung von *Flickr* war ein *Multiplayer Online Game* (*“Game Never Ending”*) der kanadischen Firma *Ludicorp*, mit der Idee sozialen Raum zu kreieren, in welchem es zu einem gewissen Grad möglich ist “Dinge” frei und selbständig zu konstruieren und diese zu verwalten. In der Entwicklungsphase entstand als Teil des Spiels das *Chat-Tool FlickrLive*, wobei dessen Sinn darin bestand sich über Fotos austauschen zu können. Im Februar 2004 wurde basierend auf *FlickrLive* das Gerüst des aktuellen Systems lanciert. Die Firma *Ludicorp* wurde im März 2005 von *Yahoo* aufgekauft. *Flickr* erlaubt es, Fotos per E-Mail über das Web oder von mobilen Telefonen aus hochzuladen. Etwa 80% der Fotos sind für jedermann öffentlich zugänglich. Die Möglichkeit des *Taggings* wurde mit dem *Flickr*-System neu eingeführt, wobei man dessen Grundgedanke von *Del.icio.us* (*Bookmarking Service*) übernommen hatte. Während bei *Del.icio.us* eine *URL* durch mehrere Benutzer *getaggt* werden kann, findet bei *Flickr* die Spezifizierung der *Keywords* in der Regel durch den Autoren statt (AMES & NAAMAN, 2007; COX, 2008).

Der Zugriff auf die Foto-Metadaten erfolgt über die *Flickr* Programmierschnittstelle (*Application Programming Interface, API*). Konkret wird in dieser Arbeit die *Flickrj API*¹ verwendet. Diese ermöglicht es – basierend auf der Programmiersprache *JAVA* – beispielsweise Metadaten für Fotos gewünschter Regionen und bestimmter *Tags* zu beziehen. Für den Zweck dieser Arbeit ist beim Bezug der Metadaten als einzige Einschränkung eine *Bounding Box* der Untersuchungsgebiete gegeben. Die Daten werden einzeln für jede der vier Haupt- bzw. Nebenregionen heruntergeladen. Der Bezug der Fotos unterliegt nur einer geographischen Einschränkung. Die Fotos werden abhängig vom Aufnahmeort, also ausschliesslich Bilder innerhalb des angegebenen Untersuchungsgebiets und ohne Restriktion bezüglich vorhandener Schlüsselwörter, empfangen. Die vom Autor ausgewählten Metadaten bestehen im Wesentlichen aus einer eindeutigen Foto-ID, den Längen- und Breitengraden (*WGS84*) des Aufnahmeorts, einer *User-ID*, der Anzahl an Schlüsselwörtern und den *Tags*; wobei es verschiedene Methoden der *Flickrj API* erlauben würden, noch weitere Daten zu beziehen. Diese Metadaten werden für jedes Foto und einen bestimmten Zeitpunkt in einer Textdatei gespeichert (*siehe Abbildung 3.5*). Das genaue Datum und die Uhrzeit sind wichtig, weil sich die Datenquelle dynamisch mit der Zeit verändert. Im Folgenden wird grund-

¹<http://www.flickr.com/>

¹<http://flickrj.sourceforge.net/>

sätzlich immer ein Bezug auf den gespeicherten Datensatz im *Textfile* vorgenommen. Zu den Ortsangaben ist an dieser Stelle noch die Bemerkung angebracht, dass *Flickr* diesbezüglich keine Vorschriften macht. Die Koordinaten des Fotos müssen folglich nicht dem Aufnahmeort entsprechen. Dies führt zu einer gewissen Ungenauigkeit in den Ortsangaben. Bei einem *GPS*-fähigen Fotogerät ist klar, dass der Aufnahmeort gespeichert wird. Bei einem Bild eines bekannten Berges oder einer Sehenswürdigkeit kann es hingegen vorkommen, dass bei manueller Koordinatensetzung nicht der Aufnahmeort, sondern das Zielobjekt selbst gewählt wird.

```
Wed Aug 19 09:53:35 CEST 2009: 46401 photos all in all
0;3835130209;16;-115.90983;44.55626;24385585@N06;9;sky;clouds;forest; ...
1;3835664128;16;-113.81774;48.69537;7133314@N03;8;montana; ...
2;3835524672;16;-113.44833;45.6175;66548548@N00;0;
3;3834725429;16;-113.64284;45.641167;66548548@N00;0;
4;3835529008;16;-116.15639;43.60147;40268340@N00;8;road;usa;us; ...
5;3834337891;16;-113.813644;48.46643;7793417@N02;10;camping; ...
6;3834312653;16;-115.40417;47.635784;12631010@N02;0;
7;3834308191;16;-112.023384;46.372578;12631010@N02;0;
8;3834310457;16;-115.38917;47.6175;12631010@N02;0;
9;3834309145;16;-112.023384;46.372578;12631010@N02;0;
10;3835105274;16;-115.3552;47.597;12631010@N02;1;movie;
...
```

Abbildung 3.5.: Beispiel für *Flickr*-Daten

Der erste Eintrag (nach dem *Header*, von der zweiten Zeile an) ist eine Foto-ID als Zähler und an zweiter Stelle erkennt man die von *Flickr* intern benutzte Bild-ID. Es gibt verschiedene Varianten zur Erfassung der Koordinaten des Aufnahmeorts, normalerweise werden diese aber über ein Karten-*Interface* manuell durch einen “Klick” gesetzt. Moderne Fotoapparate verfügen meistens über ein eigenes *GPS* (*Global Positioning System*), womit die Koordinaten zum Foto automatisch gespeichert werden. Das dritte Attribut beschreibt die Genauigkeit bzw. bei welcher Zoomstufe die Koordinaten gesetzt wurden. Diese Genauigkeit ist über Massstabsniveaus mit Werten zwischen 1 und 16 klassiert (1: Welt, 3: Land, 6: Region, 11: Stadt, 16: Strasse). Danach sind die Koordinaten (Länge und Breite), Nutzer-ID, Anzahl gesetzter *Keywords* und die Schlüsselwörter aufgeführt. Die *Flickrj API* verursacht beim Beziehen der Daten teilweise Duplikate der Fotos, welche jedoch durch ein iteratives Herunterladen unterdrückt werden können. Ein iterativer *Download* bedeutet ein schrittweiser Bezug der Metadaten in Paketen, welche Daten von maximal 1000 Fotos pro Durchlauf beinhalten. Der folgenden *Tabelle 3.4* sind allgemeine Angaben zu den *Flickr*-Daten zu entnehmen.

Die Hauptregionen weisen gegenüber den Nebenregionen ungefähr viermal mehr Fotos auf. Unter den Haupt- und Nebengebieten liegt die Anzahl in der gleichen Größenordnung. Über die *Flickr API* können nicht alle vorhandenen Fotos empfangen werden. Für alle Untersuchungsgebiete ist jedoch ein hoher Anteil an Metadaten – von

3. Datengrundlagen und Software

Statistik	<i>Rockies</i> (USA)	<i>Rockies</i> (CAN)	<i>Grand Canyons</i>	<i>Death Valley</i>
Download (MESZ/ <i>CEST</i>)	19.08.09 9:53:35	19.08.09 14:12:04	15.09.09 10:16:11	15.09.09 11:34:30
Vorhandene Fotos	46401	12750	39345	10734
Empfangene Fotos	46396	12749	38825	10606
Empfangene Fotos [%]	99.99	99.99	98.68	98.81
<i>Tags</i> total	255823	67457	218582	58772
<i>Tags</i> pro Foto	5.51	5.29	5.63	5.54
Verschiedene <i>User</i>	1299	557	1704	592
Fotos ohne <i>Tags</i>	8685	1869	5594	1165
Fotos ohne <i>Tags</i> [%]	18.72	14.66	14.41	10.98
Fotos ohne Koordinaten	2960	829	2685	656
Fotos ohne Koordinaten [%]	6.38	6.50	6.92	6.19
Fotos mit <i>Geotags</i>	35261	10087	31228	8896
Fotos mit <i>Geotags</i> [%]	76.00	79.12	80.43	83.88
Verschiedene <i>Tags</i>	17023	5864	12144	4854
Fotos pro km^2	0.0871	0.0865	0.1844	0.1957

Tabelle 3.4.: Einfache Statistik der *Flickr*-Fotos

beinahe 100% – verfügbar. Für alle Untersuchungsgebiete liegt die durchschnittliche Anzahl *Tags* pro Bild im Bereich von 5.5. Da für die Analyse der Landschaftswahrnehmung nur Fotos mit *Geotags* relevant sind, reduziert sich die Anzahl verwendbarer Fotos nochmals erheblich. In den von *Flickr* bezogenen “Rohdaten” gibt es relativ viele verschiedene eindeutige Schlüsselwörter, da sich in diesen Listen nicht nur *Tags* mit Bezug zum Bildinhalt und Kontext, sondern auch unerwünschte Informationen wie zum Beispiel technische Angaben, befinden. Interessant ist auch der Parameter “Fotos pro km^2 ”. Man erkennt, dass die Fotodichte in den *Rocky Mountains* im Vergleich zu den Wüstengebieten ungefähr halb so gross ist, die Verteilung der Fotos in den *Rockies* (USA) rein visuell gegenüber dem *Grand Canyon* jedoch homogener scheint (siehe Abbildungen 3.6 & 3.7).

3.4. Software

Die verwendete Software zur Umsetzung der Berechnungen und Analyse der Daten ist nachfolgend in der *Tabelle 3.5* zusammengefasst.

Anwendungsbereich	Software
Quantitative Analyse der DHMs	<ul style="list-style-type: none"> • ArcGIS 9.3: <ul style="list-style-type: none"> ◦ ArcMap 9.3.1 ◦ ArcInfo Workstation (Arc) 9.3 • SAGA-GIS 2.0.3
Bezug der <i>Flickr</i> -Daten	<i>Flickrj API</i> 1.1
Analyse und statistische Auswertung der <i>Flickr</i> -Metadaten	JAVA Version 6 Aktualisierung 7 mit Eclipse Galileo Version 1.2.0 Build-ID: 20090619-0625
<i>Tag-Clouds</i>	http://www.wordle.net/
Statistische Signifikanztests, Histogramme und Hypsometrie	<ul style="list-style-type: none"> • R 2.9.1 • Microsoft Office Excel 2007

Tabelle 3.5.: Verwendete Software

Die quantitative Analyse der DHMs wird hauptsächlich mit *ArcGIS* durchgeführt, wobei zur Erstellung von Histogrammen bezüglich der Höhenverteilung *SAGA-GIS* und für deren Visualisierung das Statistikprogramm R verwendet wird. Die hypsometrischen Kurven werden mit R graphisch aufbereitet und die hypsometrischen Integrale mit Hilfe von Microsoft Excel berechnet. Eigenständig implementierte *JAVA*-Methoden dienen der Analyse der *Flickr*-Daten. Statistische Signifikanztests und Histogramme werden im Allgemeinen mit der Statistiksoftware *R* realisiert.

3. Datengrundlagen und Software

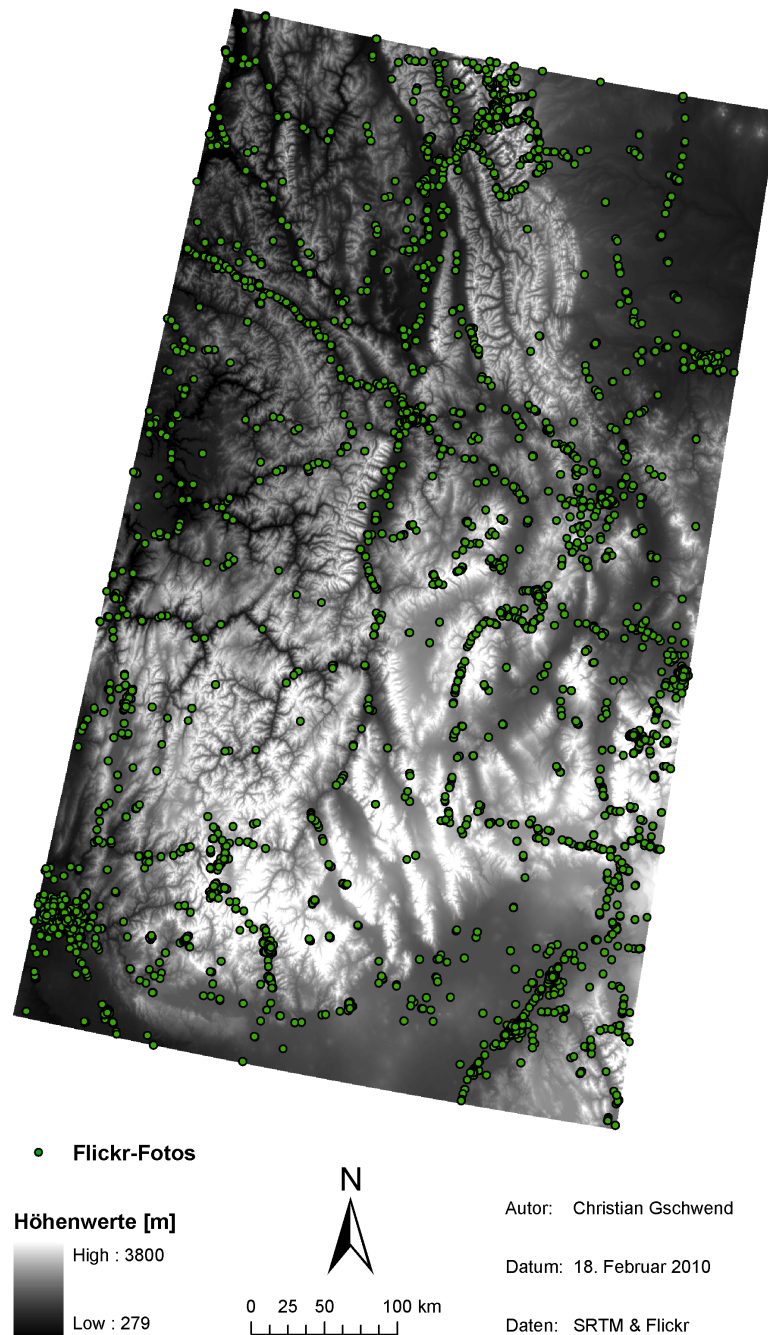


Abbildung 3.6.: Datengrundlage der *Rocky Mountains* (USA)

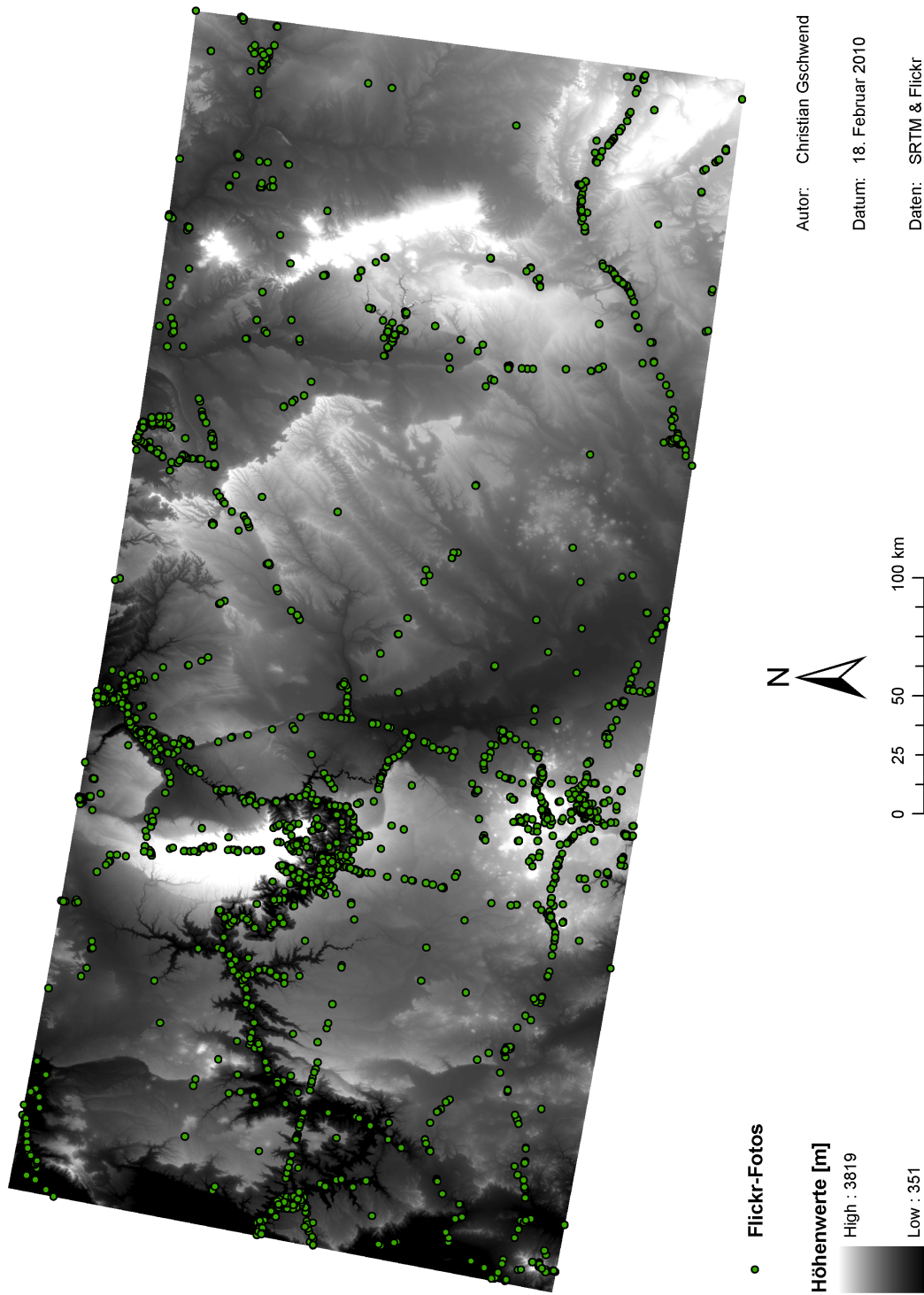


Abbildung 3.7.: Datengrundlage der *Grand Canyons*

4. Methodik

4.1. Quantitative Geländeklassierung

4.1.1. Vorbereitung der *SRTM*-Daten

Die *SRTM*-Datensätze werden für alle vier Regionen als *ArcInfo ASCII*-Datei lokal gespeichert und mit *ArcGIS* in ein Raster konvertiert. Damit die quantitativen Methoden auf die ausgewählten Gebiete angewendet werden können, müssen die entsprechenden Raster in ein metrisches, projiziertes Koordinatensystem transformiert werden. In der Geomorphometrie werden Geländeformen meistens in Klassen unterteilt, welche vorwiegend durch ihre Fläche charakterisiert bzw. verglichen werden können. Aus diesem Grund projiziert man die in *WGS84* (Längen- und Breitengrade) vorliegenden Rasterdaten mit einer flächentreuen Transformation in ein lokales System. Die vier Untersuchungsgebiete decken von der Grössenordnung her den Kontinent Nordamerika ab. Deshalb fällt die Entscheidung im Zusammenhang mit dieser Arbeit schlussendlich zu Gunsten der Kegelprojektion *North America Albers Equal Area Conic*¹ aus.

4.1.2. Wahl eines quantitativen Algorithmus

Bei der Auswahl eines quantitativen Algorithmus zur Klassierung der Geländeoberfläche, wird im Rahmen dieser Masterarbeit ein Verfahren gesucht, welches Landschaftsformen rein geometrisch und auf globaler Massstabebene zu erfassen vermag. HAMMOND (1964) beschäftigte sich mit dem Problem der grossräumigen Landschaftsformenerfassung schon bevor quantitative Methoden zur Herleitung einfacher Geländeparameter resp. automatisierte, effiziente Verfahren der Geomorphometrie entwickelt wurden. Der Autor möchte für die gesamte Fläche der Vereinigten Staaten von Amerika Geländeformen differenzieren. Er schlägt deshalb vor, Landschaftsformen als Geometrie und nicht mehr nur als visuell wahrnehmbare Landschaft aufzufassen. Daraufhin wurden detaillierte Experimente bezüglich der Parameterwahl zur Charakterisierung der Landschaftsoberfläche durchgeführt. Hammond kam zum Schluss, dass durch eine Kombination von Hangneigung, Relief und Profilindizes Charakteristiken der Landschaft adäquat beschrieben werden können und deshalb als differenzierende Parameter eingesetzt werden sollten (HAMMOND, 1964). Dieser Ansatz basiert auf der Grundannahme, dass natürliche Prozesse spezifische Geländearten hervorrufen und daher durch eine eindeutige Geometrie identifiziert werden können. Ein automatisiertes, unüberwachtes Verfahren von IWAHASHI & PIKE (2007) greift ebenfalls auf eine dreiteilige, geometrische Signatur zurück. Die beiden Forscher entwarfen auf einer

¹<http://spatialreference.org/ref/esri/102008/>

4. Methodik

ähnlichen Argumentationsbasis wie HAMMOND (1964) einen effizienten, quantitativen Algorithmus zur Klassierung von Geländeformen für ein globales Massstabsniveau. Dieses Verfahren beruht auf der Hangneigung, der Oberflächentextur und einem Mass für lokale Konvexität. Daraus wird basierend auf Schwellwerten, welche aus Mittelwerten bestimmt werden, eine Landschaftsklassierung formuliert und damit das Gelände grossflächig und effizient erfasst (IWAHASHI & PIKE, 2007). Dieses geomorphometrische Verfahren wurde aufgrund der rein quantitativen Vorgehensweise und der Möglichkeit, Geländeklassierungen effizient und grossflächig bei kontinentalem Skalenlevel durchführen zu können, gewählt. In dieser Arbeit wird nur dieser Algorithmus genauer betrachtet, wobei der Fokus bewusst auf morphologisch unterschiedlichen Regionen liegt.

4.1.3. Quantitative Geländeklassierung nach Iwahashi & Pike (2007)

Der Ansatz von IWAHASHI & PIKE (2007) ist eine automatisierte, unüberwachte Klassifikation der Topographie aus DHMs und beruht auf einer geometrischen Signatur. Der Algorithmus resultiert wahlweise in 8, 12 bzw. 16 Klassen und ist durch die hierarchische Verwendung der Parametermittelwerte für jede der drei quantitativen Grössen bestimmt. Der Unterschied in der Wahl der Anzahl Klassen manifestiert sich dadurch, dass Regionen mit relativ geringer Hangneigung detaillierter differenziert werden.

Im Folgenden werden zuerst die Methoden zur Berechnung der einzelnen geometrischen Geländeparameter besprochen. Bei der Hangneigung kommt der in *Kapitel 2.1.3* besprochene Algorithmus von HORN (1981) mit einem lokalen 3×3 -Fenster zur Anwendung (siehe *Abbildung 2.2, Seite 11; Formel 2.2, Seite 11; Formel 2.3, Seite 11* & *Formel 2.4, Seite 11*). Die Textur wird als Frequenz von Bergräten und Tälern oder einfach als Rauigkeit verstanden (z.B. IWAHASHI & KAMIYA, 1995). IWAHASHI & PIKE (2007) nennen diese Grösse "Textur", um die feinen und groben Ausprägungen der Abstände in der Topographie zu betonen. In diesem Zusammenhang spricht man oft auch von "Körnung" (*engl.: "granularity"*). Bei diesem quantitativen Verfahren wird die Textur durch die Extraktion von Gruben und Bergspitzen realisiert. Dadurch wird die Verteilung von Tälern und Bergräten erfasst. Rasterzellen, welche als Gruben bzw. Bergspitzen gelten, werden über die Differenzbildung des Original-DHMs mit dem entsprechenden medianefilterten Höhenmodell identifiziert. Der Medianfilter wird schrittweise in einer lokalen 3×3 -Umgebung für jedes Pixel angewendet und ersetzt so "hochfrequente" Werte durch eine Grösse mit zentraler Tendenz. In der Bildprozessierung kann so beispielsweise hochfrequentes räumliches Rauschen eliminiert werden. Die Geländetextur ist schliesslich für jede Rasterzelle als Anteil an Gruben und Bergspitzen in einem Umkreis von zehn Pixeln definiert. Dieser Radius wurde durch "*Trial and Error*" in einer Testregion in Japan bestimmt und wird unabhängig vom DHM-*Spacing* konstant gehalten. Die Hangneigung und die Textur sind fundamental für die automatische Klassierung steiler Topographie. In flacheren Gebieten wird zur Differenzierung von Geländeeigenschaften ein Mass wie die lokale Konvexität nötig. Denn zum Beispiel die Unterscheidung zwischen Schwemmkegeln

4.1. Quantitative Geländeklassierung

und Flusssauen oder älterer und jüngerer Flussterrassen wäre ohne diese Größe nicht möglich. Die Krümmung wird in diesem Fall mit einem Laplace-Filter gemessen. Dieser Filter entstammt der Bildprozessierung und wird zur Hervorhebung von Kanten verwendet. Der Laplace-Filter ist eine Annäherung der zweiten Ableitung bezüglich der Höhe, welche positive Werte für konvexe Flächen annimmt, negativ für konkave Regionen wird und in ebenen Gebieten Null ist.

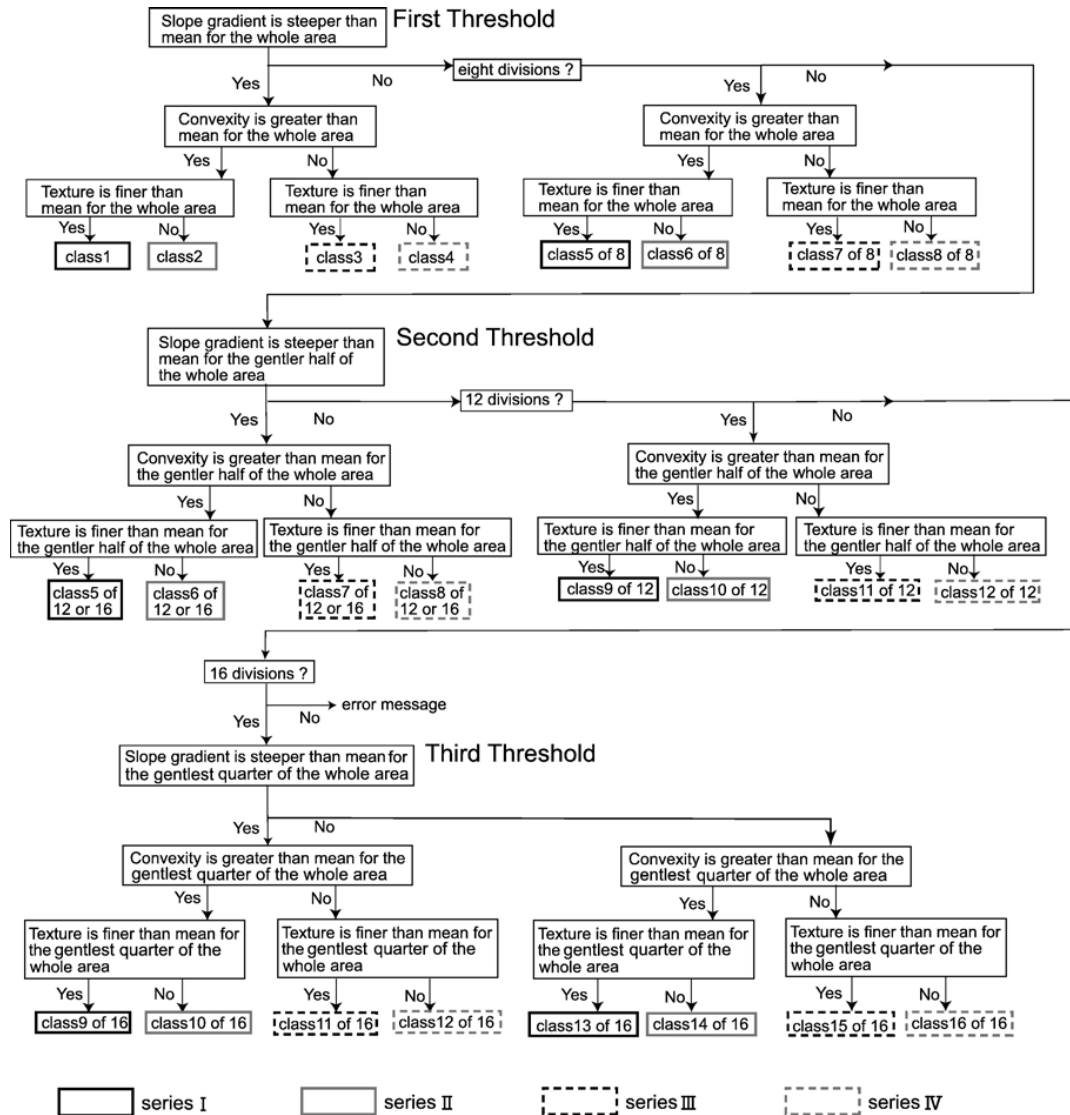


Abbildung 4.1.: Flussdiagramm zum quantitativen Algorithmus (IWAHASHI & PIKE, 2007)

Die angewendete Oberflächenkrümmung mit einem 3×3 -Kernel basiert auf dem konventionellen Laplace-Filter nach CASTLEMAN (1996), welcher vier Pixel aus der Nachbarschaft in die Berechnung miteinbezieht. IWAHASHI & KAMIYA (1995) defi-

4. Methodik

nieren für jede Rastereinheit die lokale Konvexität als den prozentualen Anteil an konvexen Pixeln innerhalb eines konstanten Radius von zehn Zellen.

Im Weiteren wird genauer auf den eigentlichen Algorithmus von IWAHASHI & PIKE (2007) eingegangen, wobei dessen Ablauf mit dem Flussdiagramm in *Abbildung 4.1* verdeutlicht werden soll. Dieses Verfahren verwendet zur Charakterisierung resp. Abgrenzung einzelner Klassen Schwellwerte, welche auf den Mittelwerten der einzelnen Parameter beruhen. Die Autoren argumentieren für den Mittelwert als Grenzwert, weil dadurch u.a. Differenzen zwischen den Klassen maximiert und innerhalb der Klassen minimiert werden. Zu Beginn dieser geomorphometrischen Methode muss über die Anzahl Klassen (acht, zwölf oder sechzehn) entschieden werden. Grundsätzlich wiederholt sich das gestufte Vorgehen unabhängig von der Wahl der Klassenzahl. Als Erstes dient der Mittelwert der Hangneigung über die gesamte Untersuchungsfläche (1. Schwellwert) als Kriterium zur Abgrenzung der Klassen 1 bis 4 und den restlichen Klassen, wobei Rasterzellen mit einem steileren *Slope* als dem *Mean* den ersten vier Klassen zugeteilt werden. Danach folgt die Unterteilung nach der lokalen Konvexität und der Textur. Analog zum Vorgehen bei der Hangneigung wird der Mittelwert der lokalen Konvexität bestimmt, um als Grenzwert die Klassen 1/2 von den Klassen 3/4 zu separieren. Durch den *Mean* der Textur erhält man für jedes Pixel, welches einen höheren Hangneigungswert als dem ersten Schwellwert aufweist, eine eindeutige Zuteilung in eine Kategorie. In identischer Weise werden so die Zuordnungen zu den übrigen Klassen gemacht. Die Rasterzellen, welche sich – bestimmt durch den ersten Grenzwert – in flacheren Regionen (Restgebiet) befinden und nicht den ersten vier Klassen zugewiesen sind, werden abhängig von der Anzahl resultierender Kategorien klassiert. Bei acht Klassen erfolgt die Unterteilung erneut aufgrund der lokalen Konvexität und der Textur. Werden jedoch mehr als acht Klassen gewünscht, so muss die Zuteilung der Pixel zu einer Klasse wiederum durch die Bildung eines *Slope*-Mittelwertes (2. bzw. 3. Schwellwert) für die entsprechende Restregion ermittelt werden. Im Falle von zwölf bzw. sechzehn Klassen ist die weitere Aufteilung der Restregion einmal bzw. zweimal nötig, um die flacheren Gebiete umfassender zu beschreiben. Dies führt zur Notwendigkeit eines zweiten bzw. dritten Grenzwertes und die genauere Differenzierung wird erneut mit der lokalen Konvexität und der Textur umgesetzt. Die angewendete Partitionierung in Abhängigkeit von der Klassenanzahl ist in *Abbildung 4.2* ersichtlich (IWAHASHI & PIKE, 2007).

Die Forscher Iwahashi und Pike führen mit dem besprochenen Verfahren Klassierungen für den gesamten Globus durch und versuchen anschliessend die Klassen mit lithologischen Einheiten abzugleichen. Im Folgenden wird nicht genauer auf die geologische Kalibrierung der sechzehn Klassen eingegangen, weil in dieser Arbeit Zusammenhänge zur menschlichen Wahrnehmung zentral sind.

Die Klassierung nach IWAHASHI & PIKE (2007) wird für die Hauptuntersuchungsgebiete *Rocky Mountains* (USA) und *Grand Canyon* vorgenommen und im Rahmen dieser Masterarbeit für das zweite Experiment (*siehe Kapitel 4.3.2*) weiter verwendet. Die Koordinaten der *Flickr*-Fotos beziehen sich häufig auf den Aufnahmeort, durch die *Tags* beschrieben werden hingegen Objekte, welche in ihrer Lage nicht zwingend direkt den gesetzten Ortsangaben entsprechen. Dieser Diskrepanz zwischen den ef-

4.2. Umgangssprachliche Erfassung der Landschaft

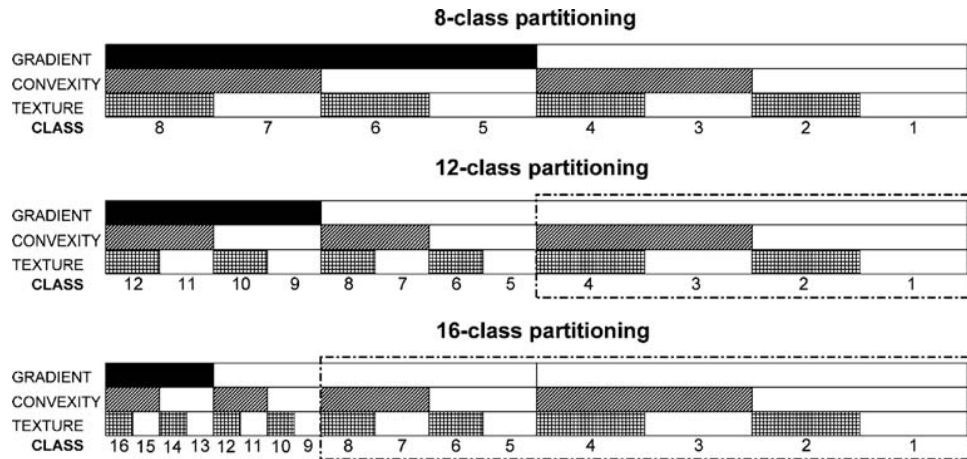


Abbildung 4.2.: Klassenaufteilung zum quantitativen Algorithmus (IWAHASHI & PIKE, 2007)

fektiv angegebenen Koordinaten und der Lage der beschriebenen Objekte im Bild wird mit einer leicht modifizierten Geländeklassierung Rechnung getragen. Dabei wird als Grundlage die Originalklassierung nach IWAHASHI & PIKE (2007) verwendet, wobei jedoch jedem Pixel die in einem Umkreis von zehn Rasterzellen am meisten vorkommende Klasse zugeordnet wird, was eigentlich einer Art Glättung entspricht. Diese Vorgehensweise versucht die Situation des Fotografierens auf simple Art und Weise zu “simulieren”.

Die technische Umsetzung dieses Algorithmus wird mit einem *AML*-Skript (*Arc Macro Language*) und der ArcInfo Workstation realisiert. Das Skript und einige zusätzliche Materialien werden durch die Autoren *Online*¹ zur Verfügung gestellt. Zur Berechnung der einzelnen Parameter der geometrischen Signatur werden gegenüber der Ausdehnung der exakten Untersuchungsgebiete an den Rändern erweiterte DHMs verwendet und dann auf die Fläche der entsprechenden Regionen (amerikanische *Rocky Mountains* und *Grand Canyon*) zugeschnitten. Die so entstandenen Raster der drei geometrischen Variablen werden in der Folge als Input für den Algorithmus von IWAHASHI & PIKE (2007) verwendet. Damit sollen Randeffekte, welche durch die *Moving-Windows* entstehen, verhindert werden.

4.2. Umgangssprachliche Erfassung der Landschaft

Die umgangssprachliche Erfassung der Landschaft wird anhand von *Flickr*-Fotos mit *Geotags* erzielt. Die “Wichtigkeit” eines einzelnen Schlüsselworts wird üblicherweise durch dessen Häufigkeit repräsentiert und mit sogenannten *Tag-Clouds* visualisiert. *Tag-Clouds* sind – wie der Name schon sagt – Wörterwolken, bei welchen die Anzahl eines *Keywords* direkt proportional zur Schriftgröße steht. *Tags* können im Rah-

¹http://gisstar.gsi.go.jp/terrain/front_page.htm

4. Methodik

men von *Flickr* beliebig gewählt werden und sind damit durch den *User* bestimmt. Durch die Motivation der Benutzer, ihre Bilder möglichst häufig von anderen *Usern* aufgerufen zu sehen, fügen sie Informationen ein, die nicht zwingend den Fotoinhalt erfassen (COX, 2008). Oftmals werden mittels *Keywords* beispielsweise auch technische Angaben zu den Aufnahmebedingungen erläutert. Die Hauptschwierigkeit bei dieser Problemstellung liegt also darin unerwünschte, nicht mit dem Bildinhalt korrespondierende Schlüsselwörter zu eliminieren und kontextbezogene Informationen hervorzuheben. Da die Anzahl verschiedener Schlüsselwörter in der Regel in der Größenordnung von Tausenden liegt (*siehe Tabelle 3.4, Seite 38*), ist der Aufwand für eine manuelle Schlagwortlistenfilterung zu hoch. Gesucht wird eine Methode, die "Spam" aus riesigen *Tag*-Listen entfernt und gleichzeitig kontextbezogene Informationen im Zusammenhang mit dem jeweiligen Foto enthält. Wichtig ist die Erkenntnis implementierbarer und verhältnismässig abstrakt fassbarer Filterkriterien zur Erfassung der effektiven Wahrnehmung der Landschaft, damit die Umsetzung mit *JAVA* effizient vollzogen werden kann.

Die Grundidee für eine geeignete Filtermethode entstammt einem *Computer Online-Game*, bei welchem es darum geht Fotos im *Web* mit Schlüsselwörtern zu versehen. VON AHN & DABBISH (2004) haben es sich mit dem *ESP Game*¹ zum Ziel gemacht die Bildsuche im Internet zu verbessern. Fotos werden normalerweise durch deren Dateinamen gefunden oder es wird angenommen, dass in Webseiten enthaltene Bilder im Begleittext inhaltlich beschrieben werden und so eine Bildsuche ermöglichen. Dateinamen werden oftmals automatisch gesetzt und zeigen demnach keinen Bezug zum Fotoinhalt. Auch die Annahme der inhaltlichen Beschreibung von Bildern im Begleittext auf Internetseiten ist nicht zufriedenstellend, weil eine derartige Bildsuche eine Vielzahl nicht relevanter Resultate zur Folge hat. Der Nachteil an *Tagging*-Systemen ist, dass die Schlüsselwörter manuell gesetzt werden müssen und damit ein enormer Aufwand bedeuten. VON AHN & DABBISH (2004) möchten die perzeptuellen Fähigkeiten der Menschen für das *Taggen* von Bildern nutzen und die Motivation dafür in Form eines *Computer Games* fördern. Bei diesem Spiel sehen zwei Personen jeweils das gleiche Bild und haben die Aufgabe innerhalb einer gegebenen Zeitlimite Schlüsselwörter einzugeben. Es wird davon ausgegangen, dass die beiden Spieler räumlich entfernt auf das Internet-Spiel zugreifen. Betrug wird beispielsweise durch die Analyse der IP-Adressen zu minimieren versucht. Ein *Tag* wird nur angenommen, wenn beide Teilnehmer innerhalb der vorgegebenen Zeit dasselbe Wort einmal eingegeben haben. Ein weiterer wichtiger Gedanke der beiden Autoren besteht darin, dass ein *Keyword* nur dann effektiv vergeben wird, wenn dieses in weiteren Spielrunden mit anderen Anwendern erneut gesetzt wird (VON AHN & DABBISH, 2004). Basierend auf diesen Grundideen von VON AHN & DABBISH (2004) gehen zwei Hauptkriterien für das Filtern kontextbezogener Schlüsselwörter hervor.

1. Die Schlüsselwörterliste wird anhand einer geographischen *Tag-Intersection* auf kontextbezogene Elemente reduziert.

¹<http://www.espgame.org/gwap/gamesPreview/espgame/>

2. In die Gewichtung der einzelnen *Tags* fließt neben der Häufigkeit des Auftretens zusätzlich die Anzahl unterschiedlicher Nutzer, welche ein bestimmtes Schlüsselwort gesetzt haben, mit ein.

Der erste Punkt wird im Allgemeinen durch die Verwendung der im Datenteil (*siehe Kapitel 3*) beschriebenen Nebenuntersuchungsgebiete realisiert. Diese speziellen Untersuchungsgebiete zeichnen sich dadurch aus, dass sie gegenüber den Hauptregionen eine topographische (bzw. klimatische) Ähnlichkeit aufweisen. Unter geographischer *Tag-Intersection* versteht man im Zusammenhang mit dieser Arbeit die Verwendung zweier geomorphometrisch gleichartiger Regionen, um die in beiden Gebieten vorkommenden *Keywords* zu extrahieren. Ein Schlüsselwort verbleibt nur dann in der Liste, wenn es sowohl im Haupt- als auch im Nebenuntersuchungsgebiet auftritt. Dadurch fallen die durch Benutzer zu spezifisch gewählten *Tags* weg und unerwünschte Information (*wird hier auch "Spam" genannt*) kann so zum Teil auch vermieden werden. "*Spam*"-*Tags* haben zudem die Eigenschaft, dass sie zwar oft vorkommen, jedoch nur von relativ wenigen Anwendern gesetzt werden. Diesem Sachverhalt soll das zweite Kriterium entgegenwirken, indem die Anzahl unterschiedlicher Nutzer, die ein bestimmtes Schlüsselwort wählen, gegenüber der *Tag*-Häufigkeit gleich stark in die Rangierung der *Keywords* einfließt.

Die vorgeschlagene Gewichtung der Schlüsselwörter anhand der *Tag*- und Nutzer-Häufigkeiten ist verwandt mit bereits vorhandenen Methoden des *Information Retrieval*. Deshalb kann in diesem Zusammenhang beispielsweise der TF-IDF-Ansatz erwähnt werden (TF: *Term Frequency*, IDF: *Inverse Document Frequency*). Beim *Information Retrieval* und dem TF-IDF-Ansatz geht es darum ohne Vorwissen bezüglich der verfügbaren Daten die Relevanz von Dokumenten quantifizieren zu können (SALTON & BUCKLEY, 1988). In dieser Disziplin der Informationswissenschaften hat man erkannt, dass die *Term Frequency* alleine keine zufriedenstellenden Resultate liefert. Bei der TF-IDF-Methode gilt ein Dokument bezüglich eines bestimmten Schlüsselwortes als relevant, falls dieser Term in wenigen Dokumenten möglichst häufig vorkommt (*siehe Formel 4.1*).

$$w_{i,j} = tf_{i,j} \cdot idf_i = \frac{f_{i,j}}{\max_{0 \leq l \leq k} f_{l,j}} \cdot \log \frac{N}{n_i} \quad (4.1)$$

$w_{i,j}$ beschreibt die Gewichtung eines Terms i in Bezug auf ein Dokument j , wobei $f_{i,j}$ der absoluten Häufigkeit eines Wortes i im Artikel j , N der Gesamtmenge der verfügbaren Dokumente einer Sammlung und n_i der Anzahl Dokumente, welche den *Tag* i enthalten, entsprechen. In diesem Ansatz von BAEZA-YATES & RIBEIRO-NETO (1999) wird die relative Term-Häufigkeit im Verhältnis zur Maximalhäufigkeit über alle k Wörter bestimmt und die inverse Dokumenthäufigkeit logarithmiert (BAEZA-YATES & RIBEIRO-NETO, 1999).

Im Kontext dieser Arbeit könnte man die Nutzerhäufigkeiten durch die Dokumentfrequenzen ersetzen. Diese Methode eignet sich jedoch nicht für die Problemstellung dieser Arbeit. Hohe Relevanzen im Zusammenhang mit der Term-Benutzer-Gewichtung sollen dann entstehen, wenn sowohl die *Tag*- als auch die Nutzer-Häufigkeiten verhält-

4. Methodik

nismässig gross sind. Damit wird unerwünschter Information weniger “Wichtigkeit” beigemessen. Ein Vergleich von TF-IDF und der hier konstruierten Methodik wird in *Kapitel 6.1* behandelt.

Zur Umsetzung der hier vorgeschlagenen Methodik bestimmt man zuerst die eindeutig unterschiedlichen Schlüsselwörter, welche in der Haupt- und Nebenregion vorkommen und zählt für jeden *Tag* die absolute Häufigkeit. Für jedes *Keyword* müssen ebenfalls die Benutzer, die ein konkretes Schlüsselwort für die Beschreibung der eigenen Fotos verwendet haben, aufsummiert werden. Zum bessern Verständnis des Vorgehens wird in *Tabelle 4.1* ein fiktives Beispiel mit zehn Schlüsselwörtern angefügt, aufgrund dessen die einzelnen Schritte einfacher nachvollzogen werden können. Die verschiedenartigen Häufigkeitswerte berechnet man sowohl für das Haupt- als auch für das Nebengebiet und generiert so vier Ranglisten. Danach werden die vier erzeugten Listen absteigend nach *Tag*- bzw. *User*-Häufigkeit sortiert. Jedem Eintrag weist man pro Liste ein separater Rang zu. Im oberen Teil der Tabelle sieht man die vier Ranglisten, welche für Haupt- und Nebenregion der *Rocky Mountains* aufgrund der Aufsummierungen der *Keywords* bzw. der Benutzer einen bestimmten Rang erhalten haben. Dabei wird auch ersichtlich, dass bei einem “Gleichstand” für die betroffenen Schlüsselwörter der gleiche Rang vergeben wird. Dem ersten nachfolgenden Eintrag mit anderer Häufigkeit wird die Rangierung unabhängig von der vorangehenden Übereinstimmung der aufsummierten Werte zugeteilt. Man erkennt in der ersten Spalte des Beispiels zwei dritte Plätze (**trains** und **water**), worauf dem nächsten Schlüsselwort mit abweichender Anzahl (**mountain**) der Rang 5 erteilt wird. Die vier Ränge pro Schlüsselwort werden ohne spezifische Gewichtung aufsummiert, was bedeutet, dass man jedem Rang eines einzelnen *Tags* mit Faktor ‘1’ gleiche Bedeutung zumesst. Ein Mass für die “Wichtigkeit” eines Schlüsselworts für die gegebene Region ergibt sich in diesem Fall aus einer möglichst kleinen Rangsumme, weshalb diese Schlüsselwörterliste aufsteigend sortiert wird. Weil in den folgenden Experimenten unter anderem auch *Tag-Clouds* zur Visualisierung der Wörterhierarchie verwendet werden und diese in der Regel auf absoluten Häufigkeiten beruhen, müssen basierend auf den Rangsummen “Pseudohäufigkeiten” berechnet werden. Diese Pseudohäufigkeiten errechnet man durch die Differenz zwischen der um eins aufsummierten maximalen Rangsumme und der Rangsumme des Schlüsselwortes:

$$pseudocount_k = \left(\max_{0 \leq i \leq tagcount} (ranksum_i) + 1 \right) - ranksum_k, \quad (4.2)$$

wobei $1 \leq k \leq tagcount$ mit $k \in \mathbb{N}$ gilt. Die maximale Rangsumme ist eine Konstante und hat im Beispiel für das *Keyword* **mountain** einen Wert von 37. Bei der Anwendung der *Formel 4.2* ergibt sich beispielsweise für den *Tag* **iphone** eine Pseudohäufigkeit von $(37 + 1) - 26 = 12$. Mit dieser Transformation erreicht man, dass für die maximale Rangsumme die minimale Pseudohäufigkeit von ‘1’ resultiert und umgekehrt die minimale Rangsumme in einen maximalen Wert abgebildet wird. Die Rangordnung bleibt also erhalten, wobei aber eine höhere Priorität eines Schlüsselwortes wieder direkt proportional zum Zählwert in Beziehung steht.

4.2. Umgangssprachliche Erfassung der Landschaft

<i>Rockies</i> (USA) nr of tags		<i>Rockies</i> (USA) nr of users		<i>Rockies</i> (CAN) nr of tags		<i>Rockies</i> (CAN) nr of users	
1 montana	1171	1 montana	49	1 geotagged	155	1 mountain	13
2 geotagged	140	2 mountain	14	2 mountain	122	2 geotagged	12
3 trains	126	3 water	13	3 winter	24	3 water	10
3 water	126	4 geotagged	9	4 water	21	4 winter	9
5 mountain	82	5 winter	8	5 iphone	12	5 trains	6
6 winter	73	6 red	7	6 trains	8	6 iphone	5
7 red	31	7 iphone	3	7 red	5	7 montana	3
8 iphone	30	8 trains	2	8 montana	2	8 red	2
9 worldbest	2	9 worldbest	1	9 worldbest	1	9 worldbest	1
10 moutain	1	9 moutain	1	9 moutain	1	9 moutain	1

Tag	Rangsummen	Pseudohäufigkeiten
geotagged	9	29
mountain	10	28
water	13	25
winter	18	20
montana	19	19
trains	22	16
iphone	26	12
red	28	10
worldbest	36	2
moutain	37	1

Tabelle 4.1.: Fiktives Beispiel zur *Flickr*-Methodik

Mit dem Vorgehen der geographischen *Tag-Intersection* können nicht restlos alle unerwünschten Schlüsselwörter eliminiert werden, weshalb die übrigen unerwünschten *Tags* nach bestimmten Regeln manuell entfernt werden müssen. Eine spezifische Liste der manuell entfernten Schlüsselwörter ist dem *Anhang B* zu entnehmen. Die hier verwendeten Richtlinien basieren im Wesentlichen auf den folgenden Punkten:

- Sammelwörter, Masseinheiten (Zeit und Distanz), Zahlen (z.B. Jahreszahlen), falsch geschriebene Wörter und administrative Einheiten entfernen
- Menschen mit Titel (z.B. *King*, *Saint*, *Brother*) herausfiltern
- Begriffe, welche den Aufbau der Fotos beschreiben oder technische Aspekte der Fotografie erfassen eliminieren
- Nur Aktivitäten zulassen, die Menschen und Geographie simultan beinhalten (z.B. *hiking*, *biking*)

4. Methodik

Wegen der regellosen Vergabe von Schlüsselwörtern mit *Flickr* kommt es vielfach vor, dass ein Wort in Ein- und Mehrzahl aufgelistet ist. Hat beispielsweise der *Tag mountains* einen *Pseudo-Count* von 1254 und weist die Einzahlform dieses *Keywords* einen Wert von 1576 auf, so wird dem Schlüsselwort **mountain** die Summe der Einzel-Pseudohäufigkeiten ($1254 + 1576 = 2830$) zugewiesen, weil die Mehrzahlform des Wortes einen kleineren Zählwert hat. Das heisst, dass der Wortform mit dem grösseren *Pseudo-Count* die Summe der Einzelwerte zugeordnet und der andere Eintrag gelöscht wird. Dem Autor ist bewusst, dass dieses Vorgehen nicht immer Sinn macht, denn Mehrzahlformen können verschiedene Bedeutungen innehaben. Der Begriff **mountains** beispielsweise wird im Englischen nicht nur für “Berge” verwendet, sondern kann auch für “Gebirge” stehen. **Trees** kann in der englischen Sprache nebst der Mehrzahlform von “Baum” ebenfalls mit “Wald” in Verbindung gebracht werden. Diesem Umstand wird beim Verschmelzen der Ein- und Mehrzahlformen nicht Rechnung getragen, weil die unterschiedlichen Bedeutungen der Mehrzahlform eines Wortes meistens verwandte Gegebenheiten erfassen. Es wird besonders darauf hingewiesen, dass die Einzahl-/Mehrzahlvereinigung erst nach der Berechnung der Pseudohäufigkeiten durchgeführt wird, weil auch in Bezug auf Einzahl/Mehrzahl nicht absolute Werte, sondern Rangierungen berücksichtigt werden sollen. Dies hat den Vorteil, dass trotz unterschiedlicher Grössenverhältnisse der Datenmengen (Foto- & *Tag*-Anzahl) die verschiedenen Testregionen gleich gewichtet werden können. Zählt man absolute *Tag*- und Nutzer-Häufigkeiten eines *Flickr*-Bildes ohne Berechnung von Rängen zusammen, dann wird eine Region mit grösserem Datenbestand automatisch als relevanter betrachtet. Es sei darauf hingewiesen, dass wenn man im Ablauf der Methodik eine andere Reihenfolge wählt – indem man zum Beispiel die *Tags* schon vor der Berechnung der Pseudohäufigkeiten zusammenführt – etwas andere Resultate entstehen könnten.

Die Pseudohäufigkeiten sind jedoch für die Visualisierung mittels *Tag-Clouds* noch nicht besonders geeignet. Bei der vorhandenen Anzahl an Schlüsselwörtern werden nur die ersten 50 der entsprechenden Hierarchie dargestellt. Diese *Keywords* zeigen Pseudowerte, die verhältnismässig nahe beieinander liegen. In den resultierenden Wortwolken wären diese Unterschiede visuell gar nicht sichtbar. Deshalb bildet man das Intervall, welches von den ersten 100 Pseudohäufigkeiten aufgespannt wird, auf ein geeignetes Intervall $[a, b]$ ab. Mit der in *Formel 4.3* beschriebenen Transformation bleiben die Verhältnisse der Häufigkeitsabstände erhalten.

$$\text{stretchedcount}_k = \frac{\text{pseudocount}_k - \text{pseudocount}_{\min}}{\text{pseudocount}_{\max} - \text{pseudocount}_{\min}} \cdot (b - a) + a \quad (4.3)$$

Da nur die obersten 100 Werte der Rangliste mit den Pseudohäufigkeiten transformiert werden, liegt die Variable k zwischen eins und 100 ($1 \leq k \leq 100, k \in \mathbb{N}$). Das Intervall, auf welches abgebildet werden soll, wird mit $a = 1$ und $b = 500$ festgelegt. Der Parameter $\text{pseudocount}_{\min}$ bzw. $\text{pseudocount}_{\max}$ ist die minimale bzw. maximale Pseudohäufigkeit bezogen auf die 100 verwendeten Einträge. Die Häufigkeit pseudocount_k wird durch die neu berechnete Zahl stretchedcount_k ersetzt. Mit dieser Transformation werden die Absolutwerte der Häufigkeiten kleiner. Die

Abstandsverhältnisse bleiben jedoch erhalten, wodurch die resultierenden Schriftgrößenunterschiede in den *Tag-Clouds* mit dem menschlichen Auge klar unterscheidbar werden. In den resultierenden Wörterwolken werden schliesslich 50 *Keywords* visualisiert, damit die verfügbare Information durch das menschliche Auge erfasst werden kann. In folgender *Tabelle 4.2* werden die wichtigsten Statistiken, welche sich durch die *Tag*-Prozessierung gegenüber dem Anfangszustand (*siehe Tabelle 3.4, Seite 38*) verändert haben, nochmals erhoben.

	<i>Rockies</i> (USA)	<i>Rockies</i> (CAN)	<i>Grand Canyon</i>	<i>Death Valley</i>
Statistik nach <i>Tag-Intersection</i>				
<i>Geotagged</i> Fotos	30058	9245	22448	7413
<i>Tags</i> pro Foto	3.39	4.19	3.40	4.24
Verschiedene <i>User</i>	1173	522	1447	549
Verschiedene <i>Tags</i>	1371	1371	1331	1331
Fotos pro <i>km</i> ²	0.0742	0.0793	0.1326	0.1630
Statistik nach manueller Filterung und Ein/Mehrzahl-Vereinigung				
Verschiedene <i>Tags</i>	1075	1075	1003	1003

Tabelle 4.2.: Statistik der *Flickr*-Fotos nach Prozessierung

4.3. Experimente

In diesem Abschnitt der Arbeit wird das methodische Vorgehen der – in Bezug auf Zusammenhänge zwischen menschlicher Landschaftswahrnehmung und geomorphometrischer Geländeerfassung – durchgeführten Experimente eingehender besprochen. Diese Experimente bauen auf der Methodik der *Kapitel 4.1* & *4.2* auf.

4.3.1. Relief-Parameter vs. *Tag-Cloud*

In diesem ersten Experiment geht es darum grobe Zusammenhänge zwischen menschlicher Geländeauffassung und dem quantitativen Relief-Parameter aufdecken zu können. Dieser Schritt wird aus mehreren Gründen durchgeführt, bevor ein eigentlicher geomorphometrischer Algorithmus genauer betrachtet wird. Es gibt nach Kenntnis des Autors keine gleichartigen Ansätze anderer Forscher, mit welchen derartige Zusammenhänge konkret analysiert worden sind. Anhand dieses Experiments wird in einem

4. Methodik

ersten Versuch abgetastet, inwiefern es möglich ist mit *Flickr*- und *SRTM*-Daten menschliche und quantitative Landschaftserfassung in Relation zu setzen. Dieser Versuch ist also als erstes “Vorexperiment” zu betrachten und wird deshalb nur für das Untersuchungsgebiet der amerikanischen *Rocky Mountains* durchgeführt.

Dazu unterteilt man das nicht-projizierte *SRTM*-DHM (*WGS84*) der *Rockies* der Region in den Vereinigten Staaten von Amerika in 5×4 gleichgrosse Rechtecke (siehe *Abbildung 4.3*). Für jede dieser 20 Kacheln wird das Relief errechnet, wobei dieses der statistischen Spannweite entspricht (siehe *Formel 4.4*).

$$RELIEF = \max_{heights}(DHM_{ij}) - \min_{heights}(DHM_{ij}), \quad (4.4)$$

mit $1 \leq i \leq 5$, $1 \leq j \leq 4$ und $i, j \in \mathbb{N}$. Der Ausdruck DHM_{ij} steht also für eine einzelne Kachel, wobei i die Zeilen- und j die Spaltenstelle angibt. Das Relief beschreibt den maximalen Höhenunterschied für eine bestimmte Region und kann als einfaches Mass für die Rauigkeit aufgefasst werden. Diese simple quantitative Beschreibung der Geländerauigkeit, dient als Vergleichsbasis zur menschlichen Wahrnehmung in Form der *Flickr*-Tags. Diese Schlüsselwörter müssen deshalb für jede Unterregion (DHM_{ij}) erfasst, das Vorkommen der *Keywords* – wie in *Kapitel 4.2* erläutert – aufsummiert und Pseudohäufigkeiten generiert werden. Dadurch wird es möglich die umgangssprachliche Landschaftswahrnehmung als herkömmliche *Tag-Clouds* mit der *Keyword*-Häufigkeit als Grundlage zu erzeugen. Mit den Pseudohäufigkeiten werden unter Berücksichtigung der *User*-Häufigkeiten zusätzlich spezielle Wortwolken erstellt. Ein möglicher Zusammenhang wird durch den Vergleich der *Tag-Clouds* für Regionen mit ausgeprägten Relief-Werten erfasst. Es wird überprüft, ob bei einer Veränderung des Reliefs für die verschiedenen Kacheln ebenfalls visuelle Unterschiede in den Wortwolken resultieren.

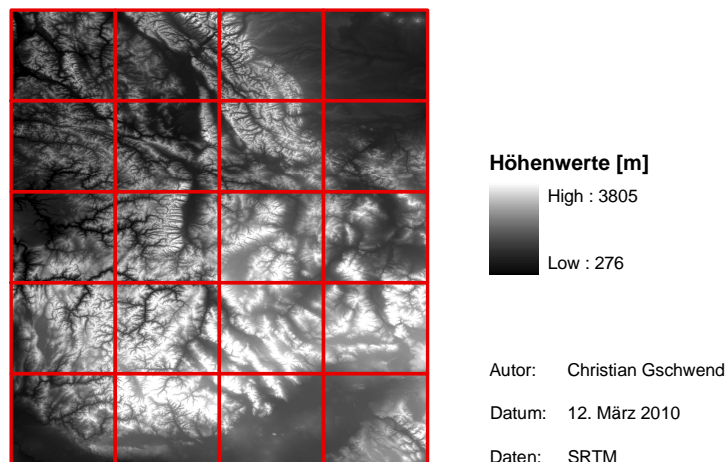


Abbildung 4.3.: Aufteilung des Untersuchungsgebiets für das Relief-Experiment

4.3.2. Umgangssprachliche Zusammenhänge zu geometrischer Signatur

Das zweite Experiment soll die Erforschung von Zusammenhängen zwischen dem quantitativen Klassierungsverfahren nach IWAHASHI & PIKE (2007) und der umgangssprachlichen Erfassung der menschlichen Wahrnehmung in Form von Schlüsselwörtern ermöglichen. Umgesetzt wird dieser Versuch sowohl für das Untersuchungsgebiet der *Rocky Mountains* als auch für die wüstenhafte Region. An dieser Stelle wird nochmals daran erinnert, dass die quantitativen Berechnungen nach IWAHASHI & PIKE (2007) nur für die Hauptregionen der amerikanischen *Rockies* bzw. des *Grand Canyon* durchgeführt werden und die Nebenregionen der kanadischen *Rocky Mountains* bzw. des *Death Valley* nur zur Herleitung der *Tag*-Pseudohäufigkeiten dienen.

Basierend auf der Klassierung nach IWAHASHI & PIKE (2007) für die zwei Hauptregionen kann jedem *Flickr*-Foto durch die Koordinaten eine der 16 quantitativ resultierenden Klassen zugewiesen werden. Auch diejenigen Klassen, welche den Umstand des Fotografierens (Aufnahmeort-Objektdistanz) berücksichtigen, werden als separate Eigenschaft übernommen. Zusätzlich werden den Bildern für die spätere Analyse ebenfalls die drei Parameter (Hangneigung, Konvexität und Textur) der geometrischen Signatur zugeteilt. Diese Zuordnung der weiteren Fotoeigenschaften erfolgt mit Hilfe von ArcGIS und einem auf der ESRI-Internetseite verfügbaren *Visual Basic-Script* "PointValue"¹. Die Attribute werden so in einer Tabelle gespeichert, welche zur Bildung umgangssprachlicher Klassen resp. zur statistischen Analyse mit *JAVA* und der Statistiksoftware *R* als Textdateien exportiert werden können.

Anhand der nach Pseudohäufigkeiten sortierten *Tag*-Listen können zwei unterschiedliche Klassen erstellt werden. Begriffe, die etwas charakterisieren, was unabhängig vom Menschen existiert und in Verbindung zur Natur steht (z.B. *mountain*), werden der Kategorie "natürlich" zugewiesen. Umgekehrt gehören Wörter, welche direkt menschliche Erzeugnisse oder Gegebenheiten beschreiben der Klasse "anthropogen" an (siehe *Tabelle 4.3*). Ein Foto gilt als "natürlich" bzw. "anthropogen", falls dieses mindestens ein Schlüsselwort der jeweiligen umgangssprachlichen Definitionsliste als *Tag* enthält. Mit Ausnahme der anthropogenen Klasse des Wüstengebiets werden die umgangssprachlichen Kategorien durch die ersten zehn *Keywords* der jeweiligen Pseudohäufigkeitsliste gebildet. Der angesprochene Sonderfall der anthropogenen Wüstenkategorie (*Grand Canyon*) wird mit 20 Schlüsselwörtern erstellt. Verwendet man in diesem Fall nur zehn *Tags*, so resultieren gegenüber den anderen Regionen deutlich weniger Fotos, welche mindestens eines der zehn anthropogenen Schlüsselwörter enthalten. Die Anzahl der Fotos wird für die anthropogenen *Tags* des *Grand Canyon* durch die grössere Kategorien-Definitionsliste erhöht.

Die Einzahl- und Mehrzahlform eines Begriffs wird als einzelnes Schlüsselwort verstanden. So ist in der *Tabelle 4.3* jeweils nur die Einzahl – als Repräsentant beider Formen – niedergeschrieben. Das Synonym-Problem wird nicht berücksichtigt, da die Verwendung spezifischer Begriffe mit Bezug zur Umgangssprache des Untersuchungsgebiets dadurch nicht verfälscht werden soll. An dieser Stelle sei nochmals erwähnt, dass

¹Autor: S. CHEN, <http://arcscrippts.esri.com/details.asp?dbid=14802>, Zugriff: 16.11.2009

4. Methodik

auch Einzel-*Tags* aus Schlüsselwörtern mit Leerschlägen nicht rekonstruiert werden können.

Für die amerikanischen *Rocky Mountains* und den *Grand Canyon* entstehen durch diese Definitionslisten jeweils zwei umgangssprachlich geprägte Kategorien zur Unterscheidung natürlicher und anthropogener Wahrnehmung der Landschaft. Über die Schlüsselwörter können den umgangssprachlich gebildeten Klassen entsprechende Fotos zugeordnet werden. Dieses Vorgehen schliesst nicht aus, dass ein Foto im Sinne dieser Methodik gleichzeitig als natürlich wie auch als anthropogen verstanden werden kann. Dieser Umstand wird damit gerechtfertigt, dass menschliche Wahrnehmung nicht durch eindeutige Abgrenzungen erfasst werden kann und deshalb eine gewisse Unschärfe durch diese Überschneidungen durchaus erwünscht ist. Im Diskussionsteil (*Kapitel 6*) wird auf diesen Aspekt noch genauer eingegangen.

<i>Rocky Mountains</i> (USA)		<i>Grand Canyon</i>		
Natürlich	Anthropogen	Natürlich	Anthropogen	
mountain	sign	mountain	ruin	motorcycle
tree	train	rock	sign	highway
flower	building	cloud	car	hotel
cloud	car	tree	building	motel
animal	bridge	flower	bridge	house
lake	boat	canyon	road	architecture
rock	road	plant	train	railroad
river	park	bird	petroglyph	telescope
waterfall	hotel	sand	truck	gasstation
glacier	railroad	desert	park	sculpture

Tabelle 4.3.: Tag-Listen zur Festlegung der natürlichen & anthropogenen Kategorien

Aufbauend auf diesen Festlegungen werden für jede der 16 quantitativ entstandenen Klassen die Anzahl Bilder ermittelt, welche aufgrund der definierten Schlüsselwörterlisten in *Tabelle 4.3* entweder als natürlich oder anthropogen erachtet werden können. Vor dem Hintergrund dieser spezifischen Foto-*Counts* bezüglich den geometrisch generierten Geländeklassen kann mittels einem statistischen Signifikanztest ermittelt werden, inwiefern sich die umgangssprachliche Landschaftswahrnehmung gegenüber den quantitativen Landschaftsformen unterscheidet. Weiter können dadurch einfache Zusammenhänge der menschlichen Landschaftswahrnehmung gegenüber des quantitativen Verfahrens von IWAHASHI & PIKE (2007) aufgedeckt werden.

Damit diese groben Relationen besser verstanden werden können, analysiert man ebenfalls die umgangssprachliche Geländeerfassung gegenüber den Parametern der

geometrischen Signatur. Dazu werden die Hangneigung, die Konvexität und die Textur mit Hilfe von ArcGIS in zwölf Klassen eingeteilt. Dabei verwendet man sowohl für die *Rocky Mountains* als auch für den *Grand Canyon* dieselben Grenzen, damit ein direkter Vergleich der Resultate möglich ist. Die Klassengrenzen werden grundsätzlich mit dem *Natural Breaks*-Ansatz bestimmt, damit charakteristische Unterschiede im Datenhistogramm in die Berechnung miteinfließen. Dadurch sorgt man für eine “natürliche” Kategorienbildung, da auf diese Weise in sich homogenere Klassen entstehen und zwischen den Klassen die Unterschiede so gross wie möglich gehalten werden. Die gemittelten *Natural Breaks* der beiden Hauptuntersuchungsgebiete werden als gemeinsame Klassengrenzen verwendet. Mit Hilfe der entsprechenden Histogramme wird der Einfluss der einzelnen Parameter auf die Gesamtklassierung differenziert betrachtet.

Sowohl bei der Klassierung als auch bei den einzelnen Parametern der geometrischen Signatur ist die Verteilung der Fotos zu den einzelnen Klassen nicht gleichmässig. Beispielsweise sind Hangneigungswerte im unteren Bereich natürlicherweise stärker vertreten als steile Gebiete. Würde man also ein Foto zufällig im Untersuchungsgebiet positionieren, so würde sich das Bild mit grösserer Wahrscheinlichkeit in einer flachen Region befinden als, an einem stark geneigten Berg. Um diesen Effekt in den Histogrammen zu eliminieren, werden sämtliche Häufigkeiten mit der entsprechenden Fläche, welche eine bestimmte Klasse über das gesamte Untersuchungsgebiet einnimmt, normiert. Dadurch werden in den Histogrammen die tatsächlichen Unterschiede aufgrund der natürlichen und anthropogenen Kategorie erkennbar.

Als statistischen Signifikanztest benutzt man für alle Untersuchungen den *Mann-Whitney-U*-Test, weil dieser unabhängig von der Datenverteilung (nicht-parametrisch) angewendet werden kann. Dieser Signifikanztest ist ein *Wilcoxon*-Rangsummentest für zwei unabhängige Stichproben, womit Hypothesen über die Lage statistischer Verteilungen geprüft werden. Man betrachtet die natürliche und die anthropogene Klasse als zwei unabhängige Stichproben bezüglich der Geländeklassierung oder einem bestimmten Parameter (z.B. Hangneigung) und die dazugehörigen, berechneten Häufigkeiten fasst man als deren Verteilungen auf. Mit Hilfe des *Mann-Whitney-U*-Tests kann somit ermittelt werden, ob sich die Verteilungen der beiden zu untersuchenden Kategorien bei einem Signifikanzniveau von $\alpha = 0.05$ statistisch signifikant unterscheiden. Beim zweiseitigen Fall des Tests lauten die Null- und die Alternativhypothese wie folgt:

- H_0 : Verteilungsfunktionen der Klassen “natürlich” und “anthropogen” unterscheiden sich NICHT signifikant
- H_a : Verteilungsfunktionen der Klassen “natürlich” und “anthropogen” unterscheiden sich signifikant

Mit der Statistiksoftware *R* können die Verteilungen visualisiert und dadurch die umgangssprachlich geprägten natürlichen und anthropogenen Klassen im Zusammenhang zur Geländeklassierung bzw. den Parametern Hangneigung, Konvexität und Textur betrachtet und interpretiert werden. Auch der *Mann-Whitney-U*-Test wird mit

4. Methodik

diesem Statistikpaket bei einem Signifikanzniveau von $\alpha = 0.05$ durchgeführt. Das Ergebnis dieses Tests ist jeweils ein p -Wert, welcher die Annahme bzw. das Verwerfen der Nullhypothese bestimmt. Ist der p -Wert grösser als α , so wird die Nullhypothese angenommen und die Alternativhypothese abgelehnt und umgekehrt für den Fall, dass der p -Value unter dem Signifikanzniveau liegt (VOSS & BUTTLER, 2004).

5. Resultate

5.1. Häufigkeitsstatistik – “Rohdaten”

In diesem Abschnitt werden die verschiedenen Häufigkeitswerte für die nach Pseudohäufigkeiten absteigend sortierten ersten 30 *Tags* explizit aufgeführt, damit die auf den Schlüsselwörter- und *User*-Häufigkeiten basierende Hierarchie besser nachvollzogen werden kann (siehe Tabellen 5.1 & 5.2). Einzahl-/Mehrzahl-Häufigkeiten sind durch einen Schrägstrich getrennt (“/”). Der erste Eintrag entspricht der Einzahl, die zweite Zahl dementsprechend der Mehrzahlform eines Schlüsselwortes. Diese sind getrennt voneinander und nicht aufsummiert erfasst, da die Einzahl-/Mehrzahl-Vereinigung im Ablauf der vorgeschlagenen Methodik erst nach der Berechnung der Pseudohäufigkeiten vollzogen wird. Die summierte Pseudohäufigkeit ist dann das Resultat der Verschmelzung von Einzahl- und Mehrzahlformen. Die verwendeten Abkürzungen in den “Rohdaten”-Tabellen 5.1 (*Rockies*) und 5.2 (*Grand Canyon*) sind jeweils unten in den Tabellen erklärt.

Nun werden einige Beispiele angeführt und interpretiert, um die Funktionsweise der angewendeten Methodik exemplarisch verdeutlichen zu können. Beim *Tag* **train/s** in Tabelle 5.1 erkennt man, dass er in der Schlüsselwörter-Häufigkeit der amerikanischen *Rocky Mountains* stark dominierend ist. In der Benutzer-Häufigkeit und für die kanadischen *Rockies* verliert dieses Schlüsselwort jedoch an Bedeutung, weshalb der *Tag* aufgrund der summierten Pseudohäufigkeit an Relevanz einbüsst. Umgekehrt verschiebt sich das Schlüsselwort **mountain/s** an die erste Position, weil dieses für beide Untersuchungsgebiete in allen Häufigkeitswerten verhältnismässig konstant ist.

Im Untersuchungsgebiet des *Grand Canyon* hat der *Tag* **canyon** erwartungsgemäss einen extrem hohen *Tag*-Häufigkeitswert (siehe Tabelle 5.2). Dieses Schlüsselwort ist aber trotzdem nicht in den vordersten Rängen zu finden, weil ein *Canyon* in der Landschaft des *Death Valley* weniger Bedeutung einnimmt. Vergleicht man die Schlüsselwörter **car/s** und **sunset/s**, so sieht man, dass der erstgenannte *Tag* bezüglich der summierten Pseudohäufigkeit – trotz meist deutlich tieferen Einzelwerten – knapp vor Letzterem rangiert ist. Dies liegt darin begründet, dass **sunsets** (nur die Mehrzahlform) von nur einem Benutzer 151 Mal verwendet wurde. Die “rohen” *Tag*- bzw. Benutzer-Häufigkeiten nehmen nicht linear ab. Die Häufigkeitsabnahmen sind im Bereich der höheren Werte deutlich stärker. Dieser Umstand führt dazu, dass eine relativ grosse Differenz zwischen zwei Häufigkeitswerten der vorderen Ränge nicht zwingend eine grosse Rangdifferenz zur Folge hat. Bei der Analyse der Tabellen 5.1 und 5.2 muss also berücksichtigt werden, dass Häufigkeits- und Rangdifferenzen für die einzelnen Variablen (*Tag*- bzw. *User*-Häufigkeit) nicht direkt proportional

5. Resultate

<i>Tag</i>	TF-RU	UF-RU	TF-RC	UF-RC	S-PF
mountain/s	449/284	82/137	966/1220	112/121	7020
tree/s	289/462	87/81	78/225	30/41	6841
flower/s	284/234	62/60	44/35	16/12	6541
cloud/s	78/450	21/101	49/196	14/43	6516
sign/s	703/98	66/21	178/160	17/5	6495
fall/s	504/105	43/26	28/118	10/21	6432
animal/s	224/169	25/17	47/66	11/13	6310
reflection/s	227/65	67/21	76/29	36/10	6280
lake/s	918/52	112/6	502/70	84/10	6191
rock/s	224/125	37/42	23/16	10/14	6178
river/s	529/113	107/5	180/18	57/2	5819
nationalpark/s	332/63	34/6	1132/37	29/2	5813
rocky/ies	35/63	5/15	311/549	24/87	5738
train/s	1382/1262	35/10	32/3	13/3	5726
outdoor/s	49/245	11/16	17/37	4/4	5554
bird	246/45	37/18	7/10	6/5	5541
waterfall	203/21	56/3	184/32	33/6	5499
flag	91/32	29/12	18/13	7/5	5434
spring/s	519/23	36/5	11/43	5/11	5420
plant/s	72/66	24/12	27/6	4/4	5319
shadow/s	56/31	20/13	22/5	7/4	5105
horse/s	73/56	18/15	34/3	5/2	5087
dog/s	524/208	50/19	19/1	7/1	5077
building/s	296/12	48/9	12/5	5/2	4869
light/s	151/72	39/23	3/2	3/2	4782
car/s	94/27	38/12	4/8	2/3	4782
bridge/s	150/17	42/5	35/2	14/2	4746
color/s	214/23	25/14	7/2	3/2	4742
boat/s	71/22	27/5	7/5	6/4	4660
landscape/s	505/11	77/3	267/4	37/1	4653

Abkürzungen: TF = *Tag*-Häufigkeit, UF = *User*-Häufigkeit,
 RU = *Rockies* (USA), RC = *Rockies* (CAN), S-PF = Sum. Pseudohäufigkeit

Tabelle 5.1.: “Rohdaten” der *Rocky Mountains* (USA & CAN)

<i>Tag</i>	TF-GC	UF-GC	TF-DV	UF-DV	S-PF
mountain/s	349/315	42/43	72/92	29/41	6508
rock/s	574/265	81/66	215/37	30/13	6506
nationalpark/s	1316/336	97/19	444/24	58/11	6399
landscape/s	1556/310	154/17	282/15	56/5	6247
ruin/s	75/175	11/35	45/74	9/17	6066
cloud/s	169/430	28/94	5/119	3/31	5912
tree/s	265/313	71/50	22/8	8/5	5902
flower/s	85/76	27/15	22/52	8/8	5865
sign/s	281/51	65/15	61/10	29/4	5813
shadow/s	59/51	25/20	44/14	15/11	5772
travel/s	1339/16	73/3	411/35	18/2	5331
outdoor/s	61/400	8/20	10/64	1/9	5224
spring/s	44/56	14/6	23/13	5/4	5159
trip/s	591/28	49/3	129/26	12/1	5115
color/s	129/22	20/11	22/7	10/2	5096
canyon/s	3054/138	342/15	109/1	26/1	5079
car/s	55/28	29/13	46/11	17/1	5078
sunset/s	530/151	136/1	147/17	38/1	5015
building/s	97/7	25/4	62/16	12/3	4947
bridge/s	109/88	45/8	22/1	4/1	4481
trail/s	288/22	40/5	7/2	5/2	4467
view/s	482/8	39/2	28/12	12/1	4417
road/s	398/4	61/3	90/2	33/2	4387
plant/s	35/24	18/5	9/5	3/2	4357
bird/s	48/12	23/4	10/3	8/2	4270
star/s	12/23	5/9	13/3	5/3	4155
vacation/s	1617/7	65/3	109/1	9/1	4058
sand/s	150/44	22/1	120/1	31/1	4038
reflection/s	35/4	19/4	26/2	15/2	4000
desert/s	1399/11	175/1	1861/1	185/1	3970

Abkürzungen: TF = *Tag*-Häufigkeit, UF = *User*-Häufigkeit,
GC = *Grand Canyon*, DV = *Death Valley*, S-PF = Sum. Pseudohäufigkeit

Tabelle 5.2.: “Rohdaten” des *Grand Canyon* & des *Death Valley*

5. Resultate

abnehmen. Folgendes Beispiel mit den Schlüsselwörtern **canyon**, **car** und **sunset** aus den *Grand Canyon*-Daten soll dies verdeutlichen:

<i>Tag</i>	TF-GC	TF-Rang
canyon	3054	3
sunset	530	20
car	55	170

Es werden hier ausschliesslich Tag-Häufigkeiten und daraus resultierende Ränge betrachtet. Die Ränge beziehen sich also auf die – nach der *Tag-Intersection* und manuellen Filterung erhaltene – Liste, welche absteigend nach Schlüsselwörter-Häufigkeiten sortiert ist. Damit wird gezeigt, dass ein grösserer Unterschied der *Tag*-Häufigkeiten nicht zwangsläufig auch zu einer erhöhten Rangdifferenz führen muss.

Damit wurde illustriert, dass aus der konzipierten Methodik zur Filterung und Gewichtung der Schlüsselwörter *Tag*-Hierarchien entstehen, die gleichermassen von Wörter- und Benutzer-Häufigkeiten zweier morphologisch ähnlicher Regionen abhängig sind. Die Einführung von Rängen ist vergleichbar mit einer Art Normierung der unterschiedlichen Häufigkeitswerte.

5.2. Ergebnisse unterschiedlich generierter *Tag*-Hierarchien

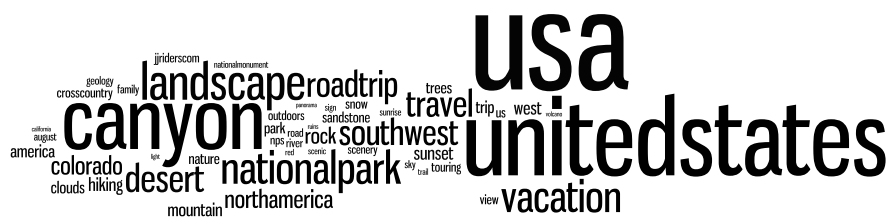
In diesem Abschnitt werden zwei verschiedene Versionen der *Tag-Clouds* gegenüber gestellt, wobei die nach der Filterung (durch geographische *Tag-Intersection* und manuelles Eliminieren) der Schlüsselwörter entstandenen *Tag*-Listen für alle Fotos des Untersuchungsgebiets verwendet werden. Die Begriffe in den Wörter-Wolken sind alphabetisch sortiert. Die Standard-Wörterwolke entsteht durch die Gewichtung der Schriftgrösse aufgrund der Häufigkeit, mit welcher ein bestimmter Begriff auftritt. Diese wird mit der *Tag-Cloud* basierend auf den Pseudohäufigkeiten verglichen, welche sowohl aus der *Keyword*- als auch der *User*-Häufigkeit berechnet werden. Die Wörterwolken sind für das Untersuchungsgebiet der *Rocky Mountains* und den *Grand Canyon* erstellt worden und in den *Abbildungen 5.1* und *5.2* dargestellt. Es wird nochmals darauf hingewiesen, dass **mountains** und nicht die Einzahl **mountain** dargestellt wird, weil vor der Vereinigung der Ein- und Mehrzahlform das ersterwähnte Wort häufiger aufgetreten ist als Letzteres. Es wird dabei vernachlässigt, dass Mehrzahlformen nicht nur die Bedeutung in Bezug auf das entsprechende Wort in Einzahl haben können (z.B. **mountain** \neq **mountains** = Berge, aber auch Gebirge). Dieser Informationsverlust wird damit gerechtfertigt, dass die Bedeutungen solcher Mehrzahl-Mehrdeutigkeiten meistens ähnliche Gegebenheiten beschreiben.

In *Abbildung 5.1(a)* ist die Wörterwolke für die amerikanischen *Rocky Mountains* basierend auf den reinen Schlüsselwörter-Häufigkeiten visualisiert. Es fällt auf, dass Ortsbezeichnungen wie **montana** und **idaho** stark dominieren. In der *Tag*-Hierarchie folgen darauf sowohl natürliche als auch anthropogene Begriffe wie beispielsweise **train**, **railroad** oder **glaciernationalpark** und **mountains**. Falls zusätzlich die Anzahl Benutzer, die ein bestimmtes *Keyword* gewählt haben, bei der Bildung der

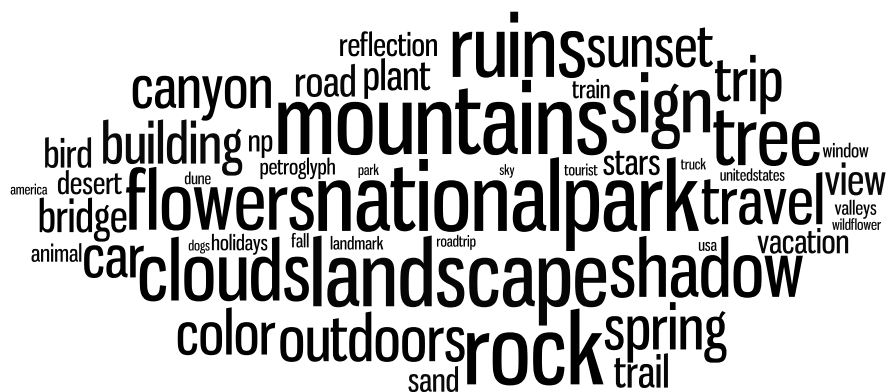
5. Resultate

Natürliche Schlüsselwörter erreichen gegenüber anthropogenen *Tags* bei der Methodik mit den Pseudohäufigkeiten grössere Wichtigkeit. Es treten nebst den Ortsangaben jedoch auch vermehrt anthropogene Begriffe auf, die nicht mit den zuvor vorherrschenden Eisenbahn-*Keywords* in Verbindung stehen (**sign, building, car, bridge**). Über die gesamte Untersuchungsregion der *Rocky Mountains* (USA) scheint bei Betrachtung der *Tag-Cloud* in *Abbildung 5.1(b)* ein naturbezogener Kontext in der menschlichen Wahrnehmung zu überwiegen.

Als Nächstes werden die zwei unterschiedlich erstellten Wörter-Wolken des *Grand Canyon* genauer betrachtet (*siehe* *Abbildung 5.2*), um danach einen Vergleich zu den Ergebnissen der *Rockies* zu ziehen. Analog zur Darstellung für die *Rockies* ist in *Abbildung 5.2(a)* bzw. *5.2(b)* die rein *tag*-basierte bzw. auf Pseudohäufigkeiten beruhende *Tag-Cloud* dargestellt.



(a) *Tag-Cloud* des *Grand Canyon* mit *Tag*-Häufigkeiten



(b) *Tag-Cloud* des *Grand Canyon* mit Pseudohäufigkeiten

Abbildung 5.2.: Verschiedene *Tag-Clouds* der gesamten Region des *Grand Canyon*.
Erstellt auf <http://www.wordle.net/>

Bei den Resultaten bezüglich des Untersuchungsgebiets des *Grand Canyon* erkennt man im Verhältnis zur Region der *Rocky Mountains* ähnliche Ausprägungen der Umgangssprache. Stark vertreten mit den *Keywords* *usa* und *unitedstates* ist in der Standard-*Tag-Cloud* (*siehe* *Abbildung 5.2(a)*) erneut die Angabe von Ortsnamen, im Vergleich zu den Ergebnissen der *Rockies* aber nicht auf der Massstabsebene von Staaten. Der *Grand Canyon* ist gegenüber den *Rocky Mountains* nicht in gleichem

Ausmass durch Schlüsselwörter bezüglich der Eisenbahn-Thematik charakterisiert. In der Abfolge der *Tag*-Hierarchie folgen natürliche, kontextspezifische Begriffe wie *canyon* und *desert*. Bei der Betrachtung der speziell gewichteten Wörter-Wolke erkennt man einige Gemeinsamkeiten zum entsprechenden Ergebnis der *Rockies*. In *Abbildung 5.2(b)* dominieren wiederum natürliche Begriffe, wobei *mountains* auch im Kontext des *Canyon* am häufigsten als Schlüsselwort gesetzt wird. Die naturbezogenen Wörter stimmen gut mit jenen aus den *Rockies* überein. Die auffälligste Abweichung stellt man bei kontextspezifischen Bezeichnungen fest (z.B. *canyon* und *desert* statt *rockies* und *waterfall*).

Die Regionsbezeichnungen verlieren in der Darstellung *5.2(b)* gegenüber der normalen Visualisierung zwar an Bedeutung, verschwinden jedoch nicht aus den ersten 50 Rängen. Die Auswirkung der Benutzer-Häufigkeiten auf die Hierarchie der entsprechenden Wörter-Wolken stellt man beispielsweise anhand des *Tags train* fest. Während dieses Schlüsselwort beim Schritt von der standardmässigen zur speziell prozessierten *Tag-Cloud* für die *Rocky Mountains* an Wichtigkeit verliert, tritt diese beim *Canyon* unter Verwendung der Pseudohäufigkeiten deutlicher in den Vordergrund. Interessant ist auch die Feststellung über die Rolle des Wassers in den "*Pseudo-Clouds*". In der Umgebung der *Rocky Mountains* ist die Thematik des Wassers bezüglich der Landschaftswahrnehmung des Menschen mit den Schlüsselwörtern *lake*, *river* und *waterfall* ausgeprägter vertreten als im *Grand Canyon*. Mit Ausnahme des *Tags canyon* fehlt ein direkter Bezug zu Wasser in den oberen Positionen dieser Wörterhierarchie. Vielmehr bemerkt man Schlüsselwörter wie *shadow*, *desert* und *sand*, welche tendenziell mit Sonneneinstrahlung und Wärme assoziiert werden können. Die Breite des Themenspektrums, welches durch die ersten 50 Schlüsselwörter der *Abbildung 5.2(b)* erfasst wird, ist verglichen mit der korrespondierenden Darstellung der *Rockies* ähnlich. Auch die effektive Erwähnung von Tieren ist im *Canyon* weniger zentral. Regionspezifische Angaben des *Grand Canyon* werden durch Begriffe wie *petroglyph* und *valleys* ergänzt.

5.3. Ergebnisse des Relief-Vergleichs

Bei diesem Versuch wird die umgangssprachliche Landschaftswahrnehmung in Form von *Tag-Clouds* basierend auf *Flickr*-Fotos dem Relief-Parameter – als einfaches quantitatives Mass für die Geländerauigkeit – gegenübergestellt. Die Unterteilung des Untersuchungsgebiets der amerikanischen *Rocky Mountains* kann der *Abbildung 5.3* entnommen werden. Dieser Versuch wurde ausschliesslich für die Testregion der amerikanischen *Rockies* durchgeführt.

Um einen ersten Eindruck eines potentiellen quantitativ-qualitativen Zusammenhangs vermitteln zu können, wird in der *Abbildung 5.4* bzw. *5.5* die *Tag-Cloud* für die Teilregion mit minimalem bzw. maximalem Relief präsentiert. Die betreffenden zwei Teilregionen können dem visualisierten DHM in *Abbildung 5.3* entnommen werden und die Statistiken für diese Untergebiete sind in *Tabelle 5.3* erhoben.

5. Resultate

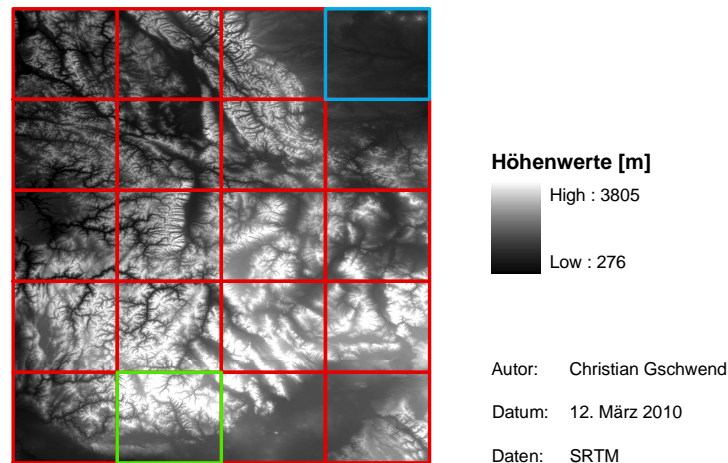


Abbildung 5.3.: Untersuchungsgebiet für das Relief-Experiment mit Extremregionen
blau: Region mit minimalem Relief
grün: Region mit maximalem Relief

Die wichtigste Erkenntnis aus der Statistik in *Tabelle 5.3* ist die im Vergleich zur Gesamtregion geringe Anzahl verschiedener *User* und *Tags*. Insbesondere bei der relativ flachen Teilregion mit minimalem Relief-Parameter (*siehe Abbildung 5.3*) sind es nur 23 Benutzer, welche nach Bearbeitung der *Tag*-Listen zu diesem Untergebiet 84 unterschiedliche Schlüsselwörter beitragen. Trotzdem können aus den *Tag-Clouds* für diese spezifischen Extremregionen bezüglich dem Relief-Wert in den *Abbildungen 5.4* und *5.5* erste Feststellungen abgeleitet werden.

Bei der Standard-Wörter-Wolke für das Teilgebiet mit minimalem Relief (*siehe Abbildung 5.4(a)*) treten der Staat *montana* und Inhalte im Zusammenhang mit der Eisenbahn ganz klar in den Vordergrund. Die übrigen Einträge sind wegen der starken Dominanz der erwähnten *Tags* visuell nicht mehr erkennbar. Der in einer Textdatei gespeicherten Rangliste kann entnommen werden, dass es sich vorwiegend um anthropogene Schlüsselwörter (*sign*, *biggreensign*, *building*, *car*, usw.) handelt. Die Ausnahme bildet das *Keyword mt*, was in den meisten Fällen als Abkürzung für “*mountain*” verstanden werden kann. Auch beim Resultat der “Pseudo-Wolke” stellt man fest, dass gegenüber den anthropogenen Begriffen nur sehr wenige natürliche Bezeichnungen (*mountains* und *rocks*) an Bedeutung gewinnen. Da in *Abbildung 5.4(b)* ebenfalls menschlich und tendenziell urban geprägte Schlüsselwörter dominieren, kann daraus geschlossen werden, dass die Wahrnehmung des Menschen in diesem Teilgebiet besonders auf anthropogene Themen fokussiert. Einzelne natürliche Formationen mit grosser Ausdehnung können aber auch aus weiter Distanz erfasst werden, geraten im Verhältnis zu näheren Dingen jedoch in den Hintergrund. Der *Tag montana* ist in *Abbildung 5.4(b)* nicht mehr zu sehen, weil dieser für das Untersuchungsgebiet der kanadischen *Rockies* von nur einer Person einmal gesetzt wurde. Die Schlüsselwörter

canada und alberta sind hingegen auch in der Teilregion mit minimalem Relief von verhältnismässig grosser Relevanz, da ein kleiner Teil dieses Gebietes auf kanadischem Territorium zu liegen kommt.

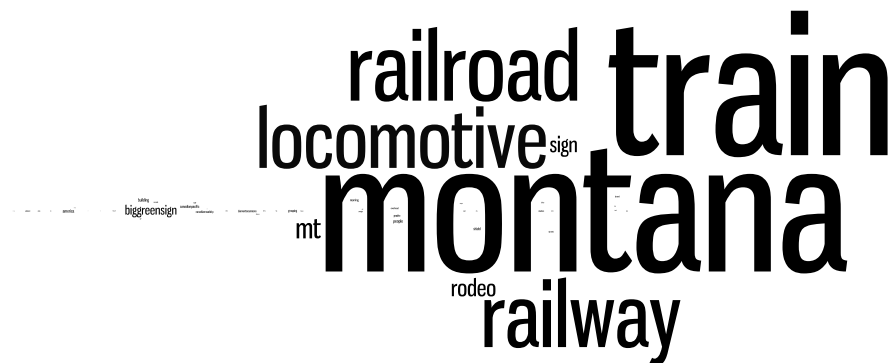
	Teilregion min. Relief	Teilregion max. Relief	Gesamtregion
DHM-Statistik			
Minimum [m]	846	825	276
Maximum [m]	2118	3805	3805
Relief [m]	1272	2980	3529
Mittelwert [m]	1084.0	2046.4	1645.9
Standardabweichung [m]	105.3	519.0	494.5
Statistik nach Tag-Intersection			
Geotagged Fotos	303	891	30058
Verschiedene User	23	71	1173
Verschiedene Tags	97	278	1371
Statistik nach manueller Filterung und Ein/Mehrzahl-Vereinigung			
Verschiedene Tags	84	232	1075

Tabelle 5.3.: Statistik der “Relief”-Extremregionen & der Gesamtregion

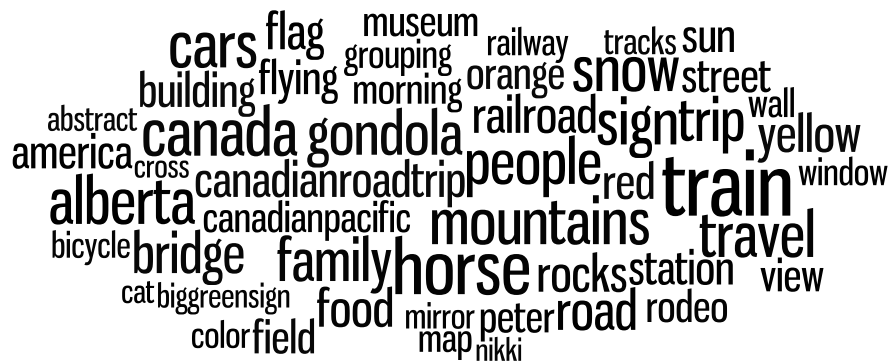
Wiederum fällt auf, dass bei der standardmässig erstellten Wörter-Wolke für die Unterregion mit maximalem Relief (*siehe Abbildung 5.5(a)*) einer Ortsbezeichnung am meisten Bedeutung zukommt. Gleichzeitig erscheinen aber auch Schlüsselwörter im Zusammenhang mit der natürlichen Umwelt noch verhältnismässig wichtig. In den bisher betrachteten Standard-Tag-Clouds nehmen nebst den Ortsbenennungen bezüglich Ländern und Staaten die natürlichen Tags keine derart entscheidende Rolle, wie in dieser Wörter-Wolke in *Abbildung 5.5(a)*, ein. Mountains, peak, summit und lake sind die am häufigsten gewählten Schlüsselwörter mit natürlichem Bezug, wobei diese mit Ausnahme des Letztgenannten in direktem Zusammenhang mit Geländeformen

5. Resultate

stehen. Des Weiteren fällt auf, dass sportliche Aktivitäten in alpinem Gelände wie zum Beispiel das Wandern (hiking, backpacking) als wichtig erachtet werden.



(a) Tag-Cloud der Teilregion mit Tag-Häufigkeiten

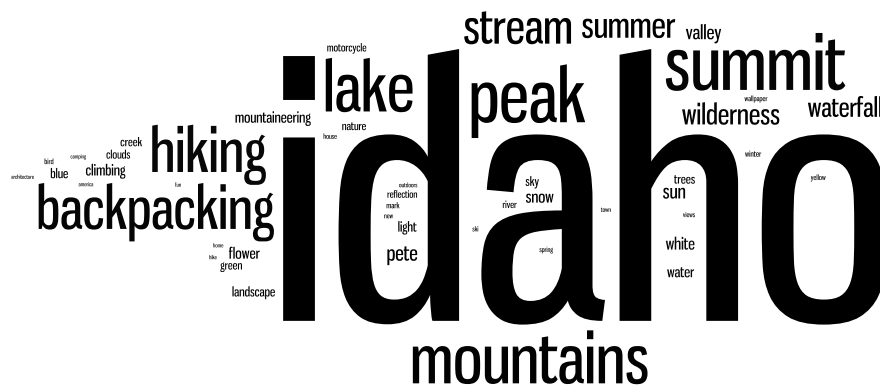


(b) Tag-Cloud der Teilregion mit Pseudohäufigkeiten

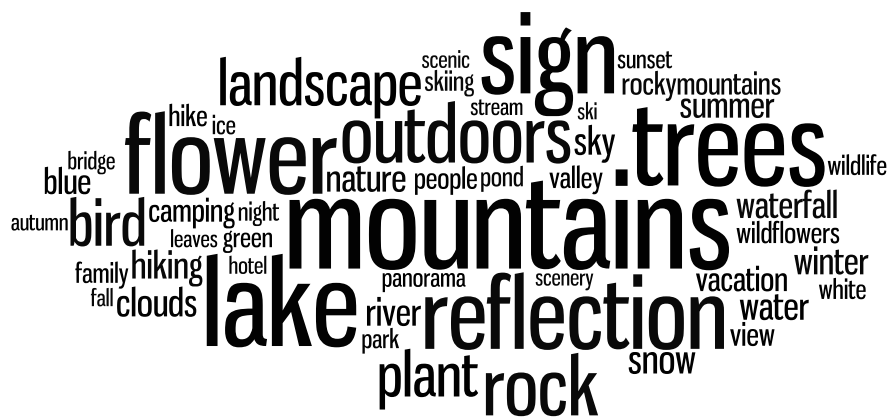
Abbildung 5.4.: Verschiedene Tag-Clouds bezüglich minimalem Relief (= 1272m).
Erstellt auf <http://www.wordle.net/>

Mit der “Pseudo-Cloud” betreffend maximalem Relief in *Abbildung 5.5(b)* verändert sich das Hierarchie-Gefüge unter den *Tags*, indem vor allem der Begriff *idaho* durch eine Vielzahl an naturbezogenen Schlüsselwörtern verdrängt wird. In dieser *Tag-Cloud* wird im Vergleich zur entsprechenden Wörter-Wolke für das gesamte Gebiet der *Rocky Mountains* (siehe *Abbildung 5.1(b)*, Seite 63) urbanen Schlüsselwörtern (*building*, *car*, usw.) weniger Gewicht geschenkt.

Vergleicht man die Wörter-Wolken der beiden Relief-Extremwerte stellt man eine klare Veränderung fest. Bei maximalem Relief-Wert verschiebt sich die umgangssprachliche Erfassung der Geographie hin zu naturbezogenen *Tags*. Umgekehrt verlagert sich im Falle der Region mit minimalem Relief die Wahrnehmung des Menschen tendenziell weg von der Natur hin zu anthropogen geprägten Begriffen, die intuitiv mit stärker besiedelten Gebieten assoziiert werden. Assoziationen bezüglich stärker



(a) Tag-Cloud der Teilregion mit Tag-Häufigkeiten



(b) Tag-Cloud der Teilregion mit Pseudohäufigkeiten

Abbildung 5.5.: Verschiedene Tag-Clouds bezüglich maximalem Relief (= 2980m).
Erstellt auf <http://www.wordle.net/>

besiedelten Gebieten in From von anthropogen geprägten Begriffen. Diese erste grobe Erkenntnis reicht nicht aus, um auf einen direkten Zusammenhang zwischen Relief und menschlicher Landschaftswahrnehmung schliessen zu können. Daraus ergibt sich vielmehr die Idee einen konkreten, exakteren Algorithmus der Geomorphometrie auf Korrelationen bezüglich der umgangssprachlichen Geographie zu analysieren. Dabei soll auch statistisch belegt werden, ob Veränderungen in der menschlichen Erfassung der Landschaft im Verhältnis zu den quantitativen Klassierungen signifikant sind. Somit wird im folgenden Abschnitt der Algorithmus zur Geländeformen-Klassierung von IWAHASHI & PIKE (2007) der umgangssprachlichen Auffassung der jeweiligen Kategorie gegenübergestellt und zum besseren Verständnis die drei Parameter der geometrischen Signatur eingehender betrachtet.

5.4. Ergebnisse mit Algorithmus von *Iwahashi & Pike*

5.4.1. Ergebnisse der quantitativen Klassierungen

Die Klassierung mit der geometrischen Signatur nach IWAHASHI & PIKE (2007) wurde für die Untersuchungsregionen der *Rockies* und des *Grand Canyon* vorgenommen. Die Ergebnisse sind in den *Abbildungen 5.6* und *5.7* zu sehen. Beim verwendeten Algorithmus werden als Schwellwerte verschachtelte Mittelwerte berechnet. Für jeden Parameter der geometrischen Signatur (Hangneigung, Konvexität, Textur) resultieren für die Abgrenzung der 16 Klassen je drei Schwellwerte (*siehe Tabelle 5.4*). Aufgrund der angewendeten Methodik kann es keine leeren Klassen geben. Das heisst, dass jede Klasse unabhängig vom Untersuchungsgebiet in den Ergebnissen der Klassierung vertreten ist. Wichtig ist auch die Erkenntnis, dass die einzelnen Klassen relativ zum Untersuchungsgebiet zu verstehen sind. Es ist also essentiell, dass die Schwellwerte (*siehe Tabelle 5.4*) bei der Analyse der Resultate mit berücksichtigt werden.

	Rocky Mountains	Grand Canyon
Hangneigung [°]		
1. Schwellwert	11.35	4.94
2. Schwellwert	4.10	1.96
3. Schwellwert	1.55	1.10
Konvexität [%]		
1. Schwellwert	46.16	45.29
2. Schwellwert	44.45	44.77
3. Schwellwert	42.80	44.14
Textur [%]		
1. Schwellwert	45.60	47.74
2. Schwellwert	44.31	46.60
3. Schwellwert	41.43	45.19

Tabelle 5.4.: Schwellwerte der Klassierung nach IWAHASHI & PIKE (2007)

Die Legende und die Zurordnung der Farben zu den verschiedenen Klassen wird von IWAHASHI & PIKE (2007) übernommen. Für ein einfacheres, visuelles Verständnis haben die Autoren vier Farbkategorien gebildet. Die Klassen 1 bis 4 erhalten pink-

rosarote Farbtöne und entsprechen Geländeformen, welche bezüglich den *Mean-Schwellwerten* durch eine steile Hangneigung und grobe Textur charakterisiert sind. Steile Gebiete mit feiner Textur werden in braun-oranger Farben dargestellt und die Textur relativ flacher Regionen wird mit Hilfe blau-grün für eine feine bzw. gelb für eine gröbere Textur unterschieden.

Beachtet man die Verteilung der *Flickr*-Fotos, so erkennt man sowohl bei den *Rocky Mountains* als auch dem *Grand Canyon* einerseits linear ausgeprägte Musterungen (Strassen, Eisenbahnlinsen), andererseits auch Anhäufungen von Fotos, die zwar stark konzentriert, gleichzeitig aber regellos über eine lokale Fläche verstreut sind. In *Abbildung 5.6* erkennt man eine klare Unterscheidung der gebirgigen und der weniger alpinen Gebiete. Im Nord-Osten und im Süden des Untersuchungsgebiets dominieren grossflächige ebene Regionen (grün-gelb), welche gemäss der Kalibration von IWAHASHI & PIKE (2007) als Tiefland-Ebenen bezeichnet werden können. In den übrigen Abschnitten herrscht hingegen vor allem steileres, alpines Gelände (pink-rosa) vor. In breiteren Talsohlen werden dann grössere zusammenhängende Flächen ebenfalls als flache Ebenen klassiert. In den *Abbildungen 5.10* und *5.11* sind charakteristische Teilregionen der *Rockies* bzw. des *Grand Canyon* mit einem *Hillshading-Effekt* visualisiert worden, um einen Eindruck der Geländeformen zu vermitteln. Der Ausschnitt der *Rocky Mountains* (USA) zeigt bei einer Ausdehnung von circa $100\text{km} \times 70\text{km}$ auch auf einem verhältnismässig lokalen Niveau die Unterscheidung zwischen dem flachen Talbereich (grün-gelb) und den alpinen Zonen (pink-braun). Im Falle des *Grand Canyon* (auch circa $100\text{km} \times 70\text{km}$ Ausdehnung) wird der Canyon als alpines, steiles Gelände klassiert. Ausserhalb des Canyons sind sowohl moderate bis steile als auch relativ flache Hochebenen vertreten.

Im Untersuchungsgebiet des *Grand Canyon* (siehe *Abbildung 5.7*) ist der Anteil an flacherem Gelände resp. an Hochebenen einiges grösser als in den *Rockies*, weshalb auch die Schwellwerte der Hangneigung für die *Rocky Mountains* deutlich grösser sind (siehe *Tabelle 5.4*). Die einzelnen Klassen, die aus dem quantitativen Algorithmus hervorgehen, sind bei der Klassierung für den *Grand Canyon* gleichmässiger vertreten. In der Nähe des Canyons, im Westen der Untersuchungsregion, erscheint steiles Gelände. Im Osten, an der Grenze von *Arizona* nach *New Mexico*, werden die relativ hohen Gebirgszüge ebenfalls den steilen, groben Landschaftsformen zugeordnet.

Wie in der Methodik am Ende des *Kapitels 4.1* beschrieben, wurde für die beiden Testregionen zusätzlich zur Originalklassierung noch für jedes Pixel die – in einem Umkreis von zehn Pixeln – am häufigsten vertretene Klasse erfasst, um so die Diskrepanz zwischen Aufnahmeort und Objektbeschreibung mittels *Tags* zu berücksichtigen. Die daraus berechneten Resultate sind den *Abbildungen 5.8* und *5.9* zu entnehmen.

Die modifizierten Klassierungen verlieren gegenüber den Originalklassierungen generell an Feinheit. Trotzdem sind die ebenen und steilen Geländeformen der *Rocky Mountains* (siehe *Abbildung 5.8*) immer noch deutlich voneinander abgrenzbar. Der beschriebene Vorgang hat nur zu einer lokalen Veränderung der Klassen geführt, da ein kreisförmiger Filter mit ungefähr 2km Durchmesser zur Bestimmung der Mehrheitsklassen benutzt wurde. Konkret heisst dies, dass einzelne Klassen flächenhafter geworden sind (Glättung) und in steilen Abschnitten der amerikanischen *Rockies* feine

5. Resultate

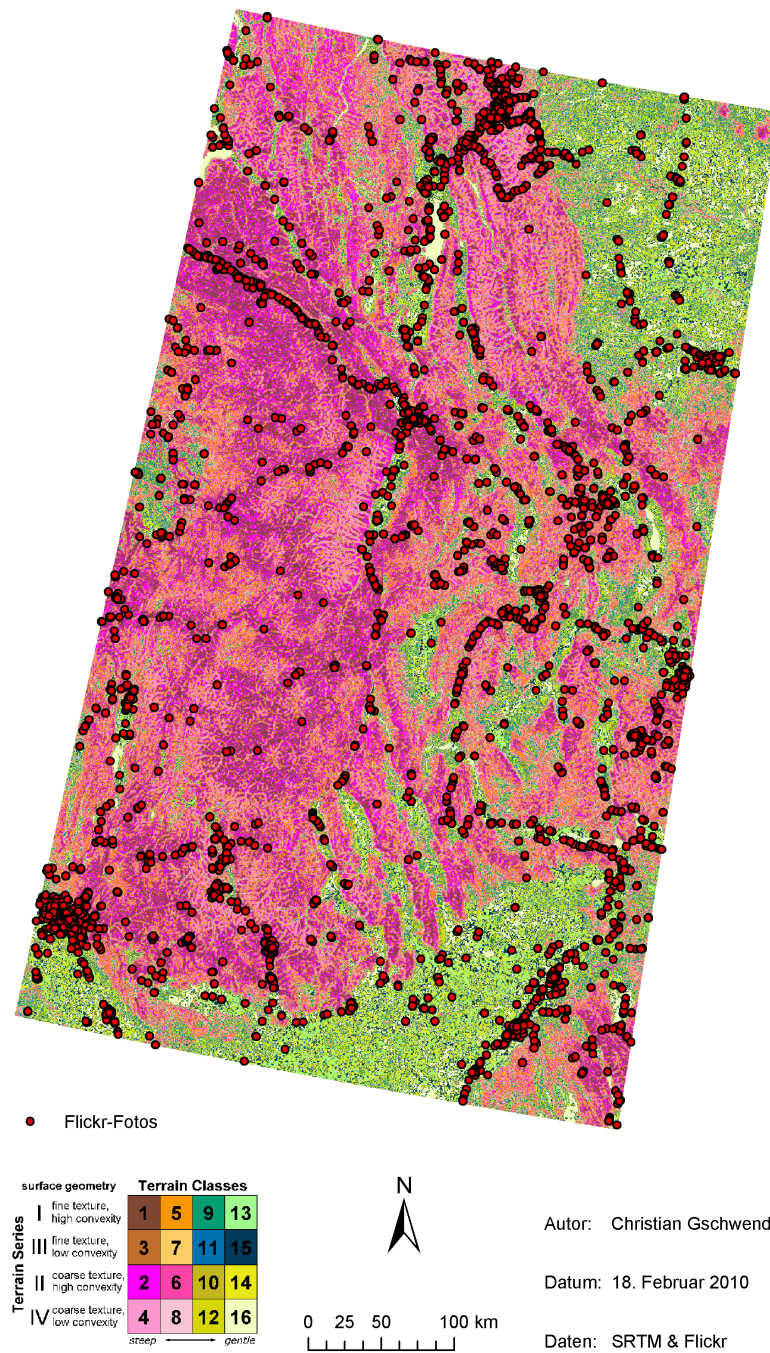


Abbildung 5.6.: Klassierung der Rocky Mountains (USA) nach IWAHASHI & PIKE (2007)

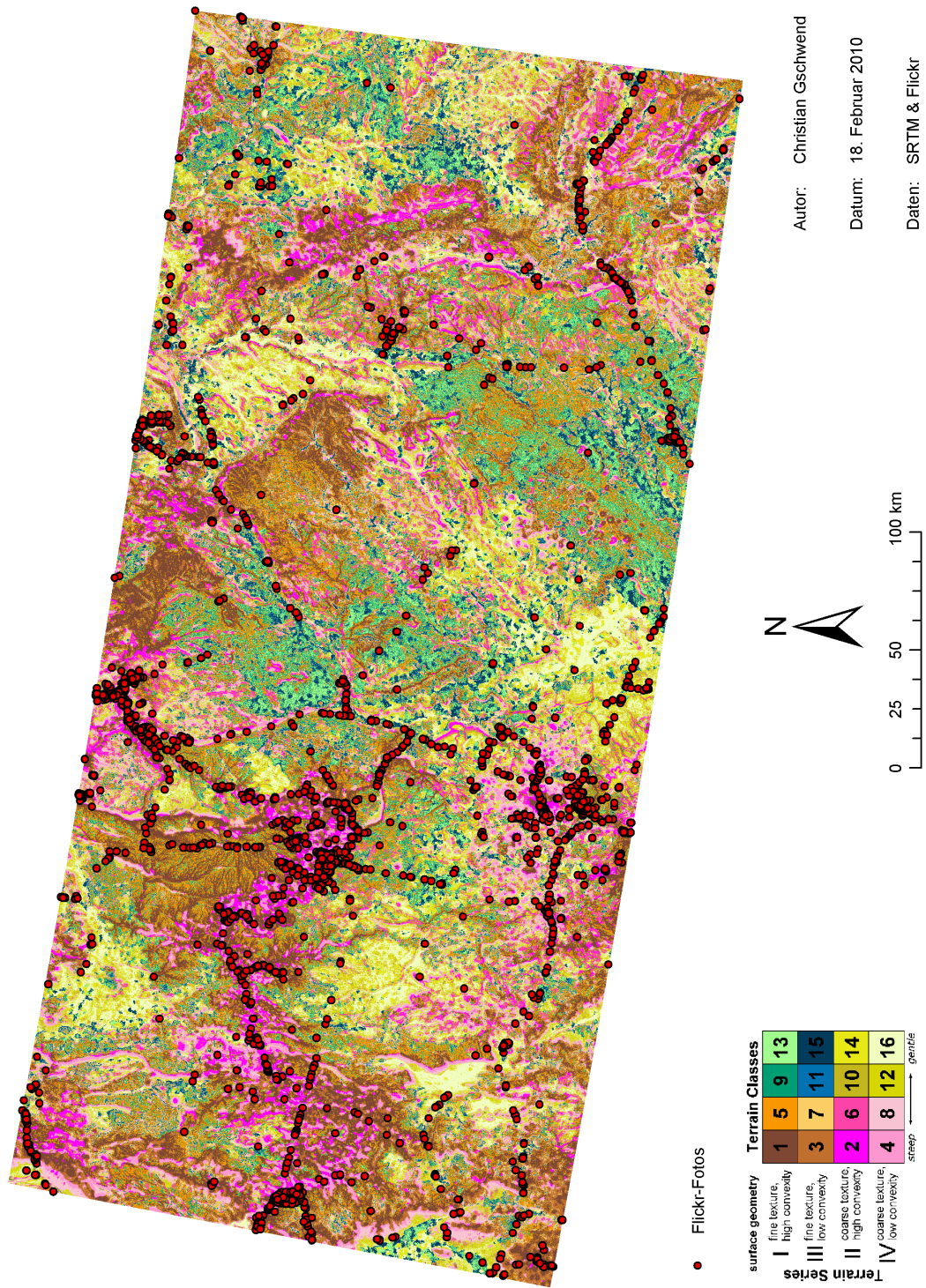


Abbildung 5.7.: Klassierung der *Grand Canyons* nach IWAHASHI & PIKE (2007)

5. Resultate

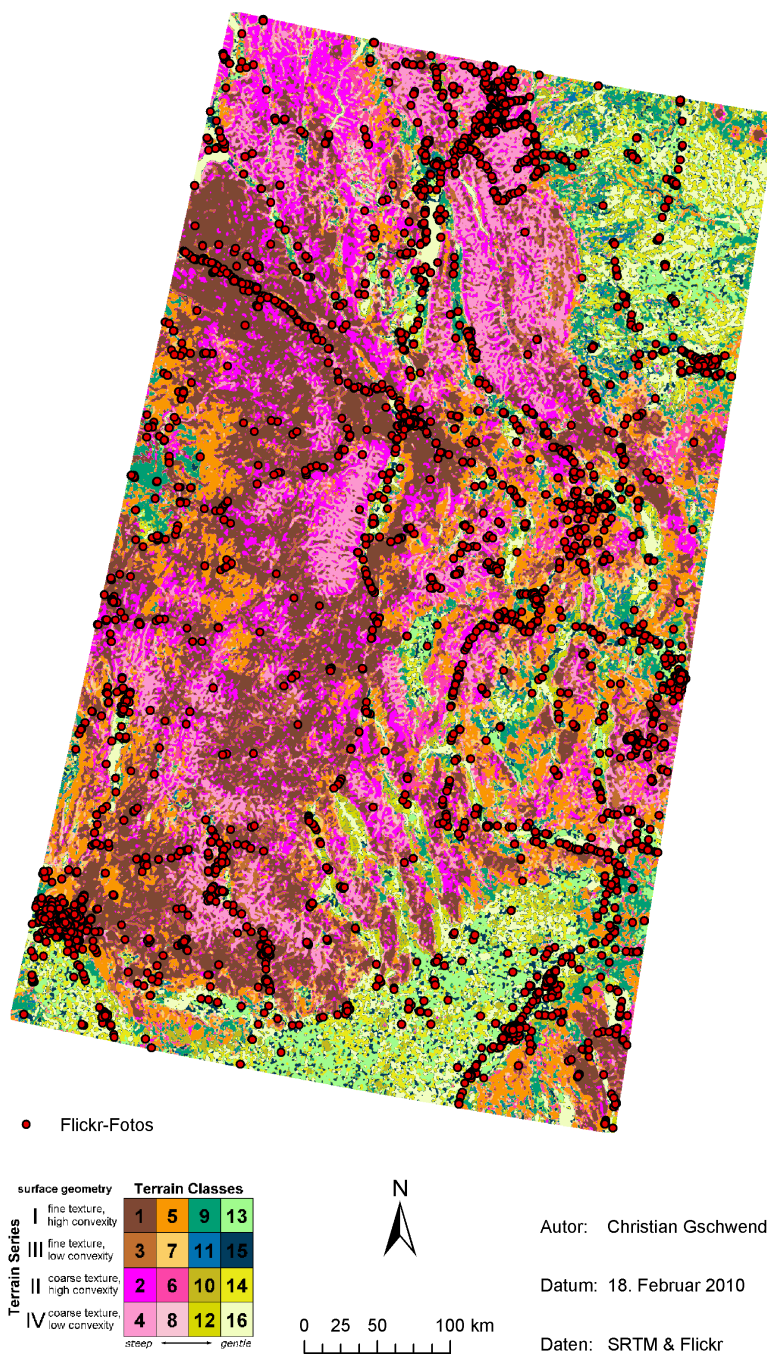


Abbildung 5.8.: Klassierung der *Rocky Mountains* (USA) mit Mehrheitsklassen (basierend auf IWAHASHI & PIKE, 2007)

5.4. Ergebnisse mit Algorithmus von Iwahashi & Pike

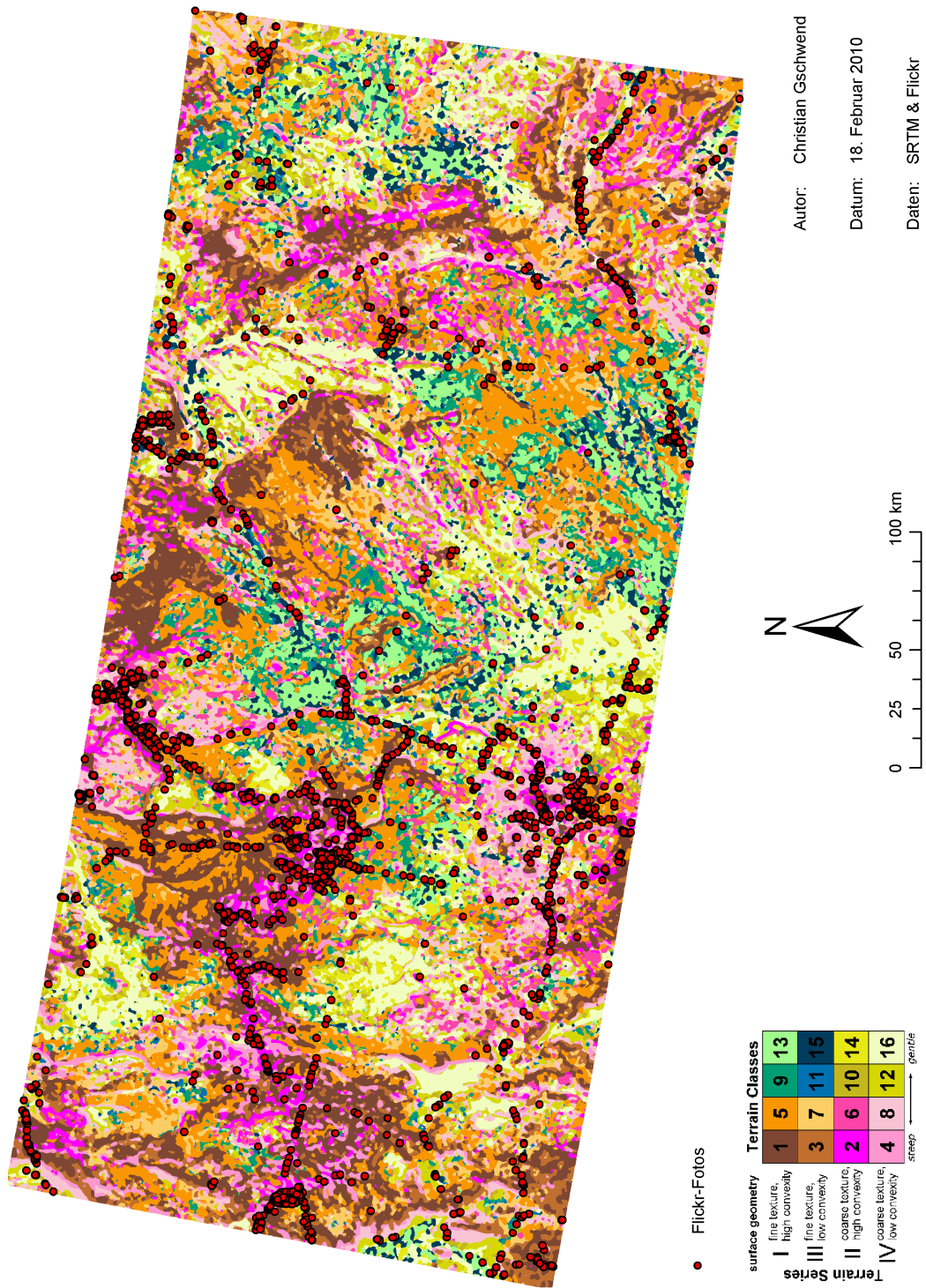


Abbildung 5.9.: Klassierung der *Grand Canyons* mit Mehrheitsklassen (basierend auf IWAHASHI & PIKE, 2007)

5. Resultate

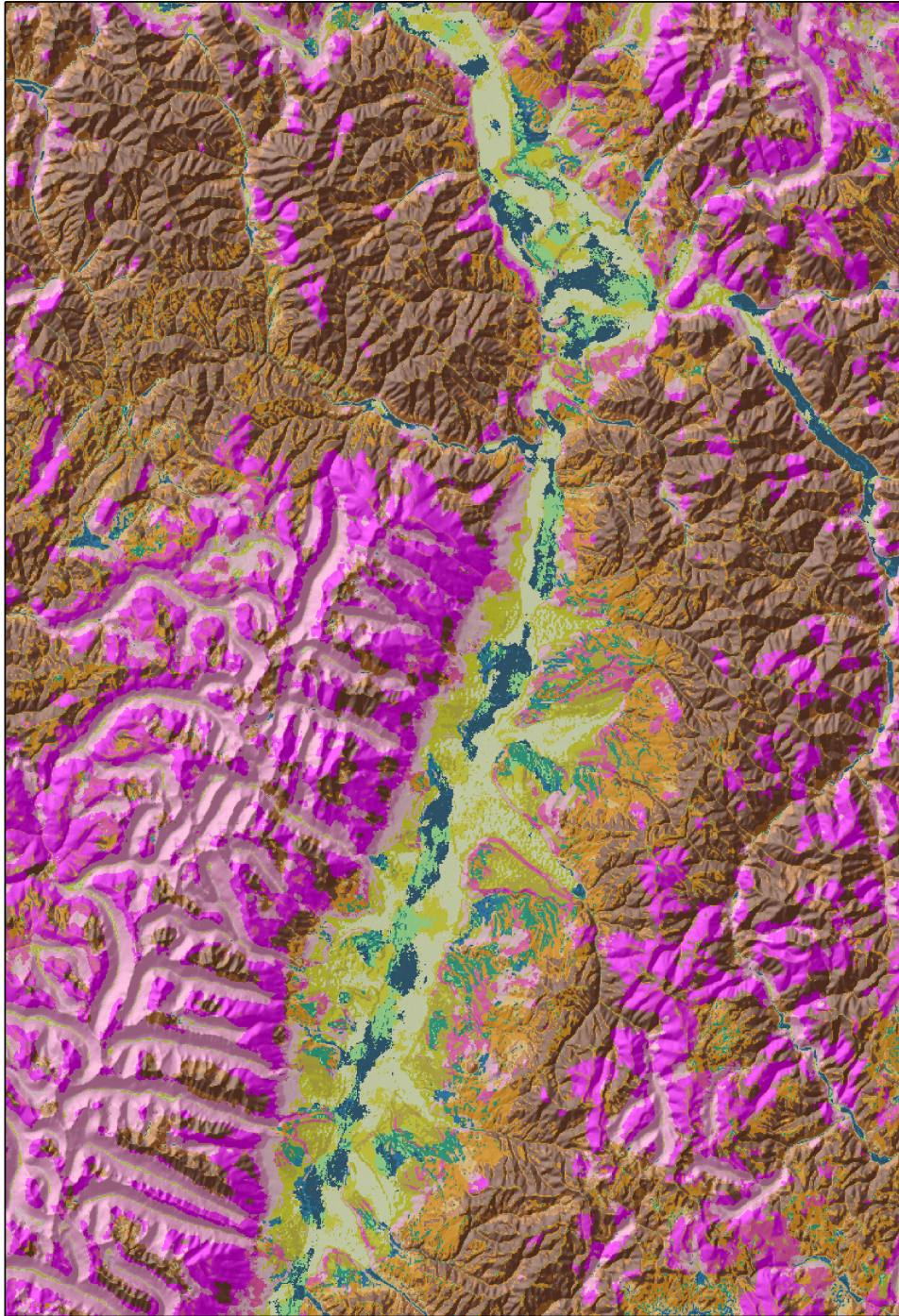


Abbildung 5.10.: Ausschnitt der quantitativen Klassierung in den *Rockies* (ca. $100\text{km} \times 70\text{km}$, basierend auf IWAHASHI & PIKE, 2007)

5.4. Ergebnisse mit Algorithmus von Iwahashi & Pike

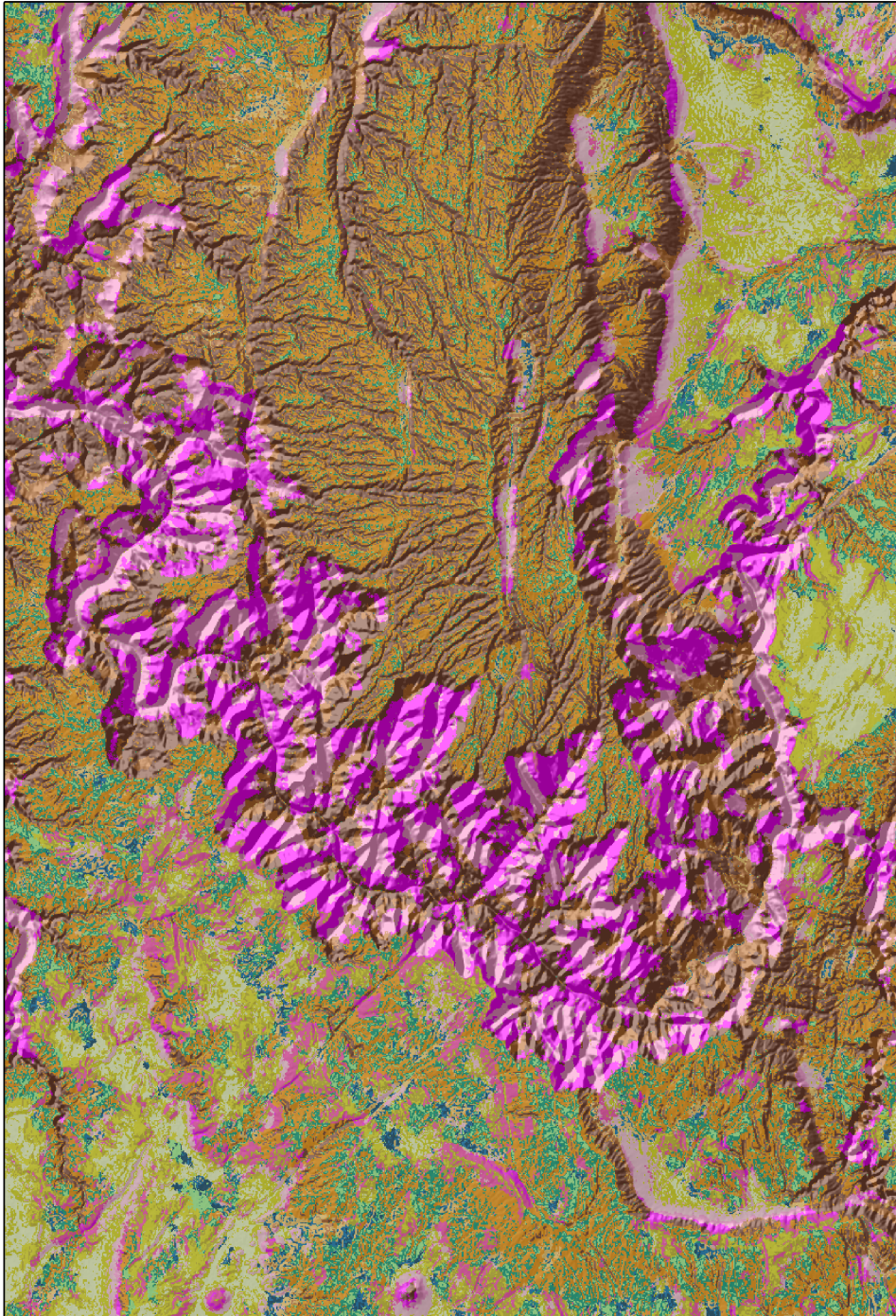


Abbildung 5.11.: Ausschnitt der quantitativen Klassierung im *Grand Canyon* (ca. $100\text{km} \times 70\text{km}$, basierend auf IWAHASHI & PIKE, 2007)

5. Resultate

(braun-orange) gegenüber groben (pink-rosa) Formen vermehrt in Erscheinung treten. Diese visuell gefolgerte Verschiebung zwischen den steilen Klassen erkennt man auch bei den drei lokalen Erhebungen im Nord-Osten des Untersuchungsgebiets.

Für den Fall des *Grand Canyon* sind visuell keine klaren, grossflächigen Verschiebungen zwischen den Klassen erkennbar. Allgemein sind die einzelnen Klassen jedoch wiederum geglättet (grober & flächenhafter) geworden. Die orange Klasse 5 zum Beispiel, welche in der Originalklassierung (*siehe Abbildung 5.7*) sehr fein und unscheinbar zwischen anderen Klassen hervortritt, erscheint im Resultat der modifizierten Klassierung deutlicher und zusammenhängender.

5.4.2. Zusammenhänge umgangssprachlicher Geographie und quantitativer Klassierungen

Zur Analyse der Zusammenhänge zwischen den quantitativen Klassierungen und der Landschaftswahrnehmung in Form der zwei *Tag*-Kategorien “natürlich” und “anthropogen” werden die relativen Häufigkeitsverteilungen genauer betrachtet (*siehe Abbildungen 5.12 & 5.13*). Für das bessere Verständnis der Resultate des Algorithmus werden ebenfalls die Histogramme der Hangneigung, der Konvexität und der Textur genauer untersucht (*siehe Abbildungen 5.14, 5.15 bzw. 5.16*).

Die statistische Analyse wurde anhand des *Mann-Whitney-U*-Tests mit einem Signifikanzniveau $\alpha = 0.5$ durchgeführt, wobei dadurch bestimmt werden soll, ob sich die flächennormierten, relativen Verteilungen statistisch signifikant unterscheiden. Ein *p*-Wert kleiner als α führt zum Verwerfen der Nullhypothese und zur Annahme der Alternativhypothese (*siehe Kapitel 4.3.2*). Für sämtliche Klassierungen und Parameter wurden die Häufigkeitsverteilungen bezüglich der Unterscheidung der natürlichen und anthropogenen Kategorien auf Signifikanz untersucht. Dabei konnte in allen Fällen die Alternativhypothese angenommen werden. Dies bedeutet, dass sich für alle Häufigkeitsverteilungen die natürliche und die anthropogene *Tag*-Kategorien signifikant unterscheiden. Damit ist statistisch nachgewiesen, dass sich die umgangssprachlichen Typen “natürlich” und “anthropogen” im Zusammenhang mit der quantitativen Klassierung von IWAHASHI & PIKE (2007) und den Parametern der geometrischen Signatur separieren lassen.

Basierend auf der Feststellung, dass sich die umgangssprachlichen Kategorien im Verhältnis zu quantitativen Grössen voneinander unterscheiden lassen, kann die Struktur der Resultate analysiert werden. Die gemittelten *Natural-Breaks*-Grenzen der zwölf Klassen in Bezug auf die einzelnen Geländeparameter sind explizit in der *Tabelle 5.5* erfasst. Die Berechnung der Klassengrenzen erfolgte durch die Bildung der Mittelwerte aus den *Natural Breaks*-Grenzen der einzelnen Untersuchungsgebiete, damit möglichst wenige Nullklassen resultieren und die Resultate direkt vergleichbar sind.

Tendenziell sind die Unterschiede zwischen den Ergebnissen der Histogramme der quantitativen Klassierung nach IWAHASHI & PIKE (2007) und der modifizierten Version mit den Mehrheitsklassen in Bezug auf die umgangssprachlichen Kategorien relativ gering. Beim Vergleich der *Abbildungen 5.12(a)* und *5.12(b)* für die Untersuchungsre-

Klasse	Hangneigung [°]	Konvexität [%]	Textur [%]
1	0–2.58	0–14.21	0–14.28
2	2.59–6.16	14.22–26.18	14.29–23.87
3	6.17–10.03	26.19–32.93	23.88–30.47
4	10.04–14.04	32.94–36.88	30.48–35.19
5	14.05–18.19	36.89–39.61	35.20–39.43
6	18.20–22.34	39.62–42.50	39.44–43.36
7	22.35–26.48	42.51–45.09	43.37–47.29
8	26.49–30.77	45.10–47.82	47.30–51.22
9	30.78–35.35	47.83–50.85	51.23–55.15
10	35.36–40.65	50.86–54.33	55.16–59.39
11	40.66–47.66	54.34–58.56	59.40–64.26
12	47.67–73.02	58.57–76.98	64.27–81.87

Tabelle 5.5.: Klassengrenzen zu den geometrischen Parametern aller Gebiete

gion der *Rocky Mountains* stellt man fest, dass vor allem bei der Klasse 15 die relative Häufigkeit der anthropogenen Kategorie stark zunimmt und für die übrigen Klassen nur leichte Variationen resultieren. Die Verhältnisse zwischen den natürlichen und anthropogenen Kategorien für die einzelnen Klassen bleiben mit Ausnahme der Klasse 10 jedoch ungefähr gleich. Zwischen den entsprechenden *Abbildungen 5.13(a)* und *5.13(b)* des *Grand Canyon* sind mit Fokus auf die Häufigkeiten der einzelnen Klassen keine extremen Verschiebungen bemerkbar. Innerhalb der Klassen 8 und 10 gibt es jedoch einen Wechsel in den Relationen der umgangssprachlichen Kategorien, wobei in der Originalklassierung der anthropogene Anteil überwiegt, bei der Klassierung mit den Mehrheitsklassen hingegen die natürliche Kategorie an Bedeutung gewinnt.

Generell sind die umgangssprachlich natürlichen Regionen in quantitativ steileren Klassen stärker vertreten. Beim Vergleich der Klassierungsergebnisse zwischen den unterschiedlichen Untersuchungsregionen erkennt man interessante Gemeinsamkeiten. Betrachtet man für jede Klasse die umgangssprachliche Kategorie, welche den höheren Häufigkeitswert aufweist, so wird ersichtlich, dass für die *Rocky Mountains* ab Klasse 8 ein klarer Wechsel von natürlicher hin zu anthropogener Kategorie vorhanden ist. Diese Zäsur tritt ebenfalls im Falle des *Grand Canyon* auf, jedoch schon bei Klasse 6. Diese Ähnlichkeit der Ergebnisse ist insofern als interessant zu bezeichnen, als

5. Resultate

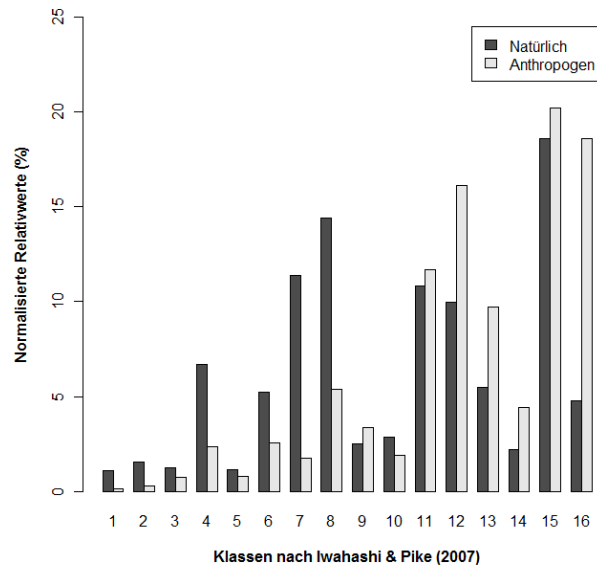
dass sie trotz der stark unterschiedlichen Schwellwerte des quantitativen Algorithmus (siehe Tabelle 5.4) feststellbar ist. Für das Untersuchungsgebiet des *Canyon* stellt man gegenüber den *Rockies* klare Abweichungen in den Klassen 3 und 5 (relativ steiles Gelände mit feiner Textur) fest. Hier sind leichte Ausprägungen eines anthropogenen Fokus auf die Landschaft vorhanden. In der Region des *Grand Canyon* sind also auch steile und durch feine Textur charakterisierte Geländeformen für Menschen zugänglich, so dass sie ebenfalls relativ stark ausgeprägt anthropogen beschrieben werden.

Bezogen auf die klassierten Landschaftsformen nach IWAHASHI & PIKE (2007) kann gesagt werden, dass alpines, gebirgiges Gebiet tendenziell natürlich und dementsprechend flache Tiefebene oder Talsohlen eher anthropogen geprägt sind. Die quantitativen Klassen lassen sich nicht ausschliesslich anhand der umgangssprachlichen Kategorien “natürlich” und “anthropogen” einzeln unterscheiden. Die alpinen Klassen 1 und 2 bzw. die Tiefebene (Klassen 15 & 16) zeigen sowohl für die *Rockies* als auch den *Grand Canyon* ein klares Muster. Die gebirgigen Klassen sind durch eine natürliche und die flachen Regionen vorwiegend mittels anthropogener Umgangssprache charakterisiert.

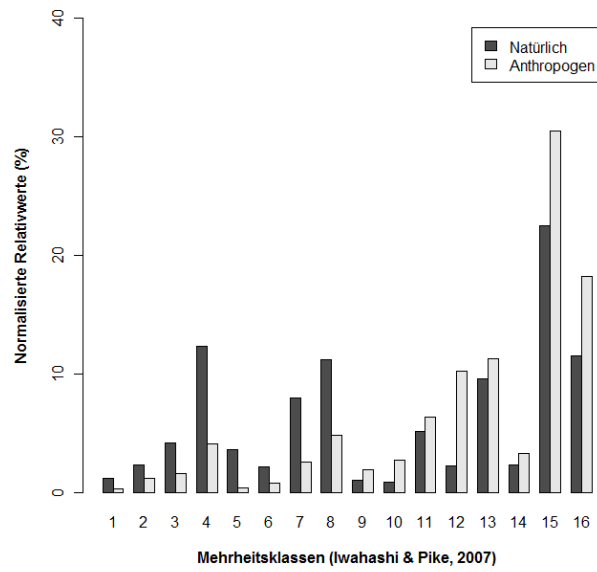
Um Abhängigkeiten des quantitativen Algorithmus besser nachvollziehen zu können, werden die Histogramme in Bezug zu den geometrischen Parametern gesetzt und genauer betrachtet (siehe Abbildungen 5.14–5.16). Die Hangneigung zeigt gegenüber den zwei umgangssprachlich geprägten Kategorien für beide Untersuchungsgebiete eine deutliche Regelmässigkeit (siehe Abbildungen 5.14(a) & 5.14(b)). In steilerem Gelände dominiert die natürliche Ausprägung der menschlichen Wahrnehmung und umgekehrt für flacheres Gelände die anthropogene Umgangssprache. Im *Grand Canyon* sind in steilem Gelände insgesamt mehr Fotos vorhanden als in den *Rocky Mountains*. Weiter kristallisiert sich im *Grand Canyon*-Gebiet ein Übergewicht der natürlichen gegenüber der anthropogenen Kategorie erst in den steilsten drei Klassen (ab ungefähr 35° Neigung) heraus, wobei in den amerikanischen *Rockies* schon nach den ersten zwei Hangneigungsklassen ab cirka 6° Hangneigung eine leichte Tendenz der Geländewahrnehmung hin zu einem natürlichen Fokus auftritt.

Sowohl in den Häufigkeitsverteilungen betreffend der Konvexität (siehe Abbildungen 5.15(a) & 5.15(b)) als auch der Textur (siehe Abbildungen 5.16(a) & 5.16(b)) sind zwischen den Untersuchungsgebieten keine klar ausgeprägten Regelmässigkeiten festzustellen. Die Verteilungen der Textur sind für beide Testregionen ähnlich, die Aufteilung zu den umgangssprachlichen Kategorien fällt jedoch teilweise gegensätzlich aus (z.B. Klasse 5). Weiter erkennt man eine Ähnlichkeit zwischen den Ergebnissen der *Canyon*-Konvexität und der *Rocky*-Hangneigung.

5.4. Ergebnisse mit Algorithmus von Iwahashi & Pike



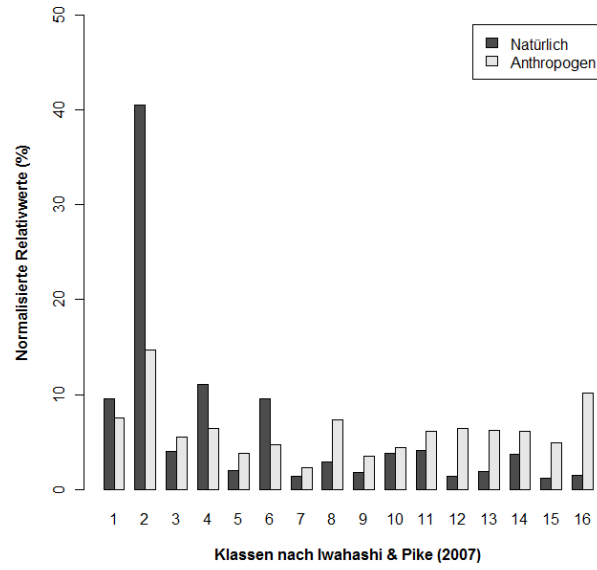
(a) Tag-Kategorien bzgl. effektiver, geometrischer Klassierung
(Mann-Whitney-U $\rightarrow p < 0.05$)



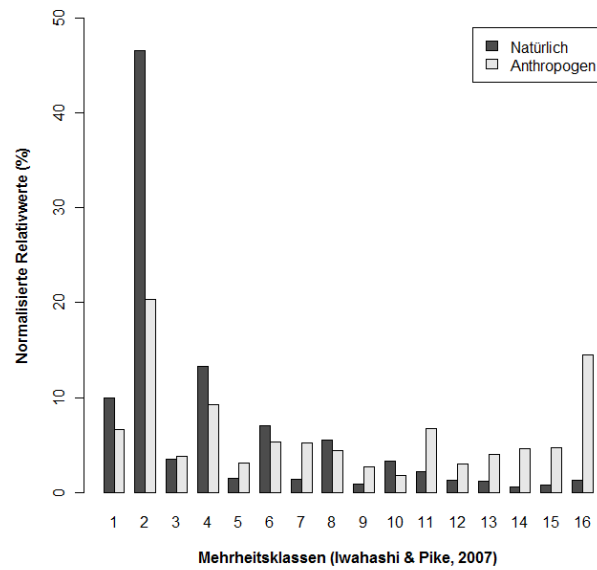
(b) Tag-Kategorien bzgl. geometrischer Klassierung mit Mehrheitsklassen
(Mann-Whitney-U $\rightarrow p < 0.05$)

Abbildung 5.12.: Relative Häufigkeitsverteilung der Tag-Kategorien bzgl. quantitativer Klassierung der Rocky Mountains

5. Resultate



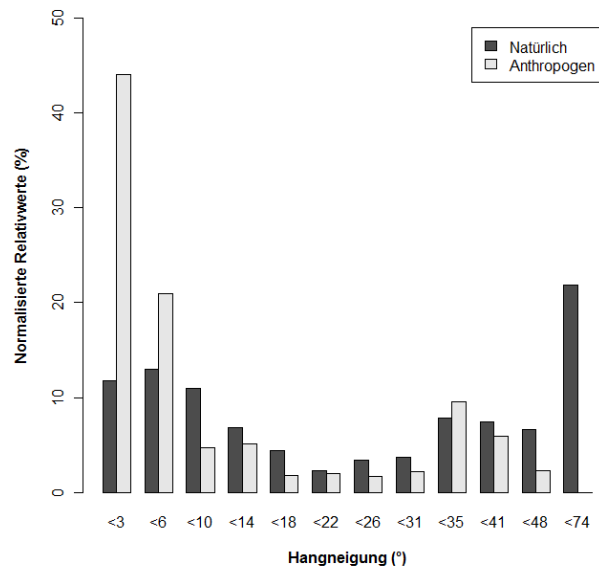
(a) *Tag*-Kategorien bzgl. effektiver, geometrischer Klassierung (*Mann-Whitney-U* $\rightarrow p < 0.05$)



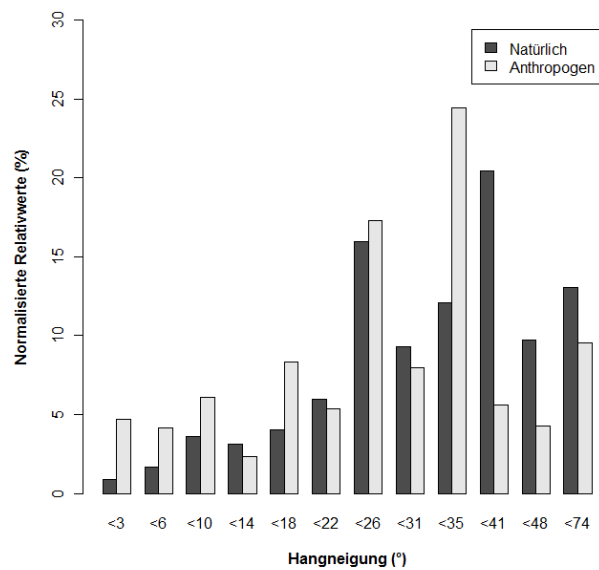
(b) *Tag*-Kategorien bzgl. geometrischer Klassierung mit Mehrheitsklassen (*Mann-Whitney-U* $\rightarrow p < 0.05$)

Abbildung 5.13.: Relative Häufigkeitsverteilung der *Tag*-Kategorien bzgl. quantitativer Klassierung des *Grand Canyon*

5.4. Ergebnisse mit Algorithmus von Iwahashi & Pike



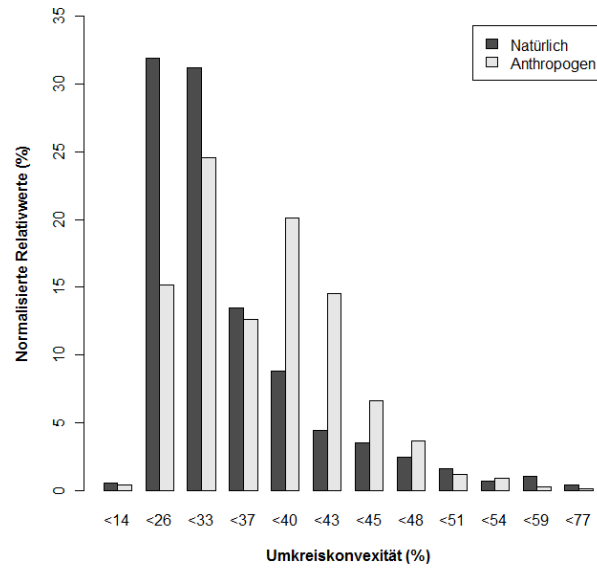
(a) Tag-Kategorien bzgl. Hangneigung in den *Rocky Mountains* (Mann-Whitney-U $\rightarrow p < 0.05$)



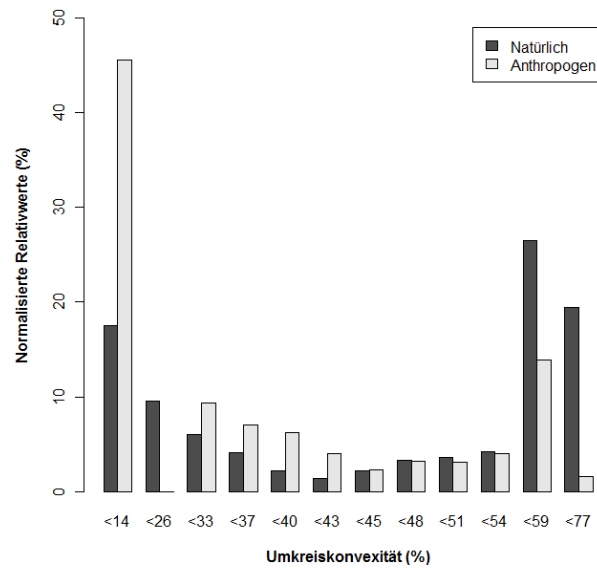
(b) Tag-Kategorien bzgl. Hangneigung im *Grand Canyon* (Mann-Whitney-U $\rightarrow p < 0.05$)

Abbildung 5.14.: Relative Häufigkeitsverteilung der Tag-Kategorien bzgl. der Hangneigung

5. Resultate



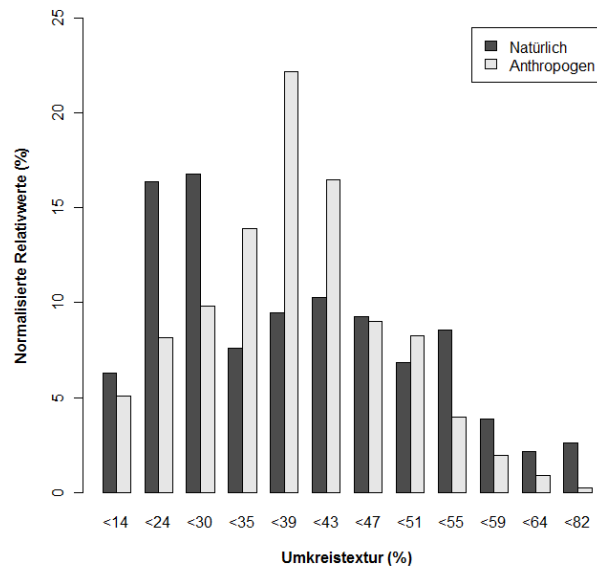
(a) Tag-Kategorien bzgl. Konvexität in den *Rocky Mountains*
(Mann-Whitney-U $\rightarrow p < 0.05$)



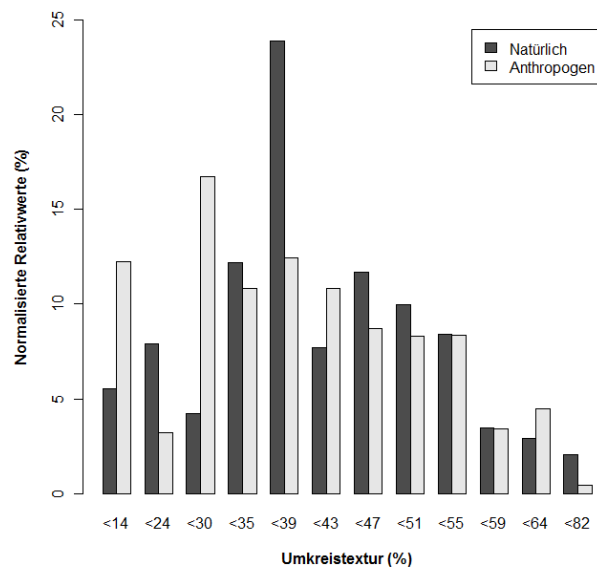
(b) Tag-Kategorien bzgl. Konvexität im *Grand Canyon*
(Mann-Whitney-U $\rightarrow p < 0.05$)

Abbildung 5.15.: Relative Häufigkeitsverteilung der Tag-Kategorien bzgl. der Konvexität

5.4. Ergebnisse mit Algorithmus von Iwahashi & Pike



(a) Tag-Kategorien bzgl. Textur in den *Rocky Mountains* (Mann-Whitney-U $\rightarrow p < 0.05$)



(b) Tag-Kategorien bzgl. Textur im *Grand Canyon* (Mann-Whitney-U $\rightarrow p < 0.05$)

Abbildung 5.16.: Relative Häufigkeitsverteilung der Tag-Kategorien bzgl. der Textur

6. Diskussion

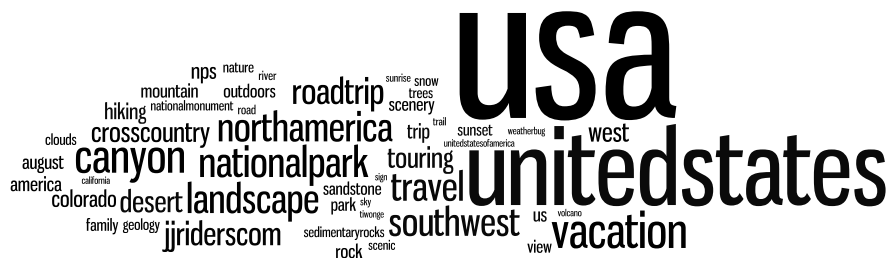
6.1. Flickr-Methodik vs. TF-IDF

TF-IDF (*siehe Kapitel 4.2*) dient der Bestimmung der Relevanz von Wörtern bezüglich einer Sammlung von Dokumenten. Anhand von *Tag-Clouds* soll die in dieser Arbeit eingeführte Methodik zur Filterung und Gewichtung von *Flickr-Tags* im Zusammenhang mit der umgangssprachlichen Erfassung der Landschaft gegenüber des TF-IDF-Ansatzes gerechtfertigt werden. Die Gewichtung wird grundsätzlich gemäss *Formel 4.1 (Seite 49)* realisiert. Die Dokumenthäufigkeiten werden hingegen durch Benutzerhäufigkeiten ersetzt. In *Formel 4.1* beschreibt $f_{i,j}$ die Häufigkeit eines Terms i in einem Dokument j . Bei der hier durchgeführten Berechnung wird nicht die Frequenz eines Wortes in Bezug auf einen bestimmten Nutzer verwendet, sondern die absolute Häufigkeit eines *Tags* i aller Fotos. Dies liegt darin begründet, dass die Gewichtung für die gewünschte *Tag-Hierarchie* nicht in Bezug auf jeden einzelnen Benutzer erhoben werden soll. Die Beschreibung der Relevanz eines *Tags* ist abhängig von der Nutzerzahl, die ein bestimmtes Schlüsselwort wählen. Die aus der angepassten TF-IDF-Methode resultierenden Wörter-Wolken sind in *Abbildung 6.1* visualisiert.

Für beide Untersuchungsgebiete sind die TF-IDF-Resultate im Verhältnis zu den auf *Tag-Häufigkeiten* beruhenden Ergebnissen (*siehe Abbildungen 5.1(a), Seite 63 & 5.2(a), Seite 64*) sehr ähnlich. Die extreme Dominanz der Schlüsselwörter **montana** und **idaho** in den *Rockies* ist beim Ergebnis der TF-IDF-Methode nicht mehr so stark ausgeprägt, jedoch nehmen Wörter mit Bezug zur Eisenbahn-Thematik immer noch eine zentrale Rolle ein (*siehe Abbildung 6.1(a)*). Im Falle des *Grand Canyon* gewinnt das Wort **usa** sogar noch an Bedeutung, wobei im Gegenzug **canyon** und **desert** an Relevanz einbüßen (*siehe Abbildung 6.1(b)*). Interessant ist auch, dass das Schlüsselwort **jjriderscom** mit dem TF-IDF-Ansatz gegenüber der auf *Tag-Häufigkeiten* basierenden Wörter-Wolke "wichtiger" wird. Diese Feststellungen liegen darin begründet, dass die TF-IDF-Technik mit inversen Dokument- bzw. Nutzer-Häufigkeiten operiert. Dadurch wird ein *Tag* der von wenigen *Usern* oft genannt wird in der berechneten Hierarchie höher eingestuft. Schlüsselwörter, die bei TF-IDF an Bedeutung gewinnen, entsprechen im Kontext dieser Arbeit jedoch genau der formulierten Definition von unerwünschter Information. Dadurch kann anhand des TF-IDF-Ansatzes in dieser Form keine kontext-spezifische Information extrahiert werden. Damit rechtfertigt sich die konzipierte Methodik basierend auf Pseudohäufigkeiten.



(a) Tag-Cloud der Rockies mit TF-IDF



(b) Tag-Cloud des Grand Canyon mit TF-IDF

Abbildung 6.1.: Tag-Clouds mit TF-IDF. Erstellt auf <http://www.wordle.net/>

6.2. Tag-Hierarchien vs. Geographische Kategorien

Durch den Vergleich der im Rahmen dieser Arbeit berechneten speziellen *Tag*-Hierarchien und bekannter geographischer Kategorien im Sinne der naiven Wissenschaften wird abzuschätzen versucht, inwiefern die angewendete Methodik zu den erwarteten Resultaten führt. Unter geographischen Kategorien versteht man hier also die allgemeine, menschliche Begriffsverwendung zur Beschreibung der Grundstrukturen der Realität. Die Bildung geographischer Kategorien hat ein einheitliches Grundvokabular zur Erfassung der vom Menschen wahrgenommenen Landschaftseinheiten zum Ziel. BATTIG & MONTAGUE (1969) (B&M) und VAN OVERSCHELDE *et al.* (2004) (VanOverEtAl) haben Experimente durchgeführt und dabei Leute dazu aufgefordert “natürliche Erdformationen” zu benennen. Die Umfrage, welche von SMITH & MARK (2001) (S&M) bezüglich menschlicher Erfassung geographischer Kategorien realisiert wurde, ist durch unterschiedliche Fragestellungen (z.B. “natürliche Erdformationen”, “eine Art geographischer Objekte”) charakterisiert. Dabei werden die häufigsten Antworten zu den unterschiedlichen Fragearten aufsummiert. Weiter haben die Autoren EDWARDES & PURVES (2007) (E&P) durch Experimente

6.2. Tag-Hierarchien vs. Geographische Kategorien

mit Daten der *Geograph*-Fotodatenbank¹ versucht ein theoretisches Fundament für die semantische Beschreibung von Orten zu extrahieren. Daraus ergeben sich die in *Tabelle 6.1* enthaltenen Ranglisten im Vergleich zu den *Flickr*-Ergebnissen, wobei die Umsetzung dieses Vergleichs von den Autoren EDWARDES & PURVES (2007) übernommen wurde. Bei den *Flickr*-Resultaten werden die speziellen Rangierungen, die aufgrund der Pseudohäufigkeiten in Abhängigkeit der *Tag*- und Benutzerhäufigkeiten entstanden sind, aufgelistet.

B&M	VanOverEtAl	S&M	E&P
mountain	mountain	mountain	road
hill	river	river	hill
valley	ocean	lake	river
river	volcano	ocean	village
rock	lake	hill	building
lake	valley	country	park
canyon	hill	sea	street
cliff	rock	city	valley
ocean	canyon	continent	field
cave	plateau	valley	loch
<i>Rockies</i>		<i>Canyons</i>	
mountain	river	mountain	travel
tree	nationalpark	rock	outdoors
flower	rockies	nationalpark	spring
cloud	train	landscape	trip
sign	outdoors	ruin	color
fall	bird	cloud	canyon
animal	waterfall	tree	car
reflection	flag	flower	sunset
lake	spring	sign	building
rock	plant	shadow	bridge

Tabelle 6.1.: Wörterranglisten zur Erfassung geographischer Kategorien

Bei allen Wörterlisten mit Ausnahme der eigenen Ergebnisse (*top twenty*) werden jeweils die zehn bestrangierten *Tags* in der *Tabelle 6.1* erfasst. Vor dem Hintergrund, dass die Listen der anderen Autoren gegenüber den *Flickr*-Ergebnissen durch direkte Befragungen entstanden sind bzw. im Falle von EDWARDES & PURVES (2007) die Daten nicht für ein charakteristisches Gebiet eingeschränkt wurde, kann nur ein sehr

¹<http://www.geograph.org.uk/>

6. Diskussion

grober Vergleich zu den eigenen Resultaten vollzogen werden. Dieser Vergleich soll die verwendete Methodik evaluieren. Durch präzise und gezielt formulierte Fragen im Rahmen der Versuche der drei externen Forschungsgruppen BATTIG & MONTAGUE (1969), VAN OVERSCHELDE *et al.* (2004) und SMITH & MARK (2001) ist die Ursache für die spezifischen Antworten der Testpersonen bekannt. Die Entstehung von *Flickr-Tags* kann eine Vielzahl an Motivationen seitens der Benutzer haben (*siehe Kapitel 2.2.3*). Daher resultiert ein viel grösseres Vokabular, das weniger auf ein konkretes Thema (hier: Geographie) fokussiert und gegenüber den Resultaten von EDWARDES & PURVES (2007) stärker im Kontext der gewählten Untersuchungsgebiete steht. Trotzdem werden die einzelnen Listen bezüglich ihrer Korrelationen analysiert. Dazu wird eine Rangkorrelation nach Spearman durchgeführt (*siehe Tabelle 6.2*). Als Referenzliste wird jene von BATTIG & MONTAGUE (1969) gewählt, wobei das Wort *ocean* weggelassen wird, da dieses im Kontext der eigenen Wörterlisten jeweils nicht vorhanden ist.

<i>Tags</i>	B&M	VanOverEtAl	S&M	E&P	<i>Rockies</i>	<i>Canyon</i>
mountain	1	1	1	6	1	1
hill	2.5	5	5	1	8	7
valley	2.5	4	4	3	5	4
river	4	2	2	2	4	6
rock	5	6	6	5	3	2
lake	6	3	3	4	2	5
canyon	7	7	8	9	6	3
cliff	8	9	8	7	7	9
cave	9	8	8	8	9	8

	B&M	VanOverEtAl	S&M	E&P	<i>Rockies</i>	<i>Canyon</i>
B&M	1	0.796	0.796	0.654	0.513	0.546
VanOverEtAl		1	0.983	0.567	0.75	0.533
S&M			1	0.617	0.75	0.45
E&P				1	0.167	0
<i>Rockies</i>					1	0.75
<i>Canyon</i>						1

Tabelle 6.2.: Korrelation zwischen relativer Rangierungen verschiedener Studien

6.2. Tag-Hierarchien vs. Geographische Kategorien

Ein Zusammenhang gilt bei einem Signifikanzniveau von 0.05 und neun Freiheitsgraden ab einem Korrelationskoeffizienten von 0.7 als signifikant. Die Hierarchie basierend auf den Pseudohäufigkeiten der *Rocky Mountains-Tags* zeigt gegenüber den geographischen Kategorien von VAN OVERSCHELDE *et al.* (2004), SMITH & MARK (2001) und EDWARDES & PURVES (2007) einen höheren Korrelationswert als das Untersuchungsgebiet des *Grand Canyon*. Diese Feststellung macht insofern Sinn, als dass die eigenen *Tag*-Listen kontext-spezifisch hergeleitet wurden. Die Ergebnisse der *Rockies* korrelieren bezüglich der Kategorien von VAN OVERSCHELDE *et al.* (2004) und SMITH & MARK (2001) signifikant. Für die eigenen *Tag*-Listen ist der Zusammenhang zwischen den Hierarchien der *Rocky Mountains* und des *Grand Canyon* ebenfalls signifikant, wobei ein erhöhter Korrelationswert unter anderem aufgrund der Verwendung der gleichen Methodik resultieren kann. Auffallend ist weiter, dass insbesondere die eigenen *Tag*-Listen und die Resultate von EDWARDES & PURVES (2007) extrem tiefe Korrelationskoeffizienten ergeben. Insgesamt kann doch eine gewisse Verwandtschaft der eigenen Wörterlisten und den geographischen Kategorien festgestellt werden. Jedoch sind die Korrelationskoeffizienten meistens nicht signifikant (z.B. eigene Listen vs. B&M), wobei wiederum berücksichtigt werden muss, dass die eigenen Wörterlisten kontextbezogen sind und damit aufgrund einer anderen Absicht konzipiert wurden.

Bei genauerem Vergleich der Wörterlisten werden trotz der getroffenen Vereinfachungen einige interessante Ergebnisse ersichtlich. Bei allen Hierarchien hat das Schlüsselwort *mountain* höchste Priorität. *River*, *rock*, *lake*, *canyon* und *tree* sind weitere *Keywords*, die in fast allen Zusammenstellungen erscheinen. Den Umstand, dass die *Flickr*-Wörter kontext-bezogen sind, erkennt man an zwei Auswirkungen in den Resultaten. Einerseits beim Vergleich der *Rocky Mountains*- und *Grand Canyon-Tags* mit den übrigen Listen, andererseits aber auch bei der direkten Gegenüberstellung der *Flickr*-Resultate. Würde man die zwei *Flickr*-Listen vereinigen, so wäre die Anzahl identischer Schlüsselwörter im Vergleich zu den Ontologien aus der Literatur noch grösser, weil damit die kontextspezifischen *Tags* der zwei unterschiedlichen Untersuchungsregionen das Resultat vervollständigen. Bei einer internen Gegenüberstellung der eigenen *Flickr*-Listen wird ersichtlich, dass diese die Schlüsselwörter *mountain*, *tree*, *cloud*, *sign*, *rock*, *outdoors* und *spring* gemeinsam haben, die wiederum vorwiegend auf den ersten zehn Positionen rangiert sind. In den hinteren Rängen treten dann eher regionspezifische *Tags* auf (z.B. *rockies* bzw. *canyon*). Im Unterschied zu den Hierarchien der anderen Forscher erscheinen in den eigenen Ergebnissen auch *Keywords*, die durch den Menschen hervorgegangene (nicht-natürliche) Konstrukte wie beispielsweise *train*, *trip* und *car* beschreiben. Weiter stellt man fest, dass ein *Tag*, der in fast allen Listen auftritt, häufig auch einem *Flickr*-Wort aus den vorderen Rängen entspricht. Begriffe wie *hill* und *ocean* treten umgekehrt in den *Flickr*-Listen nicht in den vorderen zwanzig Rängen auf. Ausserdem ist *hill* ein Wort, das im britischen Sprachgebrauch häufig vorkommt. Da sich die Untersuchungsgebiete in Nordamerika befinden, scheinen die Resultate also auch durch die einheimische Sprache (amerikanisches Englisch) beeinflusst zu sein. Es ist zu beachten, dass diesbezüglich der Effekt verschiedener Sprachregionen auf die Erfassung der naiven Geographie (MARK *et al.*, 2007) aus *Flickr*-Daten nicht explizit abgeschätzt werden kann. Unter den

6. Diskussion

verschiedenen Nutzern befinden sich mit grosser Wahrscheinlichkeit auch Touristen anderer Kulturregionen, jedoch ist den *Flickr*-Metadaten die Muttersprache nicht direkt zu entnehmen. Das Wort *ocean* wird durch den gegebenen Kontext der gebirgigen Regionen nicht erfasst. Mit den beschriebenen externen und internen Vergleichen der Schlüsselwörterlisten werden Aussagen bezüglich der verwendeten Methoden möglich. Die angewendeten Methoden mit der geographischen *Tag-Intersection* und der aus *Tag*- und Benutzerhäufigkeiten generierten Pseudohäufigkeiten entsprechen unter Berücksichtigung der datenspezifischen Besonderheiten den Erwartungen. Mit anderen Worten können die aufgrund der Methodik produzierten kontextbezogenen *Tag*-Ergebnisse im Vergleich zu den Kategorien aus der Literatur gerechtfertigt werden.

Bezüglich der geographischen *Tag-Intersection* gibt es noch eine weitere Argumentationsmöglichkeit zum Nachweis, dass diese Methode die beabsichtigten Effekte auslöst. Mit Hilfe der Statistiken aus den *Tabellen 3.4 (Seite 38)* und *4.2 (Seite 53)* kann ein einfacher Vergleich der *User*- und *Tag*-Zahlen vorgenommen werden. Die Anzahl verschiedener Schlüsselwörter sinkt nach der *Tag-Intersection* sowohl für die *Rockies* als auch für den *Grand Canyon* von anfänglichen 17023 bzw. 12144 relativ stark auf einen Wert von 1371 (-91.9%) bzw. 1331 (-89.0%), während die Benutzerzahl nur um 9.7% bzw. 15.1% abnimmt. Ein grosser Anteil *Tags* wird also durch diese Methode herausgefiltert, ohne dass eine grosse Anzahl an *Usern* wegfallen würde. Diese Tatsache entspricht genau der vorgeschlagenen Operationalisierung von unerwünschten Informationen im Rahmen der Berechnung von Pseudohäufigkeiten (*siehe Kapitel 4.2*). Folglich kann davon ausgegangen werden, dass die angewendete Methodik die erwarteten Auswirkungen auf die Datenstruktur hat.

6.3. Analyse des Relief-Experiments

Bei den Resultaten in *Kapitel 5.2* wurden nur die zwei Unterregionen mit minimalem bzw. maximalem Relief-Wert betrachtet. Dabei wurde festgestellt, dass sich mit dem extremalen Unterschied im Relief-Parameter auch eine Veränderung in den entsprechenden umgangssprachlichen Geographien in Form von Wörter-Wolken aus *Flickr-Tags* niederschlägt. Daraus kann jedoch nicht zwingend auf einen direkten Zusammenhang zwischen dem Relief und der menschlichen Landschaftswahrnehmung geschlossen werden. Anhand weiterer auf Pseudohäufigkeiten basierender *Tag-Clouds* mit Bezug zu einer bestimmten Teilregion soll nun abgeschätzt werden, ob die dort beobachtete Variation in den Wörter-Wolken systematisch auftritt resp. effektiv mit dem Relief-Parameter in Zusammenhang steht. Dazu werden drei weitere *Tag-Clouds* hinzugezogen (*siehe Abbildung 6.2*). Als Erstes werden zwei Unterregionen gewählt, deren Reliefs verhältnismässig gering sind und nahe beieinander liegen (*siehe Abbildungen 6.2(a) & 6.2(b)*). Dadurch soll eine erwartete Ähnlichkeit in den jeweiligen Ergebnissen überprüft werden. Ausserdem wird zusätzlich noch ein Exemplar mit relativ hohem Relief-Wert ausgesucht (*siehe Abbildung 6.2(c)*) und schliesslich ein Vergleich zu den beiden ersterwähnten Darstellungen gezogen. Dadurch wird die Sensitivität in der umgangssprachlichen Wahrnehmung mit Hilfe der *Flickr-Tags* im

Verhältnis zum Relief-Parameter überprüft und versucht ein Verständnis für eine mögliche Scheinkorrelation zu entwickeln.

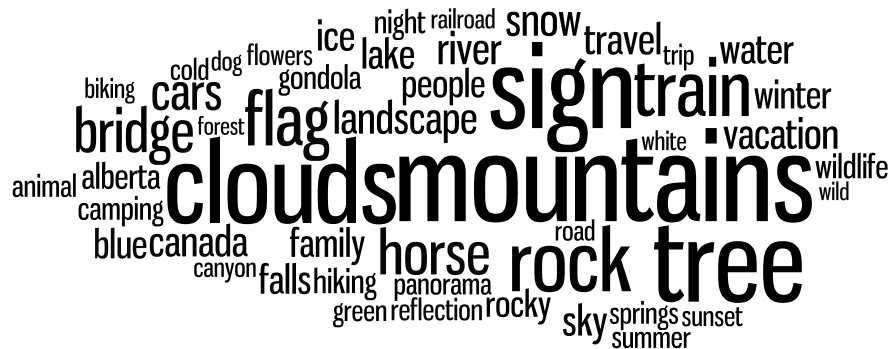
In den *Abbildungen 6.2(a)* und *6.2(b)* sind die beiden Wörter-Wolken mit kleinerem, ähnlicherem Relief gegenüber jener in *Abbildung 6.2(c)* mit deutlich grösserem quantitativem Parameter abgebildet. In allen drei *Tag-Clouds* sind Begriffe, die in Zusammenhang mit der Natur stehen am bedeutendsten. Im Untergebiet mit dem Relief-Wert 2660m wird gegenüber den anderen Teilregionen nicht **mountains** als wichtigstes Element erachtet. Daneben sind noch weitere feine Unterschiede feststellbar. Man erkennt, dass sich *Abbildung 6.2(c)* im Verhältnis zu den oberen zwei Darstellungen wie folgt abgrenzen lässt. Die Schlüsselwörter **mountains**, **clouds** und **tree(s)** nehmen in den *Abbildungen 6.2(a)* und *6.2(b)* eine zentrale Rolle ein. Gleich darauf folgen in beiden Visualisierungen mit nur leicht weniger Bedeutung im Vergleich zu den dominierenden natürlichen Wörtern, urban geprägte Beschreibungen wie **sign** oder **train**. Besondere Wichtigkeit für die Teilregion mit dem verhältnismässig hohen Rauigkeitsparameter (*siehe Abbildung 6.2(c)*) nehmen nur die zwei natürlichen *Keywords* **lake** und **reflection** ein. Jedoch ist danach das Gefälle im Hierarchiegefüge geringer als in den *Abbildungen 6.2(a)* und *6.2(b)*. Das heisst, dass die meisten Schlüsselwörter mit Ausnahme der zwei erwähnten *Tags* ungefähr gleich bedeutend sind, wobei sich anthropogene und naturgeprägte Schlüsselwörter die Waage halten. Insgesamt ist aber kein ausgeprägter, urbaner Fokus auszumachen. Bei den Schlüsselwörter-Wolken mit den kleineren Relief-Werten ist das Gefälle in der *Tag*-Hierarchie stärker. Dabei bemerkt man einen leicht deutlicheren Fokus auf urbane Begriffe. Anthropogene Bezeichnungen sind in *Abbildung 6.2(a)* dominanter vertreten (**sign**, **train**, **flag**, **bridge & cars**) als in der zweiten Darstellung mit ähnlichem Relief-Wert.

Die Sensitivität der *Tag-Clouds* ist also nur bis zu einem gewissen Grad gegenüber dem Relief-Parameter feststellbar. Diese Erkenntnis kann mehrere Ursachen haben. Einerseits ist die menschliche Wahrnehmung der Landschaft nicht nur mit der Rauigkeit modellierbar. Andererseits ist der verwendete statistische Relief-Parameter ein sehr einfaches Mass für die Rauigkeit des Geländes, weshalb dieser nur beschränkt die topographischen Charakteristiken eines Teilgebiets der *Rocky Mountains* mit der gegebenen Grösse (näherungsweise $150km \times 130km$) zu erfassen vermag.

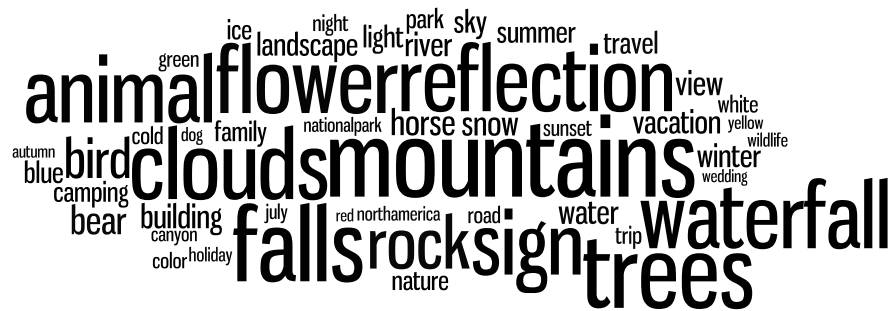
Ein weiteres zentrales Problem im Zusammenhang mit den *Flickr*-Daten betrifft die Ungenauigkeit der gesetzten Koordinaten. Einerseits werden die Koordinaten häufig manuell auf einer Karte platziert, wobei keine Regelung über die explizite Angabe des Aufnahme- oder Objektorts existiert, wodurch wiederum ein gewisser Fehler in den Koordinatenangaben beim manuellen Bestimmen der Lageparameter entsteht. Andererseits hat die Rauigkeit des Geländes direkte Auswirkung auf die Ausdehnung der sichtbaren Umgebung.

Bei *GPS*-Kameras werden den Fotos automatisch die entsprechenden Koordinaten des Aufnahmeorts zugewiesen. Falls ein Landschaftsabschnitt quantitativ als vergleichsweise glatt eingestuft wird, so kann intuitiv davon ausgegangen werden, dass es in diesem Gebiet weniger Täler und Erhebungen gibt, die Oberfläche also recht eben ist. In einer derartigen Region weist die umliegende Umwelt, welche vom Aufnahmestandort sichtbar ist, tendenziell eine grössere Ausdehnung auf. In glatten

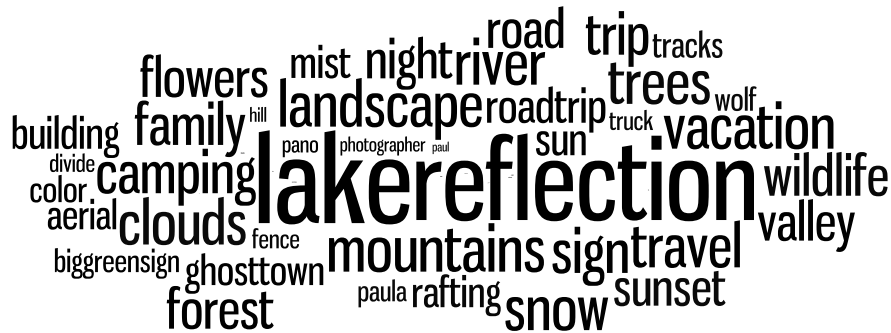
6. Diskussion



(a) Tag-Cloud der Teilregion mit Relief= 1585m



(b) Tag-Cloud der Teilregion mit Relief= 1661m



(c) Tag-Cloud der Teilregion mit Relief= 2660m

Abbildung 6.2.: Tag-Clouds mit Pseudohäufigkeiten bezüglich unterschiedlichen Reliefs.
Erstellt auf <http://www.wordle.net/>

Gebieten ist es eher möglich riesige Erdformationen wie Berge auch aus grösserer Entfernung sehen und fotografieren zu können. Dies hat zur Folge, dass aus glatten Gebieten durchaus auch Objekte benachbarter Teilregionen fotografiert und durch Schlüsselwörter beschrieben werden. Die Aufnahme-Objekt-Distanz kann somit auch entscheidenden Einfluss auf die umgangssprachliche Wahrnehmung haben. Diese Entfernung ist in einem durch relativ hohe Rauigkeit charakterisierten Gebiet tendenziell kleiner als in einer verhältnismässig glatten Region.

In den Resultaten der Unterregionen mit extremalen Reliefs stellt man fest, dass bei höherem Relief-Wert urbane Begriffe naturbezogenen *Tags* weichen. Wird der Unterschied zwischen den verschiedenen Relief-Parametern jedoch kleiner, so gleichen sich die *Tag-Clouds* begünstigt durch den Effekt der Aufnahme-Objekt-Distanz schnell an. Aus dem ersten Experiment geht zwar hervor, dass sich eine glatte Region eher durch anthropogene *Tags* auszeichnet als eine rauhe, in einem ebenen Gebiet können jedoch gleichzeitig Objekte über weitere Entfernung gesichtet werden. In glatten Gebieten fokussiert der Mensch stärker auf urbane Gegebenheiten, weil der Besiedlungsgrad in Regionen mit weniger ausgeprägter Topographie in der Regel grösser ist und deshalb die natürliche Umwelt in der Wahrnehmung an Bedeutung verliert. Die Berge bilden dabei eine Ausnahme, weil sie auch aus urbanen Regionen noch erfassbar und für den Menschen "interessant" bleiben.

Umgekehrt ist in einer durch Rauigkeit geprägten Region die Aussicht aus beispielsweise einem Tal heraus stark eingeschränkt. Wie man in den *Abbildungen 3.6 (Seite 40)* und *3.7 (Seite 41)* sieht, werden die meisten Fotos aus Tälern oder entlang von Strassen aus geschossen. Dabei treten auch Gebäude oder Autos, als lokale anthropogene *Features*, noch in Erscheinung. Diese Tatsache erklärt eine beschleunigte Angleichung der Wörter-Wolken bei kleiner werdendem Unterschied der Relief-Werte zwischen den gewählten Teilregionen zusätzlich.

Mit grosser Wahrscheinlichkeit treten genau diese Effekte in den Wörter-Wolken aus *Abbildung 6.2* auf. In den *Tag-Clouds* mit geringerem Relief-Wert dominieren mit *mountains* und *clouds* jeweils Umweltphänomene, die aus grossen Distanzen identifiziert werden können. Im Gegensatz dazu treten in *Abbildung 6.2(c)* bei einem Relief-Wert von 2660m noch urbane Gegebenheiten (z.B. *road*) auf. Diese umgekehrte Feststellung macht weniger Sinn, kann jedoch damit begründet werden, dass der Relief-Parameter der definierten Unterregionen wahrscheinlich ein zu einfaches Mass für die Rauigkeit ist und deshalb in derartigen Gebieten beispielsweise auch Strassen auftreten können.

6.4. Analyse des Alogrithmus-Experiments

Wie bereits besprochen, sind die *Flickr*-Fotos heterogen verteilt, wobei es Ansammlungen in urbanen Regionen und alpinen Tälern gibt. Diesem Umstand wird durch die Normierung der Fotohäufigkeiten mit den Gesamtflächen einzelner quantitativer Klassen über ein bestimmtes Untersuchungsgebiet Rechnung getragen.

6. Diskussion

Die umgangssprachliche Geographie ist stark durch die unterschiedliche Charakteristik der Topographie (*Rocky Mountains* bzw. *Grand Canyon*) beeinflusst, denn in den *Abbildungen 5.15 (Seite 84)* und *5.16 (Seite 85)* sind mit den aus *Flickr-Tags* gebildeten Kategorien in Abhängigkeit der Konvexität bzw. Textur in beiden Untersuchungsregionen keine logischen Regelmässigkeiten feststellbar. Eine weitere Limitierung des durchgeführten Versuchs bildet die fix gewählte Auflösung des DHMs und die fixe Grösse der *Moving-Windows*. Die Auflösung und die Ausdehnung des *Kernels* bestimmen die Massstabebene der resultierenden Landschaftsformen der quantitativen Klassierung (HENGL & EVANS, 2009). Dieser Faktor kann entscheidenden Einfluss auf die Identifikation von möglichen Zusammenhängen zwischen Konvexität bzw. Textur und umgangssprachlicher Geographie aus *Flickr*-Schlüsselwörter haben. Das Fachgebiet der Geomorphometrie trägt dem Skalenproblem Rechnung, indem die Ansätze beispielsweise mit verschiedenen *Moving-Window*-Eigenschaften (Grösse, Form) durchgeführt werden (z.B. WOOD, 1996). Im Rahmen dieser Arbeit musste zusätzlich darauf geachtet werden, dass die quantitative Objektextraktion in der Gröszenordnung mit dem Skalenbereich der menschlichen Wahrnehmung übereinstimmt (BROWN *et al.*, 2009). Dieser Umstand führt dazu, dass die getroffenen Annahmen vor allem auf natürliche Erdformationen (Berggipfel, Pässe, Gräte, Kanäle, usw.) ausgerichtet wurden. In der menschlichen Wahrnehmung können jedoch auch natürliche und anthropogene *Features* wie Blumen bzw. Autos und Gebäude, die durch einen morphometrischen Algorithmus nicht berücksichtigt werden, eine zentrale Rolle spielen. Urban geprägte Objekte verlieren in gebirgigen, natürlichen Regionen an Bedeutung, weil alpine Gebiete für den Menschen schwerer zugänglich und daher auch weniger dicht besiedelt sind.

In den *Rocky Mountains* verlieren anthropogene Schlüsselwörter gegenüber natürlichen *Features* mit ansteigender Hangneigung viel schneller an Bedeutung als im *Grand Canyon*-Gebiet (*siehe Abbildung 5.14, Seite 83*). Eine Begründung dafür sind einerseits die auf Pfaden entlang des *Canyon* relativ steiles aber zugängliches Gebiet, womit in derartigen Regionen eine anthropogene Wahrnehmung vorherrschen kann. Andererseits sind zur Operationalisierung der anthropogenen Wahrnehmung im Zusammenhang mit dem *Canyon* auch *Tags* wie **park** (Nationalpark?) verwendet worden, welche zwar anthropogen, aber nicht unbedingt urban sind. Unter urbanen Schlüsselwörtern versteht man zum Beispiel *Tags* wie **car** oder **building**. Dies sind Begriffe, die gegenüber anthropogenen Schlüsselwörtern keinen direkten Bezug zur natürlichen Umwelt beschreiben. Anthropogene *Tags* können auch ein natürliches Umfeld erfassen wie dies beispielsweise beim Begriff "Nationalpark" der Fall ist.

Ausgehend von den umgangssprachlichen, aus *Flickr-Tags* gebildeten Kategorien "natürlich" und "anthropogen" kann anhand des *Slope*-Parameters für beide Testgebiete die gleiche Feststellung gemacht werden. Die menschliche Auffassung der Landschaft durch die beiden *Flickr*-Kategorien in Abhängigkeit der Hangneigung zeigt ein regelmässiges Muster. Dies legt die Vermutung nahe, dass sich mit steiler werdender Topographie der Fokus des Menschen von anthropogenen *Features* hin zu einer natürlich geprägten Wahrnehmung verschiebt. Um diese Aussage differenzierter

6. Diskussion

vermehrt in flachem Gebiet vorkommen (z.B. **lake**) und umgekehrt anthropogene Konstrukte (z.B. **nationalpark**), die der Mensch mit steilem Gelände in Verbindung bringt. Das Testgebiet des *Grand Canyon* bestätigt diese Feststellungen, denn mittlere Hangneigungen, für in beiden Untersuchungsregionen vorhandene *Tags*, sind von ähnlicher Grösse. Schlüsselwörter des *Grand Canyon* beschreiben aber tendenziell leicht steilere Regionen der Erdoberfläche, als der entsprechende *Tag* der *Rockies*. Die Resultate des *Grand Canyon* zeigen noch deutlicher, dass anthropogene Dinge auch in steilem Gelände vorkommen können, wobei hier insbesondere **trail**, **np** (= **nationalpark**), **nationalpark** und **outdoors** hervorzuheben sind.

Es kann gesagt werden, dass spezifische natürliche bzw. anthropogene *Features* sowohl in steilem als auch in flachem Gelände vorkommen können. Häufig sind jedoch anthropogene Konstrukte in steilem Gelände durch den Menschen konstruierte Ausprägungen der Natur (z.B. Pfad und Nationalpark). Umgekehrt gibt es natürliche Formationen, welche in steilem Gelände gar nicht existieren könnten (z.B. *See & Sand*). Daher kann davon ausgegangen werden, dass der formulierte Zusammenhang zwischen der Hangneigung und dem Fokus der menschlichen Wahrnehmung tendenziell existiert, aber nicht als allgemein gültig angenommen werden darf. Aufgrund der umgangssprachlichen Kategorien ist es also möglich sehr grob auf die Hangneigung zu schliessen. Die Dominanz der anthropogenen gegenüber der natürlichen Klasse stellt man vor allem in Regionen mit Hangneigungen unter 6° fest (*siehe Abbildung 5.14, Seite 83*). Die natürliche Kategorie gewinnt vor allem in steilem Gebiet ab circa 41° deutlich an Bedeutung. Eine mögliche Begründung dafür könnte sein, dass es für den Menschen einfacher und bequemer ist flache Regionen zu besiedeln. Deshalb ist steileres und gebirgiges Gelände offensichtlich weniger dicht bewohnt und wird eher der Natur überlassen.

Regionen, die bezüglich der Neigung Extremwerte annehmen, können mit Hilfe der umgangssprachlichen Klassen klarer abgegrenzt werden. Würde man zur Definition von Hangneigungsklassen *Tags* – basierend auf dem Ergebnis in *Abbildung 6.3* – wählen, so könnte dieser quantitative Parameter durch umgangssprachliche Klassen angemessen modelliert werden, da die *Flickr*-Schlüsselwörter im Vergleich zur mittleren Neigung Sinn ergeben und unabhängig vom Untersuchungsgebiet ähnliche *Slope*-Werte annehmen. Es muss aber beachtet werden, dass es spezifische *Tags* gibt, deren mittlere Hangneigung zwischen den Untersuchungsgebieten stark variieren können, weil für sie keine natürliche Limitierung der Neigung existiert (z.B. **bird**). Deshalb weichen für solche Beispiele die mittleren Hangneigungen der Testregionen relativ deutlich voneinander ab. Da eine solche umgangssprachliche Erfassung der Hangneigung auf Mittelwerten beruht, würde es zahlreiche Fälle (z.B. Ausreisser) geben, die basierend auf Mittelwerten nicht angemessen klassiert werden könnten. Für den *Tag mountains* könnte man auf eine mittlere Hangneigung zwischen 8.0° und 15.9° schliessen, wobei im Einzelfall ein Foto mit diesem Schlüsselwort auch in einem Gebiet mit stark abweichender Neigung hätte aufgenommen werden können. Trotzdem lassen die mittleren Hangneigungen in Bezug auf einzelne *Tags* sinnvolle Erkenntnisse zu, so dass aus einzelnen Schlüsselwörtern auf eine bestimmte Ausprägung der Hangneigung

geschlossen werden kann. Anders formuliert, kann aus der Begriffswahl von Menschen für die Landschaft intuitiv auf ein ungefähres Gefälle des Geländes geschlossen werden.

Dass im Falle der Hangneigung mit gegebenem Skalenniveau ein regelmässiger Zusammenhang gefunden werden konnte, ist mit der Sensitivität des jeweiligen quantitativen Verfahrens auf eine veränderte Massstabswahl zu begründen. Das heisst, dass die Wahl eines festen Detaillevels auf die Berechnung der Hangneigung höchst wahrscheinlich weniger Einfluss hat als auf die Konvexität und die Textur.

Ein geeigneter Parameter zur Beschreibung der Zugänglichkeit des Terrains könnte die Rauigkeit in Form der besprochenen Textur nach IWAHASHI & PIKE (2007) sein. Es liegt die Vermutung nahe, dass sowohl bei der Textur als auch bei der Konvexität keine regelmässigen Zusammenhänge zur Umgangssprache gefunden werden konnten, weil durch die Wahl des lokalen *Kernels* die entsprechenden Variablen für eine zu lokale Massstabsebene berechnet wurden. Diese Annahme wird durch das erste Relief-Experiment bestätigt, da bei diesem durch die grobe Unterteilung des Untersuchungsgebiets und die Wahl des einfachen Relief-Parameters eine Art globale Betrachtung der Rauigkeit konstruiert wurde. Die Berechnung der Textur nach IWAHASHI & PIKE (2007) beruht auf der Extraktion von Gruben und Berggipfeln basierend auf einem 3×3 -Medianfilter. Erhebungen und Senkungen werden also auf einer relativ lokalen Massstabsebene definiert und deren Anteil in einem Umkreis von etwa einem Kilometer bestimmt. Den Eindruck einer globaleren Rauigkeit für die Untersuchungsgebiete kann auch rein visuell gewonnen werden, wobei generell in den *Rocky Mountains* die räumliche Höhenverteilung heterogener wirkt und viel mehr Wechsel zwischen Bergen und Tälern auftreten. Die *Rockies* sind somit visuell stärker zerklüftet.

Mit der Wahl eines geeigneteren, globaleren Skalenniveaus wäre eventuell auch quantitativ eine grössere Rauigkeit für die *Rocky Mountains* im Vergleich zur homogener wirkenden Region des *Canyon* feststellbar. Ein Zusammenhang zwischen der Textur und auch der Konvexität gegenüber der umgangssprachlichen Geographie würde sich möglicherweise in einem globaler gewählten Skalenniveau manifestieren. Der Einfluss der *Moving-Window*-Grösse bzw. der Rasterauflösung des DHMs auf das durch die berechneten Landschaftsformen erhaltene Massstabsniveau und damit auf einen möglichen Zusammenhang zwischen den Geländeformen nach IWAHASHI & PIKE (2007) und der umgangssprachlichen Geographie kann im Rahmen dieser Arbeit nicht beurteilt werden.

Bei diesem Experiment spielt analog zum ersten Relief-Versuch die Aufnahmeort-Objekt-Distanz eine wichtige Rolle. Falls die Koordinaten manuell über ein Karten-*Interface* bestimmt werden, so kommt es abhängig vom verwendeten Zoom-Level zu kleinen Fehlern. Eine weitere Inkonsistenz bezüglich der angegebenen Koordinaten ergibt sich, weil nicht geregelt ist, ob die angegebenen Koordinaten dem Aufnahme- oder dem Objektort entsprechen sollen, wobei die Aufnahme-Objekt-Distanz mit der Sichtbarkeit im Gelände variiert. Es entstehen also Ungenauigkeiten und Unregelmässigkeiten beim Setzen der Fotokoordinaten, welche schwierig nachvollziehbar sind. Mit Hilfe des Zoom-Levels in den Metadaten der *Flickr*-Bilder wäre es möglich kleinere Fehler beim manuellen Bestimmen der Lage abzuschätzen. Abhängig davon,

6. Diskussion

auf welchen Ort sich die gewählten Koordinaten beziehen, können sich die effektive Lage und der Ort, welcher mit den Schlüsselwörtern beschrieben wird, im Extremfall um mehrere Kilometer unterscheiden. Weil diese Inkonsistenz in den Daten nicht nachvollziehbar ist, verspricht diesbezüglich auch die Analyse der verwendeten Zoom-Stufen der *Flickr*-Benutzer kein besseres Verständnis. Anhand der Mehrheitsklassen für die quantitative Klassierung nach IWAHASHI & PIKE (2007) wurde auf naive Art und Weise versucht den Umstand des Fotografierens zu berücksichtigen. Dieser Ansatz hat keine grossen Auswirkungen in den Ergebnissen gezeigt. Eine Begründung dafür könnte sein, dass die Wahl eines konstanten Radius (ca. 1km) des *Moving-Windows* in Form eines Kreises die effektive Sichtbarkeit – des vom Schlüsselwort bezeichneten Objekts – im Gelände nicht berücksichtigt. Eine mögliche Lösung wäre eventuell die Anpassung des *Kernels* in Abhängigkeit der lokalen Sichtbarkeit, ähnlich dem Versuch der quantitativen Modellierung der menschlichen Wahrnehmung durch BALDWIN *et al.* (1996).

Die Umgangssprache wurde in zwei Kategorien, “natürlich” und “anthropogen”, eingeteilt. Dabei wurde “anthropogen” sehr allgemein aufgefasst. Falls ein Schlüsselwort mit menschlichen Konstrukten in Beziehung steht, wurde es der Klasse “anthropogen” zugeteilt. Diese Definition von “anthropogen” führt dazu, dass es Wörter gibt, die nicht eindeutig direkt mit anthropogenen Objekten in Verbindung stehen müssen. Beispielsweise Petroglyphen sind vom Menschen erzeugte Felsmalereien und sind damit also anthropogen, obwohl sie meistens in einem natürlichen Umfeld, in alpinen Regionen, vorzufinden sind. Ein weiteres Beispiel sind Parks. In einer urbanen Region sind Parks vom Menschen geplante Umgebungen. Im Zusammenhang mit Nationalparks würde man spontan ein natürliches Gebiet assoziieren. Ohne das Wissen, dass ein gewisser Abschnitt der Erdoberfläche als Nationalpark deklariert wurde, erkennt man bei der Betrachtung dieser Landschaft nicht, dass es sich um einen geschützten Raum handelt. Unberührte Natur wird unabhängig von der Bezeichnung “Nationalpark” als solche wahrgenommen, weshalb diese Begriffe (“Park” und “Nationalpark”) der anthropogenen Kategorie zugewiesen werden. Weiter ist nicht nachvollziehbar, ob mit dem *Tag* “Park” ein urbaner Raum gemeint ist oder damit Bezug auf ein Naturschutzgebiet genommen wird. Als Gegenbeispiel ist ein Berg als natürliches, reales Objekt der Landschaft identifizierbar, obwohl die menschliche Wahrnehmung eines Berges vom gegebenen Kontext abhängig ist (SMITH & MARK, 2003). Anstelle der Klasse “anthropogen” hätte auch eine Kategorie “urban” konzipiert werden können, die klarer vom natürlichen Bereich abzugrenzen ist. Das Problem einer derartigen Klasse ist aber, dass obengenannte Begriffe, welche sowohl natürlichen als auch anthropogenen Bezug zur menschlichen Wahrnehmung aufweisen, in einer urban geprägten Klasse nicht vertreten wären.

6.5. Beantwortung der Fragestellungen

Im Folgenden werden die Fragestellungen abschliessend beantwortet und damit die diskutierten Ergebnisse in einen Gesamtkontext gestellt.

6.5.1. Menschliche Umgangssprache gegenüber quantitativer Landschaftserfassung

Forschungsfrage 1: *Wie beschreiben Menschen in ihrer Umgangssprache Geländeoberflächen anhand georeferenzierter Tags im Vergleich zu Konzepten der quantitativen Landschaftsanalyse der Geomorphometrie?*

Menschen verwenden im Kontext der Geländewahrnehmung sowohl zur Beschreibung der natürlichen als auch der anthropogenen Umwelt Wörter, die eine ähnliche Bandbreite bezüglich verschiedener Massstabebenen abdecken. Betrachtet man beispielsweise die *Tag*-Listen, die zur Festlegung der umgangssprachlichen Kategorien (natürlich und anthropogen) dienen (*siehe Tabelle 4.3, Seite 56*), so stellt man fest, dass mit den natürlichen (z.B. “*mountain*”, “*cloud*” & “*flower*”) und anthropogenen (z.B. “*sign*”, “*train*”, “*building*”, “*car*” & “*nationalpark*”) *Tags* ganz klar mehrere unterschiedliche Skalenbereiche abgedeckt werden. Die anthropogenen Schlüsselwörter hingegen beschränken sich häufig auf ein einheitliches, im Vergleich zu den natürlichen *Features*, kleineres Skalenniveau. Unterschiede im Detailgrad entstehen nicht ausschliesslich durch die Wahl verschiedener Wörter, sondern sind durch allgemeine Formulierungen (z.B. “*building*”) auch implizit vorhanden. Diesbezüglich sind die Skalendifferenzen aber gering. Das heisst konkret, dass Gebäude stark variierende Grössen einnehmen können, grob betrachtet jedoch immer noch ein vergleichbares Skalenniveau aufweisen. Diese Massstabsunterschiede des menschlichen Fokus auf die Erdoberfläche erschweren die Analyse der Zusammenhänge zu quantitativen Parametern.

Idealerweise sollte man die Analyse des Algorithmus von IWAHASHI & PIKE (2007) für mehrere Skalenebenen durchführen, um Effekte der gewählten Rasterauflösung und *Moving-Windows* besser verstehen zu können, womit eine differenziertere Interpretation der Resultate ermöglicht würde. Der Schwerpunkt im Rahmen dieser Arbeit wurde jedoch auf den Einfluss verschiedenartiger Topographie (*Rocky Mountains, Grand Canyon*) auf die Landschaftswahrnehmung gelegt.

Im ersten Relief-Experiment konnte durch eine sehr grobe Gliederung des Untersuchungsgebiets der *Rocky Mountains* ein Zusammenhang zwischen der Umgangssprache des Menschen und der Rauigkeit vermutet werden. Die Textur aus dem Algorithmus-Experiment hingegen bestätigte dieses Resultat nicht. Das Ergebnis des ersten Experiments lässt jedoch die Vermutung zu, dass eine Regelmässigkeit der Rauigkeit im Zusammenhang mit der menschlichen Landschaftswahrnehmung nicht nur von der spezifischen Topographie, sondern auch stark von der gewählten Massstabebene der quantitativen Berechnungen abhängt. Deshalb kann vor dem Hintergrund der verwendeten Daten und Methoden – sowohl für die Textur als auch für die Konvexität – nicht abschliessend eruiert werden, ob ein Zusammenhang zwischen quantitativer Erfassung von Rauigkeit resp. Krümmung der Erdoberfläche und der diesbezüglichen menschlichen Auffassung besteht. Der betrachtete Algorithmus zur Geländeklassierung (IWAHASHI & PIKE, 2007) ist bezüglich der umgangssprachlichen Erfassung der Geographie also vorwiegend durch den bestehenden Zusammenhang zur Hangneigung geprägt. Die Erkenntnisse aus den Experimenten lassen die Aussage zu, dass

6. Diskussion

Landschaftsformen in steilerem Gebiet eher mit natürlichen und in flachen Regionen tendenziell mit anthropogenen Wörtern umschrieben werden. Ob die Landschaftsformen nach IWAHASHI & PIKE (2007) mit umgangssprachlichen Beschreibungen noch differenzierter erfasst werden könnten, kann hier nicht abschliessend beantwortet werden. Eine Möglichkeit wäre, die einzelnen Parameter der geometrischen Signatur mit unterschiedlichen Rasterauflösungen zu erfassen und dadurch die geeignete Skalenebene bezüglich umgangssprachlicher Geographie für jede Variable – insbesondere der Konvexität und der Textur – zu bestimmen. Basierend auf dieser, der naiven Geographie angepassten, geometrischen Signatur könnten die Landschaftsformen nach IWAHASHI & PIKE (2007) im Zusammenhang mit umgangssprachlicher Geographie an Bedeutung gewinnen. Die Art und Weise der menschlichen Beschreibung von Geländeformen des hier diskutierten quantitativen Algorithmus könnte dann besser erkannt werden.

Zusammenfassend kann gesagt werden, dass die Klassierung nach IWAHASHI & PIKE (2007) basierend auf den Originalparametern und dem gewählten SRTM-Höhenmodell mit einer Auflösung von 90m vor allem aufgrund der Hangneigung geprägt, ein grober Zusammenhang zur umgangssprachlichen Geographie feststellen lässt. Menschliche Beschreibungen der Landschaft, in Form von umgangssprachlichen Kategorien, gebildet aus *Flickr-Tags*, sind zu wenig differenziert, um gegenüber jeder einzelnen quantitativen Klassen eine Veränderung der Wortwahl feststellen zu können. Dabei muss jedoch auch berücksichtigt werden, dass die umgangssprachliche Erfassung der Landschaft nur durch zwei Kategorien und damit relativ grob operationalisiert wurde. Diese einfach gewählte Aufteilung menschlicher Raumauffassung kann ebenfalls dazu beitragen, dass die umgangssprachliche Beschreibung der Landschaft gegenüber den quantitativen Geländeformen nur sehr grob differenziert werden können. Schlussendlich kann gesagt werden, dass die menschliche Wahrnehmung mit einer zunehmend steiler werdenden und alpiner Ausprägung der Geländeformen von einem anthropogenen hin zu einem natürlichen Fokus wechselt.

6.5.2. *Flickr* zur Bildung umgangssprachlicher Kategorien

Forschungsfrage 2: *Inwiefern eignen sich benutzergenerierte Flickr-Daten zur Bildung von Kategorien quantitativer Geländeoberflächen?*

Umgangssprachliche Kategorien aus *Flickr-Tags* lassen sich aufgrund quantitativ berechneter Geländeoberflächen (nach IWAHASHI & PIKE, 2007) statistisch signifikant unterscheiden. Bei einer Rasterauflösung von 90m und der aufgrund der verwendeten *Moving-Windows* (*Slope*: 3×3, Konvexität und Textur: Kreis mit Radius 900m) gewählten Masstabsebene zeigen die *Flickr*-Daten vor allem Potential bei der Bildung umgangssprachlicher Kategorien bezüglich der Hangneigung. Die Analyse der mittleren Hangneigung in Bezug auf einzelne *Tags* hat zum Ausdruck gebracht, dass Schlüsselwörter meistens sinngemäss und unabhängig von der Testregion eindeutig einer Hangneigungsklasse zugeordnet werden können. Spezifische *Keywords* wie beispielsweise “*bird*” bilden dabei eine Ausnahme, denn im Allgemeinen zeigen Vögel

keine spezifischen Präferenzen ihres Verhaltens bezüglich der Hangneigung. Auch diese Ausnahme macht also Sinn.

KAPLAN (1979) geht davon aus, dass der Mensch, abhängig von seiner Absicht, auf Objekte des Raums reagiert. Diese durch den Menschen individuell geprägten Absichten werden als “Sinnbestimmung” und “Beteiligung” bezeichnet. Die “Sinnbestimmung” beschreibt das Ziel des Menschen das visuell Erfasste in einem grösseren Kontext zu verstehen. Die “Beteiligung” bezieht sich auf das Bestreben neue Erkenntnisse zu gewinnen. Auf dieser Grundlage kommt KAPLAN (1979) zur Erkenntnis, dass die Betrachtung einer Landschaft einem intuitiven Urteil unterliegt, wobei diese menschliche Wertung und damit die Interpretation der Umgebung von subjektiven Erfahrungen beeinflusst wird. Es existieren Ansätze der Psychologie, welche versuchen die Landschaftsanalyse auf wenige Faktoren (z.B. Form, Textur und Farbe) zu reduzieren. Diese Parameter versuchen jedoch vor allem die Wahrnehmung zu diskretisieren (KAPLAN, 1979). Diese Absicht widerspricht dem subjektiven Einfluss auf die Landschaftswahrnehmung und den folgenden Feststellungen. Vergleicht man die räumliche Verteilung der *Flickr*-Fotos der natürlichen bzw. anthropogenen Kategorien in den *Rockies* und dem *Grand Canyon* (siehe Abbildungen 6.4 & 6.5), so wird ersichtlich, dass einzelne Fotos nicht eindeutig einer umgangssprachlichen Kategorie zugeteilt werden können. Die Landschaftswahrnehmung ist grundsätzlich durch unscharfe Grenzen charakterisiert, was auch durch die umgangssprachlichen Kategorien bestätigt wird (siehe Tabelle 6.3). Im Untersuchungsgebiet der *Rocky Mountains* ist die Verteilung zwischen natürlichen und anthropogenen Fotos relativ ausgeglichen und der Anteil an Bildern, die simultan natürlich und anthropogen beschrieben werden, mit knapp 9% verhältnismässig gering. Die Fotos des *Grand Canyon* werden von der natürlichen Kategorie deutlich stärker dominiert (67.3%), als von anthropogenen Beschreibungen (19.4%). Mit 13.3% ist auch der Anteil an Fotos, welche nicht eindeutig durch eine Kategorie charakterisiert werden können gegenüber dem *Rocky Mountains*-Gebiet grösser.

Besonders in Regionen, in denen urbane und alpine Gebiete nahe zusammen liegen, kommt es zu Überschneidungen der beiden Kategorien oder es häufen sich Fotos an, die sowohl natürlich als auch anthropogen beschrieben sind. In und um *Boise*, der Hauptstadt des Bundesstaats *Idaho*, die im Südwesten des Testgebiets der *Rockies* liegt, existieren beispielsweise zahlreiche Fotos der natürlichen wie auch der anthropogenen Klasse, die auf relativ eng begrenztem Raum zu liegen kommen, da zum Beispiel die Gebirge auch von der Stadt aus sichtbar sind. Anthropogene *Tags* dominieren entlang von Strassen oder Eisenbahnlinien (lineare *Features*) und in ausgedehnten, flachen Regionen. In höheren Lagen bzw. im Canyon gewinnen natürlich geprägte Fotos an Bedeutung. Diese Phänomene konnten bereits anhand der statistischen Auswertung der umgangssprachlichen Kategorien im Vergleich zur Hangneigung vermutet werden. Nun sind sie auch durch die visuelle Analyse der räumlichen Verteilung der Fotos bestätigt.

Ungenauigkeiten in den Resultaten aufgrund fehlerhafter Fotokoordinaten und den wegen Aufnahmeort-Objekt-Distanz entstandenen Abweichungen sind infolge der Unschärfe umgangssprachlicher Geographie von Landschaftsformen vernachlässigbar

6. Diskussion

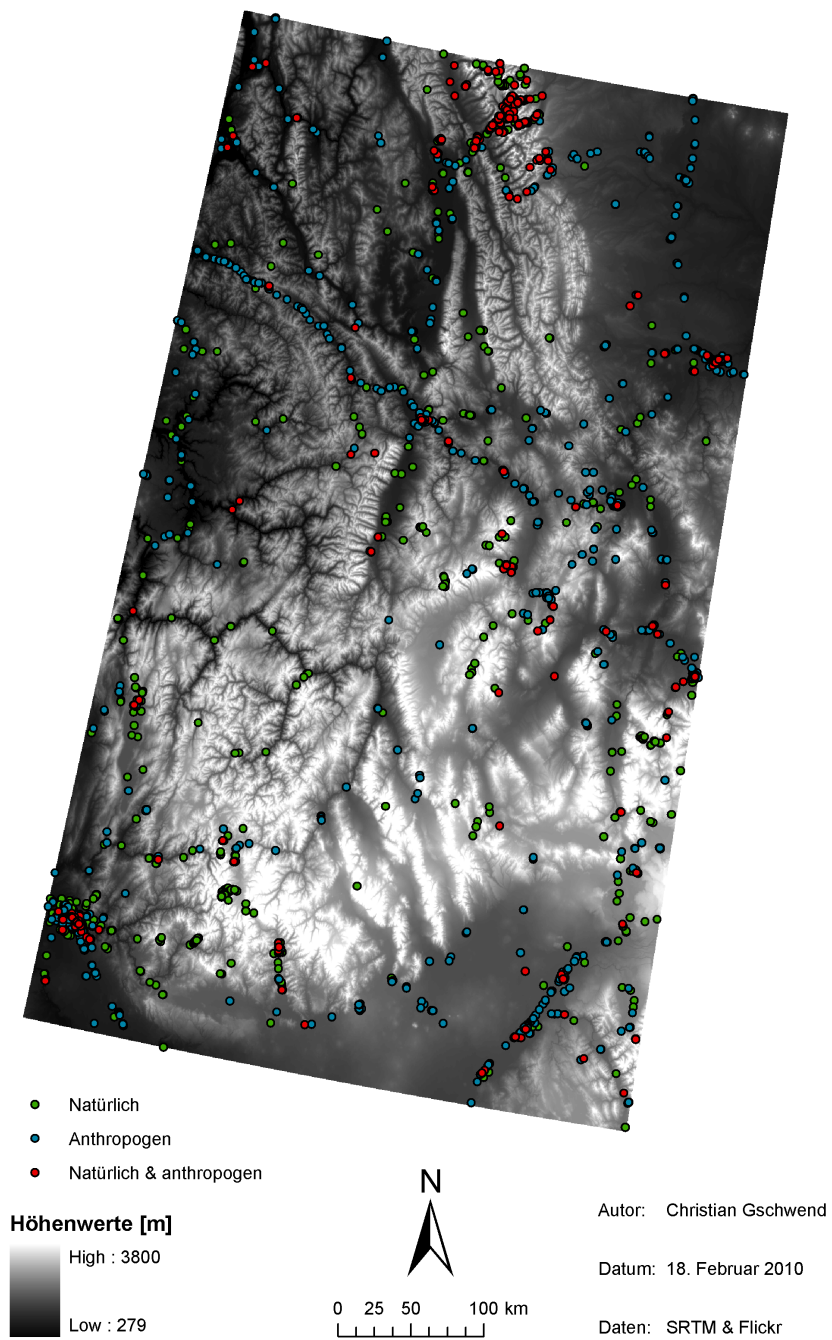


Abbildung 6.4.: Fotos der Rocky Mountains (USA) mit verschiedenen Tag-Kategorien

6.5. Beantwortung der Fragestellungen

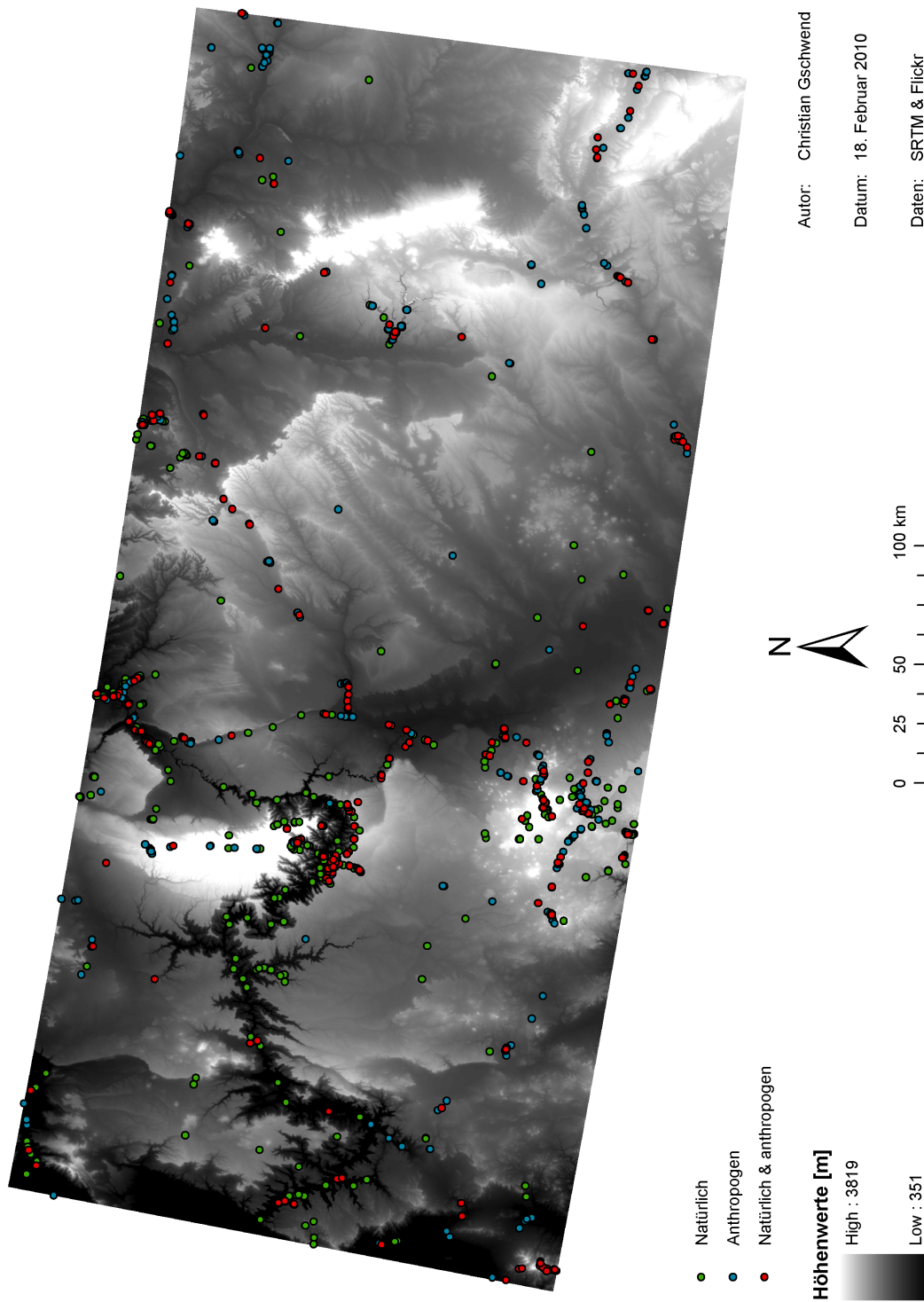


Abbildung 6.5.: Fotos des *Grand Canyon* mit verschiedenen *Tag*-Kategorien

6. Diskussion

<i>Rocky Mountains</i>				
	natürlich	anthropogen	nat. & ant.	total
Absolute Fotohäufigkeit	3733	2915	635	7283
Relative Fotohäufigkeit	51.3%	40.0%	8.7%	100%

<i>Grand Canyon</i>				
	natürlich	anthropogen	nat. & ant.	total
Absolute Fotohäufigkeit	4423	1271	875	6569
Relative Fotohäufigkeit	67.3%	19.4%	13.3%	100%

Tabelle 6.3.: Verteilung der natürlichen und anthropogenen Fotos

klein, müssen jedoch bei der Interpretation der Resultate mitberücksichtigt werden. *Flickr*-Daten sind für den Anspruch exakter Berechnungen von randscharfen Klassen wegen genannter Fehlerquellen nicht geeignet, da Unsicherheiten nicht explizit abgeschätzt werden können. Die durchgeführten Experimente und Analysen zeigen aber deutlich, dass *Flickr*-Daten durchaus Potential zur Bildung von vagen Kategorien zur Klassierung von Geländeformen aufweisen.

6.5.3. Kontext-bezogene Filterung von *Flickr*-Tags

Forschungsfrage 3: *Wie können grosse Flickr-Schlagwortlisten bezüglich bestimmtem semantischem Kontext gefiltert werden?*

In dieser Masterarbeit wurde zur kontextbezogenen Filterung von *Flickr*-Keywords eine zweistufige Methodik vorgeschlagen. Als Erstes wurden mittels geographischer *Tag-Intersection* die grossen Wörterlisten kontextbezogen gefiltert, um dann in einem zweiten Schritt anhand von *Tag*- und *User*-Häufigkeiten die Relevanz einzelner *Keywords* definieren zu können.

Der Vergleich zum TF-IDF-Ansatz des *Information Retrieval* in *Kapitel 6.1* hat aufgezeigt, dass die hier vorgeschlagene Methodik die Schlagwortlisten bezüglich semantischem Kontext effizient zu filtern vermag. Trotzdem war zusätzlich eine aufwändige manuelle Filterung und Einzahl-/Mehrzahl-Korrektur der Wörterlisten notwendig. Probleme mit *Tagging*-Systemen wurden bereits in *Kapitel 2.2.4* besprochen und werden hier im Rahmen der Beantwortung dieser Forschungsfrage und mit besonderer Berücksichtigung spezieller Eigenheiten von *Flickr*-Schlüsselwörtern nochmals kurz aufgegriffen. Die eigentliche Bedeutung von mehrdeutigen *Flickr*-Wörtern kann nicht mehr nachvollzogen werden (z.B. bei **fall** für Wasserfall oder Herbst). Die Bedeutung von **mountain** und **mountains** wurde gleichgesetzt und damit das Einzahl-/Mehrzahl-Problem auf naive Art und Weise gelöst, obwohl eine Entsprechung der Begriffe in diesem Beispiel nicht zwingend gegeben ist (**mountain** \neq **mountains**). Die Wörter stehen zwar nicht für exakt die gleiche Bedeutung, sind aber verwandt, weshalb dieser Informationsverlust hingenommen wurde. Ausserdem wurde das Auftreten von Synonymen nicht eingehender beachtet. Bei *Flickr-Tags*, die durch Leerschläge voneinander getrennte Begriffe beinhalten (z.B. **rocky mountains**), treten nach Bezug mit der *Flickr-API* in Form von zwei einzelnen *Keywords* (**rocky** und **mountains**) in Erscheinung, womit die eigentliche Absicht des Nutzers nicht mehr nachvollzogen werden kann (Leerschlag-Problem). Sowohl das Einzahl-/Mehrzahl-, das Synonym- und das Leerschlag-Problem als auch die Aufnahmeort-Objekt-Diskrepanz erschwert das Filtern der Schlüsselwörter bzw. die Interpretation der *Tag*-Bedeutungen. Die erhaltenen Ergebnisse und der Vergleich mit geographischen Kategorien anderer Autoren zeigen aber, dass die verwendete kontextbezogene Methodik und Vereinfachungen durch Nichtbeachtung gewisser "Tag-Probleme" zu Gunsten der Effizienz die Erkenntnisse aus den Resultaten nicht schmälern.

7. Schlussfolgerungen und Ausblick

7.1. Schlussfolgerungen

Die Erfassung umgangssprachlicher Geographie mit georeferenzierten Schlüsselwörtern im Vergleich zur quantitativen Klassierung von Landschaftsformen hat es ermöglicht, den Algorithmus von IWAHASHI & PIKE (2007) bezüglich menschlicher Raumkonzepte zu analysieren. Georeferenzierte Schlüsselwörter von der *Flickr*-Webfotosammlung haben eine grobe Differenzierung zwischen alpinen Gebieten und Tiefland-Ebenen – basierend auf umgangssprachlich gebildeten Kategorien – ermöglicht. Ausserdem konnte gezeigt werden, dass ein natürlicher Fokus der menschlichen Wahrnehmung gegenüber einer anthropogenen Beschreibung der Landschaft mit zunehmend steilerem Gelände tendenziell an Bedeutung gewinnt. Die menschlichen Beschreibungen der Landschaft, in Form von umgangssprachlichen Kategorien (“natürlich” & “anthropogen”) aus *Flickr-Tags*, sind jedoch zu unspezifisch, um jede quantitativ bestimmte Geländeform mit den Originalparametern nach IWAHASHI & PIKE (2007), basierend auf einem SRTM-Datensatz (Auflösung: 90m), beschreiben zu können.

Die einfach gewählte Aufteilung menschlicher Raumauffassung – in Form der zwei umgangssprachlichen Kategorien – führt dazu, dass die naive Geographie die quantitativen Geländeformen nur sehr grob differenzieren kann. Das heisst, dass durch eine feiner gegliederte umgangssprachliche Konzeption der Landschaft möglicherweise auch die geometrischen Geländeklassen detaillierter unterschieden werden könnten.

Ein weiterer limitierender Faktor bei der Erfassung umgangssprachlicher Geographie im Zusammenhang mit dem quantitativen Algorithmus von IWAHASHI & PIKE (2007) ist im Skalenproblem zu finden. Die feste Wahl der *Moving-Windows*-Eigenschaften und der Rasterauflösung des DHMs hat zur Folge, dass quantitativ geprägte Landschaftsformen mit Bezug auf eine fixe Massstabsebene resultieren. Die Wahrnehmung des Menschen auf einen bestimmten Landschaftsausschnitt ist hingegen subjektiv geprägt und im Vergleich zum gewählten Detailgrad sehr flexibel. Einerseits kann abhängig von der sichtbaren Umgebung die mögliche Ausdehnung der beobachtbaren Objekte der Landschaft eingeschränkt sein. Andererseits hat die Analyse der *Flickr*-Schlüsselwörter der *Rocky Mountains* und des *Grand Canyon* gezeigt, dass der Mensch die Fähigkeit hat, in seiner Wahrnehmung eine grosse Bandbreite verschiedener Massstabsebenen simultan zu erfassen. Diese Skalenunterschiede zwischen quantitativer und qualitativer Erfassung von Landschaftsformen kann dazu führen, dass kein Zusammenhang zwischen mathematischer und menschlicher Auffassung festgestellt werden kann (Konvexität & Textur), obwohl ein solcher bei der Berücksichtigung unterschiedlicher Massstabsniveaus möglicherweise herstellbar wäre. Der Algorithmus von IWAHASHI & PIKE (2007) vermag, durch einen rein quantitativen

7. Schlussfolgerungen und Ausblick

Bottom-Up-Ansatz für die Geomorphologie relevante, Landschaftsformen zu extrahieren. Mit dieser Masterarbeit konnte gezeigt werden, dass die nach IWAHASHI & PIKE (2007) geometrisch extrahierten Geländeformen auch bezüglich dem menschlichen Raumverständnis von Nicht-Experten beachtliche Bedeutung einnehmen.

Flickr stellt über eine Programmierschnittstelle den Zugriff auf einen riesigen empirischen Datenbestand bereit, welcher das umgangssprachliche Verständnis quantitativ extrahierter Geländeformen anhand der Bildung umgangssprachlicher Kategorien auf effiziente Art und Weise ermöglicht. Die Analyse der umgangssprachlichen Kategorien "natürlich" und "anthropogen" und die Berechnung mittlerer Hangneigungen einzelner *Tags* haben verdeutlicht, dass *UGC* in Form der *Flickr*-Metadaten das Potential hat, zumindest ein grobes Verständnis für die Bedeutung quantitativ extrahierter Landschaftsformen für Nicht-Experten zu ermöglichen. Damit kann die Relevanz des Algorithmus von IWAHASHI & PIKE (2007) in Bezug auf das menschliche Alltagsverständnis beurteilt werden. Inwiefern die weitere Erforschung der besprochenen Problemstellungen (Massstab, Aufnahmeort-Objekt-Distanz, usw.) eine detailliertere Erkenntnis der umgangssprachlichen Geographie gegenüber dem behandelten mathematischen Algorithmus ermöglicht, kann im Rahmen dieser Arbeit nicht beantwortet werden. Vor allem die Diskrepanz zwischen Fotokoordinaten und mittels Schlüsselwörter beschriebenen Objekten führt zu nicht quantifizierbaren Ungenauigkeiten. *Flickr*-Metadaten sind für Problemstellungen mit dem Anspruch an eine gewisse kalkulierbare Genauigkeit nicht geeignet, da Faktoren wie die Aufnahme-Objekt-Distanz und die spezifischen von *Flickr*-Benutzern beabsichtigten Bedeutungen einzelner Schlüsselwörter teilweise nicht nachvollzogen werden können. Aus diesen Gründen bleibt eine gewisse unbestimmte Unsicherheit in den Resultaten bestehen. Da in der menschlichen Wahrnehmung die Umwelt unscharf charakterisiert wird, lassen die *Flickr*-Daten trotz der "Tag-Probleme" grobe Erkenntnisse zu.

Der Vergleich der eigenen Methodik mit der TF-IDF-Technik des *Information Retrieval* hat aufgezeigt, dass die geographische *Tag-Intersection* und die Berechnung der auf *Tag*- und *User*-Häufigkeiten beruhenden Pseudohäufigkeiten für die Absicht einer kontextspezifischen Schlüsselwörter-Filterung bzw. -Gewichtung geeignete Ansätze bilden. Weiter haben die resultierenden Schlüsselwörterhierarchien im Verhältnis zu den geographischen Kategorien anderer Autoren insofern Sinn ergeben, als dass die festgestellten Unterschiede auf die hier angewendete kontextspezifische Methodik zurückzuführen sind.

Mit dieser Arbeit konnte gezeigt werden, dass die geometrisch geprägten Geländeformen nach IWAHASHI & PIKE (2007) auch in der menschlichen Raumkonzeption relevant sind. Es existiert jedoch noch Potential in der Anpassung dieses Ansatzes und der Implementierung neuer Methoden, um die Extraktion quantitativer Geländeformen im Vergleich zur menschlichen Auffassung der Landschaft besser nachvollziehen zu können.

7.2. Ausblick

In weiterführenden Forschungsarbeiten könnte der Einfluss verschiedener Massstabsebenen mit Hilfe der Anwendung unterschiedlicher DHM-Auflösungen und *Moving-Windows* auf die Ausprägung von Zusammenhängen zwischen umgangssprachlicher Geographie und quantitativen Algorithmen der Geomorphometrie analysiert werden. Dadurch wäre es möglich ein detaillierteres Verständnis für die menschliche Bedeutung quantitativ extrahierter Geländeformen zu entwickeln.

Das primäre Ziel des besprochenen geomorphometrischen Algorithmus wäre das Auffinden der für menschliche Wahrnehmung relevanten Skalenebenen der Konvexität und der Textur. Weiter ist auch die Veränderung der naiven Geographie in Abhängigkeit des *Slope*-Parameters verschiedener Massstabsniveaus von Interesse. Eine weitere Möglichkeit besteht in der Anpassung der eigenen Methodik und damit in der Verfeinerung des Modells der menschlichen Wahrnehmung, indem die Anzahl umgangssprachlicher Kategorien basierend auf *Flickr-Tags* erhöht wird.

Die Analyse anderer bestehender geomorphometrischer Klassierungsmethoden (z.B. WOOD, 1996) kann weiteren Aufschluss über die Relevanz solcher quantitativen Methoden im Vergleich zur naiven Geographie geben. Die Geomorphometrie und GIS im Allgemeinen könnte den menschlichen Raumkonzepten näher gebracht und damit für ein breiteres Publikum von Nicht-Experten einfacher zugänglich gemacht werden.

Literaturverzeichnis

- AHERN, S., NAAMAN, M., NAIR, R. & YANG, J. (2007). World Explorer: Visualizing Aggregate Data from Unstructured Text in Geo-Referenced Collections. In *Proceedings of the 7th ACM/IEEE-CS Joint Conference on Digital Libraries*, (eds.) R. Larson, E. Rasmussen, S. Sugimoto & E. Toms, ACM, New York, NY, USA, pp. 1–10. JCDL'07, June 18-23, Vancouver, British Columbia, Canada.
- AMES, M. & NAAMAN, M. (2007). Why We Tag: Motivations for Annotation in Mobile and Online Media. In *Proceedings of the SIGCHI Conference on Human Factors in Computing Systems*, (eds.) B. Begole, S. Payne, E. Churchill, R. Amant, D. Gilmore & M. Rosson, ACM, New York, NY, USA, pp. 971–980. CHI'07, April 28-May 3, San Jose, California, USA.
- ANDRADE, L. & SILVA, M. (2006). Relevance Ranking for Geographic IR. In *Proceedings of the 3rd ACM Workshop on Geographical Information Retrieval*, (eds.) R. Purves & C. Jones, Citeseer. GIR'06, August 10, Seattle, Washington, USA.
- BAEZA-YATES, R. & RIBEIRO-NETO, B. (1999). *Modern Information Retrieval*. Addison-Wesley Reading, ACM Press, New York.
- BALDWIN, J., FISHER, P., WOOD, J. & LANGFORD, M. (1996). Modelling Environmental Cognition of the View with GIS. In *Proceedings of the 3rd International Conference on Integrating GIS and Environmental Modeling*, pp. 21–26. NCGIA'96, January 21-25, Santa Fe, New Mexico, USA.
- BATTIG, W. & MONTAGUE, W. (1969). Category Norms for Verbal Items in 56 Categories: A Replication and Extension of the Connecticut Category Norms. *Journal of Experimental Psychology*, vol. 80(2): pp. 1–46.
- BITTNER, T. & SMITH, B. (2003). Vague Reference and Approximating Judgments. *Spatial Cognition and Computation*, vol. 3(2&3): pp. 137–156.
- BROWN, D., MOUNTAIN, D. & WOOD, J. (2009). Automated and Subjective Terrain Feature Extraction: A Comparative Analysis. In *Proceedings of GIS Research UK 2009*, (ed.) D. Fairbairn, pp. 163–177. GISRUK'09, April 1-3, Durham, UK.
- CASTLEMAN, K. (1996). *Digital Image Processing*. Prentice Hall, Upper Saddle River, New Jersey, USA, 2nd edn.
- COX, A. (2008). Flickr: A Case Study of Web2.0. *Aslib Proceedings: New Information Perspectives*, vol. 60(5): pp. 493–516.

- DAVIES, C., HOLT, I., GREEN, J., HARDING, J. & DIAMOND, L. (2009). User Needs and Implications for Modelling Vague Named Places. *Spatial Cognition & Computation*, vol. 9(3): pp. 174–194.
- DEHN, M., GÄRTNER, H. & DIKAU, R. (2001). Principles of Semantic Modeling of Landform Structures. *Computers and Geosciences*, vol. 27(8): pp. 1005–1010.
- DERUNGS, C. & PURVES, R. (2007). Empirical Experiments on the Nature of Swiss Mountains. In *Proceedings of GIS Research UK 2007*, (ed.) A. Winstanley, pp. 348–352. GISRUK'07, April 11–13, Maynooth, Ireland.
- DYKES, J., PURVES, R., EDWARDES, A. & WOOD, J. (2008). Exploring Volunteered Geographic Information to Describe Place: Visualization of the 'Geograph British Isles' Collection. In *Proceedings of GIS Research UK 2008*, (ed.) D. Lambrick, pp. 256–267. GISRUK'08, April 2–4, Manchester, England.
- EDWARDES, A. & PURVES, R. (2007). A Theoretical Grounding for Semantic Descriptions of Place. In *Web and Wireless Geographical Information Systems*, (eds.) J. Ware & G. Taylor, Springer, Heidelberg, Berlin, *Lecture Notes in Computer Science*, vol. 4857, pp. 91–106. 7th International Symposium, W2GIS 2007, November 28–29, Cardiff, UK, Proceedings.
- EGENHOFER, M. & MARK, D. (1995). Naive Geography. In *Spatial Information Theory A Theoretical Basis for GIS*, (eds.) G. Goos, J. Hartmanis & J. Van Leeuwen, Springer, Heidelberg, Berlin, *Lecture Notes in Computer Science*, vol. 988, pp. 1–15. International Conference COSIT'95, September 21–23, Semmering, Austria, Proceedings.
- EVANS, I. (1972). General Geomorphometry, Derivatives of Altitude, and Descriptive Statistics. In *Spatial Analysis in Geomorphology*, (ed.) R. Chorley, Harper & Row, pp. 17–90.
- EVANS, I. (1979). An Integrated System of Terrain Analysis and Slope Mapping. Tech. rep., University of Durham, Durham, England. Final Report on Grant DA-ERO-591-73-G0040.
- FARINA, A., BOGAERT, J. & SCHIPANI, I. (2005). Cognitive Landscape and Information: New Perspectives to Investigate the Ecological Complexity. *Biosystems*, vol. 79(1–3): pp. 235–240.
- FISHER, P., WOOD, J. & CHENG, T. (2004). Where is Helvellyn? Fuzziness of Multi-Scale Landscape Morphometry. *Transactions of the Institute of British Geographers*, vol. 29(1): pp. 106–128.
- FREY, C. (1964). *Morphometrische Untersuchung der Vogesen*. Pharos-Verlag, Basel.
- GAN, Q., ATTENBERG, J., MARKOWETZ, A. & SUEL, T. (2008). Analysis of Geographic Queries in a Search Engine Log. In *Proceedings of the 1st International Workshop on Location and the Web*, pp. 49–56. WWW'08, April 22, Beijing, China.

- GAUSS, C. (1828). *Disquisitiones Generales Circa Superficies Curvas*. Typis Dieterichianis.
- GOLDER, S. & HUBERMAN, B. (2006). Usage Patterns of Collaborative Tagging Systems. *Journal of Information Science*, vol. 32(2): p. 198.
- GOODCHILD, M. (2007). Citizens as Sensors: The World of Volunteered Geography. *GeoJournal*, vol. 69(4): pp. 211–221.
- GOODCHILD, M. & GETIS, A. (2001). Spatial Analysis and GIS. In *2001 ESRI User Conference*. Pre-Conference Seminar 2001, July 8, Center for Spatially Integrated Social Science, San Diego, CA, USA.
- GUSZLEV, A. & LUKÁCS, L. (2007). Folksonomy & Landscape Regions. In *Proceedings of the GI-Days 2007*, pp. 193–197. GI-Days'07, September 10-12, Münster, Germany.
- GUTH, P. (2009). Global Survey of Organized Landforms: Recognizing Linear Sand Dunes. In *Proceedings of Geomorphometry 2009*, (eds.) R. Purves, S. Gruber, T. Hengl & R. Straumann, pp. 106–115.
- HAMMOND, E. (1964). Analysis of Properties in Land Form Geography: An Application to Broad-Scale Land Form Mapping. *Annals of the Association of American Geographers*, vol. 54(1): pp. 11–19.
- HENGL, T. (2006). Finding the Right Pixel Size. *Computers and Geosciences*, vol. 32(9): pp. 1283–1298.
- HENGL, T. & EVANS, I. (2009). Mathematical and Digital Models of the Land Surface. In *Geomorphometry: Concepts, Software, Applications*, (eds.) T. Hengl & H. Reuter, Elsevier, chap. 2, pp. 31–64.
- HOLLENSTEIN, L. (2008). *Capturing Vernacular Geography from Georeferenced Tags*. Master's thesis, University of Zurich.
- HORN, B. (1981). Hill Shading and the Reflectance Map. *Proceedings of the IEEE*, vol. 69(1): pp. 14–47.
- IWAHASHI, J. & KAMIYA, I. (1995). Landform Classification Using Digital Elevation Model by the Skills of Image Processing—Mainly Using the Digital National Land Information. *Geoinformatics*, vol. 6(2): pp. 97–108.
- IWAHASHI, J. & PIKE, R. (2007). Automated Classifications of Topography from DEMs by an Unsupervised Nested-Means Algorithm and a Three-Part Geometric Signature. *Geomorphology*, vol. 86(3-4): pp. 409–440.
- KAPLAN, S. (1979). Perception and Landscape: Conceptions and Misconceptions. In *Proceedings of our National Landscape*, pp. 241–248. Conference on Applied Techniques for Analysis and Management of Visual Resource 1979, April 23-25, Incline Village, Nevada, USA.

- KENNEDY, L., NAAMAN, M., AHERN, S., NAIR, R. & RATTENBURY, T. (2007). How Flickr Helps us Make Sense of the World: Context and Content in Community-Contributed Media Collections. In *Proceedings of the 15th International Conference on Multimedia*, ACM, New York, NY, USA, pp. 631–640. MM'07, September 24–29, Augsburg, Bavaria, Germany.
- KESSLER, C., MAUÉ, P. AND. HEUER, J. & BARTOSCHEK, T. (2009). Bottom-Up Gazetteers: Learning from the Implicit Semantics of Geotags. In *GeoSpatial Semantics*, (eds.) K. Janowicz, M. Raubal & S. Levashkin, Springer, Heidelberg, Berlin, *Lecture Notes in Computer Science*, vol. 5892, pp. 83–102. 3rd International Conference, GeoS 2009, December 3–4, Mexico City, Mexico, Proceedings.
- MACMILLAN, R. & SHARY, P. (2009). Landforms and Landform Elements in Geomorphometry. In *Geomorphometry: Concepts, Software, Applications*, (eds.) T. Hengl & H. Reuter, Elsevier, chap. 9, pp. 227–256.
- MARK, D. (1975a). Computer Analysis of Topography: A Comparison of Terrain Storage Methods. *Geografiska Annaler*, vol. 57(3/4): pp. 179–188.
- MARK, D. (1975b). Geomorphometric Parameters: A Review and Evaluation. *Geografiska Annaler*, vol. 57(3/4): pp. 165–177.
- MARK, D. (2009). From Land Form to Landforms: Bridging the Quantitative-Qualitative Gap in a Multilingual Context. In *Proceedings of Geomorphometry 2009*, (eds.) R. Purves, S. Gruber, T. Hengl & R. Straumann, pp. 13–15. Geomorphometry 2009, August 31–September 2, Zurich, Switzerland.
- MARK, D. & TURK, A. (2003). Ethnophysiography. Draft paper for presentation (prior to COSIT'03). Workshop on Spatial and Geographic Ontologies 2003, September 23rd, Ittingen, Switzerland.
- MARK, D., TURK, A. & STEA, D. (2007). Progress on Yindjibarndi Ethnophysiography. In *Spatial Information Theory*, (eds.) G. Goos, J. Hartmanis & J. Van Leeuwen, Springer, Heidelberg, Berlin, *Lecture Notes in Computer Science*, vol. 4736, pp. 1–19. 8th International Conference, COSIT'07, September 19–23, Melbourne, Australia, Proceedings.
- MATHES, A. (2004). Folksonomies—Cooperative Classification and Communication Through Shared Metadata. <http://adammathes.com/academic/computer-mediated-communication/folksonomies.pdf>, Zugriff: 25.01.2010.
- MAUÉ, P. & KESSLER, C. (2009). Recommending Semantic Annotations for Geographic Information. Submitted for publication. <http://musil.uni-muenster.de/wp-content/uploads/recommending.pdf>, Zugriff: 15.01.2010.
- MONTELLO, D., GOODCHILD, M., GOTTSEGEN, J. & FOHL, P. (2003). Where's Downtown?: Behavioral Methods for Determining Referents of Vague Spatial Queries. *Spatial Cognition and Computation*, vol. 3(2&3): pp. 185–204.

- NELSON, A., REUTER, H. & GESSLER, P. (2009). DEM Production Methods and Sources. In *Geomorphometry: Concepts, Software, Applications*, (eds.) T. Hengl & H. Reuter, Elsevier, chap. 3, pp. 65–86.
- OLAYA, V. (2009). Basic Land-Surface Parameters. In *Geomorphometry: Concepts, Software, Applications*, (eds.) T. Hengl & H. Reuter, Elsevier, chap. 6, pp. 141–170.
- PIKE, R. (1995). Geomorphometry—Progress, Practice, and Prospect. *Zeitschrift für Geomorphologie, Supplementband*, vol. 101: pp. 221–238.
- PIKE, R. (2000). Geomorphometry—Diversity in Quantitative Surface Analysis. *Progress in Physical Geography*, vol. 24(1): pp. 1–20.
- PIKE, R., EVANS, I. & HENGL, T. (2009). Geomorphometry: A Brief Guide. In *Geomorphometry: Concepts, Software, Applications*, (eds.) T. Hengl & H. Reuter, Elsevier, chap. 1, pp. 3–30.
- PURVES, R., CLOUGH, P. & JOHO, H. (2005). Identifying Imprecise Regions for Geographic Information Retrieval using the Web. In *Proceedings of GIS Research UK 2005*, (eds.) R. Billen, J. Drummond, D. Forrest & E. João, pp. 313–318. GISRUK'05, April 6-8, Glasgow, Scotland.
- RASEMANN, S., SCHMIDT, J., SCHROTT, L. & DIKAU, R. (2004). Geomorphometry in Mountain Terrain. In *Geographic Information Science in Mountain Geomorphology*, (eds.) M. Bishop & J. Shroder Jr, Springer, Heidelberg, Berlin, chap. 4, pp. 101–146.
- RATTENBURY, T., GOOD, N. & NAAMAN, M. (2007). Towards Automatic Extraction of Event and Place Semantics from Flickr Tags. In *Proceedings of the 30th Annual International ACM SIGIR Conference on Research and Development in Information Retrieval*, (eds.) W. Kraaij, A. de Vries, C. Clarke, N. Fuhr & N. Kando, ACM, New York, NY, USA, pp. 103–110. SIGIR'07, July 23-27, Amsterdam, Netherlands.
- RATTENBURY, T. & NAAMAN, M. (2009). Methods for Extracting Place Semantics from Flickr Tags. *ACM Transactions on the Web*, vol. 3(1): pp. 1–30.
- REUTER, H., NELSON, A. & JARVIS, A. (2007). An Evaluation of Void-Filling Interpolation Methods for SRTM Data. *International Journal of Geographical Information Science*, vol. 21(9): pp. 983–1008.
- SALTON, G. & BUCKLEY, C. (1988). Term-Weighting Approaches in Automatic Text Retrieval. *Information Processing & Management*, vol. 24(5): pp. 513–523.
- SCHMIDT, J. & DIKAU, R. (1999). Extracting Geomorphometric Attributes and Objects from Digital Elevation Models—Semantics, Methods, Future Needs. In *GIS for Earth Surface Systems*, (eds.) R. Dikau & H. Saurer, Gebrüder Borntraeger Verlagbuchhandlung, Borntraeger, Berlin, pp. 153–173.

- SCHMITZ, P. (2006). Inducing ontology from flickr tags. In *Proceedings of 15th International World Wide Web Conference 2006, Collaborative Web Tagging Workshop*, Citeseer, pp. 210–214. WWW'06, May 23-26, Edinburgh, Scotland.
- SMITH, B. & MARK, D. (2001). Geographical Categories: An Ontological Investigation. *International Journal of Geographical Information Science*, vol. 15(7): pp. 591–612.
- SMITH, B. & MARK, D. (2003). Do Mountains Exist? Towards an Ontology of Landforms. *Environment and Planning B: Planning and Design*, vol. 30(3): pp. 411–427.
- STAHL, G. (2006). *Group Cognition: Computer Support for Building Collaborative Knowledge (Acting with Technology)*. The MIT Press.
- STRAHLER, A. (1952). Hypsometric (Area-Altitude) Analysis of Erosional Topography. *Geological Society of America Bulletin*, vol. 63(11): p. 1117.
- STRAUMANN, R. & PURVES, R. (2008). Delineation of Valleys and Valley Floors. In *Geographic Information Science*, (eds.) G. Goos, J. Hartmanis & J. Van Leeuwen, Springer, Heidelberg, Berlin, *Lecture Notes in Computer Science*, vol. 5266, pp. 320–336. 5th International Conference, GIScience'08, September 23-26, Park City, USA, Proceedings.
- STRAUMANN, R. (2009). Experiences in Developing Landform Ontologies. In *Proceedings of Geomorphometry 2009*, (eds.) R. Purves, S. Gruber, T. Hengl & R. Straumann, pp. 17–21. Geomorphometry 2009, August 31-September 2, Zurich, Switzerland.
- TOMLIN, C. (1990). *Geographic Information Systems and Cartographic Modeling*. Prentice Hall, Englewood Cliffs, NJ, USA.
- TROEH, F. (1964). Landform Parameters Correlated to Soil Drainage. *Soil Science Society of America Journal*, vol. 28(6): p. 808.
- USGS (2006). Shuttle Radar Topography Mission DTED® Level 1 (3-arc second) documentation. http://eros.usgs.gov/#/Find_Data/Products_and_Data_Available/SRTM_DTED, Zugriff: 23.12.2010.
- VAN OVERSCHELDE, J., RAWSON, K. & DUNLOSKY, J. (2004). Category Norms: An Updated and Expanded Version of the Battig and Montague (1969) Norms. *Journal of Memory and Language*, vol. 50(3): pp. 289–335.
- VÖGELE, T., SCHLIEDER, C. & VISSER, U. (2003). Intuitive Modelling of Place Name Regions for Spatial Information Retrieval. In *Spatial Information Theory*, (eds.) K. W., M. Worboys & S. Timpf, Springer, Heidelberg, Berlin, *Lecture Notes in Computer Science*, vol. 2825, pp. 239–252. 6th International Conference, COSIT'03, September 24-28, Ittingen, Switzerland, Proceedings.

- VON AHN, L. & DABBISH, L. (2004). Labeling Images with a Computer Game. In *Proceedings of the SIGCHI Conference on Human Factors in Computing Systems*, ACM, New York, NY, USA, pp. 319–326. CHI'04, April 24-29, Vienna, Austria.
- VON HUMBOLDT, A. (1816). Sur l'élévation des montagnes d'Inde. *Annales de Chimie et de Physique*, vol. 3: p. 297.
- VON HUMBOLDT, A. (1825). De quelques phénomènes qu'offrent le Cordillères des Andes de Quito et la partie occidentale de l'Himalaya. *Annales de Sciences Naturelles*, vol. 4.
- VOSS, W. & BUTTLER, G. (2004). *Taschenbuch der Statistik*. Fachbuchverlag Leipzig im Carl Hanser Verlag, 2nd edn.
- WOOD, J. (1996). *The Geomorphological Characterisation of Digital Elevation Models*. Ph.D. thesis, University of Leicester, UK. <http://www.soi.city.ac.uk/~jwo/phd/>, Zugriff: 08.07.2009.
- WOOD, J. (2009). Visualizing Geomorphometry: Lessons from Information Visualization. In *Proceedings of Geomorphometry 2009*, (eds.) R. Purves, S. Gruber, T. Hengl & R. Straumann, pp. 9–11. Geomorphometry 2009, August 31-September 2, Zurich, Switzerland.

A. Verschiedene Datenquellen für DHMs

Quelle	Auflösung [m]	Genauigkeit	Abdeckung [km ²]	Kosten [Euro/km ²]	Post- Processing
Boden- Überwachung	< 5	Vertikal: Sehr hoch Horizontal: Sehr hoch	Klein	Sehr hoch	Tief
GPS	< 5	Vertikal: Mittel Horizontal: Mittel	Klein	Tief	Tief
Manuelle Digitalisierung	Abhängig von: Kartenmassstab Konturenintervall	Vertikal: Mittel Horizontal: Tief	Abhängig von: Karten-Footprint	–	Mittel
Gesamte Topo-Karte	Abhängig von: Kartenmassstab Konturenintervall	Vertikal: Mittel Horizontal: Tief	Abhängig von: Karten-Footprint	–	Beachtlich
Digitale Photogrammetrie	< 1	Vertikal: Sehr hoch Horizontal: Sehr hoch	–	100-200	Beachtlich
<i>LiDAR</i>	1-3	Vertikal: 0.15-1m Horizontal: 1m	30-50/Std	25-50	Beachtlich
<i>SRTM</i> (C-Band, Radar)	90 (30)	Vertikal: 16m Horizontal: 20m	Beinahe global	Gratis	Potentiell beachtlich
<i>SRTM</i> (X-Band, Radar)	30	Vertikal: 16m Horizontal: 6m	Jeder 2te Pfad von C-Band	400 [Euro/Kachel]	Potentiell beachtlich
ASTER (optisch)	30	Vertikal: 7-50m Horizontal: 7-50m	3600	0.02	Mittel
SPOT (optisch)	30	Vertikal: 10m Horizontal: 15m	72000/Streifen	2.30	Mittel

Tabelle A.1.: Charakteristiken verschiedener Datenquellen nach (NELSON *et al.*, 2009)

B. Manuell entfernte Schlüsselwörter

B.1. *Rocky Mountains*

Number of removed tags: 218

geotagged	polarizer
2008	mailbox
national	sigma
nikon	from
me	favorites
iphone	s5is
2007	creativecommons
bw	18
2009	tag
canon	goldstaraward
2006	fdsflickrtoys
hdr	display
macro	xa
blackandwhite	son
portrait	wife
airme	daughter
longexposure	canon20d
2005	brother
cameraphone	200
2004	ysplix
film	owl
abigfave	canon350d
bokeh	olympus
dad	nikonstunninggallery
exposure	f28
d200	panasonic
nikkor	1970s
anawesomeshot	facebook
aplusphoto	frhwofavs
closeup	colorphotoaward
geotag	topf25
selfportrait	400d
photoshop	flickrfly
d80	theunforgettablepictures

B. Manuell entfernte Schlüsselwörter

d40	cp
d50	1855mmf3556g
flickr	iphotorating0
mom	day1
2003	5photosaday
photography	1969
35mm	screenshot
autostitch	linux
fujifilm	seven
nikond80	onebutan
sepia	vosplusbellesphotos
d300	outstandingshots
contrast	lensflare
d70	canon5d
photo	bokehsonicejuly
wideangle	mountians
myself	poppycalenday09
diamondclassphotographer	d40x
30d	canon70200f281
365	s5
nikond200	f100
2002	abw
zonetag	fivestargallery
celltagged	100v10f
infrared	zoom
supershot	adobephotoshop
theperfectphotographer	sigma30mmf14exdchsm
40d	18200mm
photomatix	x
self	fisheye
highdynamicrange	pfogold
mother	your
country	ultimateshot
ram	web
flickrbest	geo:tool=yuance
geotoolgeoretagr	55200mmf456
photos	eliteimages
decay	monochrome
minolta	herd
ef24105mmf4lisum	t
d70s	shieldofexcellence
searchthebest	portraits
sisters	artofimages
18200mmf3556gvr	grouptripod

flickrdiamond	mac
computer	betterthangood
sister	1855mmf3556
xti	adv06
osm	searchandreward
sigma1020mm	wowiekazowie
six	isawyoufirst
prius	platinumheartaward
father	ubuntu
d90	360
flickup	cs3
fuji	worldbest
the	100com500views25favs
mountian	kitlens
ab	mappr
i500	month
papa	moutain
topv111	spiritofphotography
geocoded	bokehsonicejuly05
gps	yahoo
tokina	google
superaplus	msn
nikond300	livecom
2	e500
blackwhite	top20waterpix
canoneos20d	tagged
geotoolyuacc	canda
absolutelystunningscapes	1735mm28
xsi	bwdreams
sony	damniwishidtakenthat
lens	goldenphotographer

B.2. Grand Canyon

Number of removed tags: 250

geotagged	instantfave
national	canoneos20d
nikon	kevsbest
2007	pentax
hdr	400d
canon	2000
2008	ysplix
2009	thisisme
iphone	digitalrebel
bw	kodachrome
cameraphone	spiritofphotography
airme	120
me	betterthangood
photo	efs1022mmf3545usm
2005	300d
2006	slr
blackandwhite	colourartaward
film	30d
d90	n4
portrait	tokina
photomatix	topv555
decay	nikond70
abigfave	geocoded
zonetag	display
celltagged	analog
macro	artofimages
eos	hd
blackwhite	allrightsreserved
nikkor	1st
selfportrait	flickrbest
self	canon1740mm
photography	100v10f
longexposure	3d
photoshop	qualitypixels
d300	fivestarsgallery
olympus	mobilemediaadventure
autostitch	canon20d
d80	1020
d200	22
xti	photostitch
nikond80	topf25

d50	c41
supershot	wikipedia
adobe	?????
polaroid	3exp
sony	18
goldstaraward	toycamera
infrared	nokia
flickr	linux
2004	polaroid600
nikond90	polarizer
i500	canoneos40d
anawesomeshot	fineartphotos
gps	canon40d
15fav	topv1111
theunforgettablepictures	d700
dad	mailbox
aplusphoto	p1f1
fisheye	blackandwhitefilm
photos	1998
geo:country=usa	photofaceoffwinner
wow	1022
fuji	afsdzoomnikkor1224mmf4gified
35mm	s70
topv111	powershots70
powershot	geo:tool=ggif
camera	outstandingshots
d40	450d
rebelxti	copyright
olympuse500	consumeristcom
nikond40	111v1f
mediumformat	laptop
monochrome	169
canonefs1022mmf3545usm	widescreen
2002	frhwofavs
geotag	tiltshift
2001	photodomino
40d	fv10
panasonic	g9
350d	pfogold
zd	olympusxa
10millionphotos	f18
platinumphoto	scannedpicture
lumix	fv5
kodak	goldenheartaward

B. Manuell entfernte Schlüsselwörter

5d	blogged
sigma	5
bokeh	zoom
18105mmf3556gvr	1224mmf4g
mom	lens
zeiss	n5
wideangle	nikkor1870mmf3545g
cell:cgi=0000	1020mm
mxiii	jared
diamondclassphotographer	ef2470mmf28lsm
flickrdiamond	ashotadayorso
canon30d	canonf1
n96	istockphoto
myself	mountians
topv333	equirectangular
wife	fdsflickrtoys
contrast	Astrometrydotnet:status=solved
200711	????
theperfectphotographer	exposure
wwwnaturalbornhikerscom	bestcaptureaoi
searchthebest	26
1025fav	kartpostal
ir	firstquality
510fav	1982
nikond300	isawyoufirst
highdynamicrange	Astrometrydotnet:status=failed
sepia	outstandingshot
geotoolgmif	flickrelite
canon5d	72f
fujifilm	5xp
favorite	282
ipix	fave
nikond700	62f
20d	g5
favorites	54f
moblog	largeformat
absolutelystunningscapes	sister
n3	superaplus
damniwishidtakenshat	avianexcellence
ef1740mmf4lsm	first