



# Master Thesis

im Rahmen des

Universitätslehrganges „Geographical Information Science & Systems“  
(UNIGIS MSc) am Interfakultären Fachbereich für Geoinformatik (Z\_GIS)  
der Paris Lodron-Universität Salzburg

zum Thema

**Modellierung und Darstellung der Anpassungsfähigkeit an die  
Folgen des Klimawandels in der historischen Tourismusregion  
Salzkammergut, Österreich**

vorgelegt von

**Berger Stefan, MSc**

103468, UNIGIS MSc Jahrgang 2014

zur Erlangung des Grades

„Master of Science (Geographical Information Science & Systems) – MSc(GIS)“

Gutachter:

Univ. Prof. Dr. Stefan Lang

Salzburg, 27.02.2018

## **Danksagung**

An dieser Stelle möchte ich mich bei allen Personen bedanken, die mich bei meiner Masterarbeit unterstützt haben. Allen voran möchte ich dabei Herrn Prof. Dr. Stefan Lang anführen, welcher mich mit hervorragender fachlicher und menschlicher Kompetenz betreut und dadurch in hohem Maße zum Abschluss dieser Arbeit beigetragen hat. Dank gilt natürlich dem gesamten UNIGIS-Team für die umfassende Unterstützung während der gesamten Studienzeit.

Ganz besonderer Dank gilt meiner Lebensgefährtin Angie und meinen Eltern, die mir, wo immer es möglich war, zur Seite standen und mich in der oft schwierigen berufsbegleitenden Studienzeit motivierten. Ihnen widme ich diese Arbeit.

### **Eidesstattliche Erklärung**

Ich erkläre hiermit eidesstattlich [durch meine eigenhändige Unterschrift], dass ich die vorliegende Arbeit selbstständig verfasst und keine anderen als die angegebenen Quellen und Hilfsmittel verwendet habe. Alle Stellen, die wörtlich oder inhaltlich den angegebenen Quellen entnommen wurden, sind als solche kenntlich gemacht. Die vorliegende Arbeit wurde bisher in gleicher oder ähnlicher Form noch nicht als Bachelor-/ Master-/ Diplomarbeit/ Dissertation eingereicht.

\_\_\_\_\_ Datum, Unterschrift

## Abstract

The adaptability of a region due to climate change (CC) is of growing concern due to its irreversible character and the multitude of factors supporting or hampering the capability to adapt. Research on climate change adaptation, in its complex character and its global context (in terms of both societal and environmental implications), involves several schools according to Miller *et al.* (2010): (1) the ‘vulnerability’ community with its two to three main pillars (exposure, adaptive capacity, sensitivity) following the actor-oriented IPCC approach (Parry *et al.* 2007), investigating the degree to which a system is susceptible to, and unable to cope with, adverse effects of climate change; and (2) the ‘resilience’ community emerging from the (eco-)systems approach with its dual function (Folke 2006) of absorbing disturbance and self-renewal/-organisation. The concept of ‘transformability’ seems to be the appropriate overarching one to accommodate either notion. Here climate change (CC) adaptability/transformability is treated as a latent phenomenon to be operationalized by decomposition (Weinberg 1975). After this a meta-indicator is re-composed based on a scale-specific spatial set of regions characterised by uniform response to the phenomenon under concern. Lang *et al.* (2014) showed how gridded fine-scale data being integrated and regionalised can support ambitious policy interventions in the so-called geon approach. Spatializing a multi-dimensional indicator set using scale-specific regionalisation shall aim for a policy-driven ‘unitisation’ of the intervention space.

The study is focused on a tourism region called *Salzkammergut*, situated in inner Austria and historically grown. Nowadays intersecting three federal states without an explicit administrative body, this region can be considered ‘latent’ itself. The region, a historic tourism area since the Austrian Empire has received its recognition since the early 19<sup>th</sup> century. Then being confined to an area around the actual salt production site, some 800 km<sup>2</sup> in size (Geuter 1913), it is now self-defined (Kurz 2006) as a attractor for tourism still steadily growing by attendance of municipalities on its northern fringe (2008: 54 municipalities, 2013: 59). The region is exemplarily for comparable regions in Austria or the Alps in terms of national/regional and transnational (UNFCCC) climate change adaptation strategies towards local/regional transfer and adjustment. Adaption remains an ambitious, cross-cutting issue with a range of societal areas and policy domains involved

and to be integrated. The set of indicators to be chosen depends on the focus of the adaptation strategy. Here the focus is on tourism, because it is of paramount importance for the well-being of the region from an economic point of view, but also from the perspective of sustainability and conservation of the historic heritage. In order to model the adaptive behaviour towards tourism, it has been worked with the following twelve indicators: (1) accessibility of bathing lakes, (2) accessibility of skiing resorts, (3) availability of road networks (4) availability of rail links, (5) availability of bicycle ways, (6) average number of heat days (7) average number of freezing days / (8) average number of rain days, (9) expected temperature raise, (10) spatial distribution of elevation a.s.l. / (11) distribution of slope, (12) disposability of cultural heritage. Using standardisation, the set of indicators is regionalised achieving a set of units that represent areas of uniform adaption behaviour, scaled to the policy scale and revealing in a spatial explicit manner the aggregated adaptability in terms of their potential to sustain tourism. The approach can be applied also to other transformative, yet strongly CC-affected mountain areas with a similar setting regarding their climate change adaptation potential.

## **Kurzfassung**

Die Fähigkeit einer Region, sich an die Folgen des Klimawandels anpassen zu können, gewinnt aufgrund dessen unumkehrbaren Charakters immer mehr an Bedeutung. Hinzu kommt eine Vielzahl an Faktoren, die die Möglichkeiten zur Anpassung begrenzen oder erweitern können. Die Forschungsarbeit zur Klimawandelanpassung, welche einen komplexen Charakter aufweist und ein globales Ausmaß an ökologischen und gesellschaftlichen Auswirkungen erreicht, hat mehrere Theorien hervorgebracht (Miller *et al.* 2010): (1) Die Vulnerabilitätstheorie mit ihren Eckpfeilern Exposition, Anpassungskapazität und Sensitivität und (2) die Resilienztheorie, die ihren Ursprung im (Öko-)systemansatz, mit seiner dualen Fähigkeit zur Absorbierung von Störungen und zur Selbsterneuerung/-organisation hat (Folke 2006). Das Transformierbarkeitskonzept scheint der umfassendste und passendste Ansatz zu sein. Es behandelt Klimawandelanpassungsfähigkeit als ein latentes Phänomen, das durch Dekomposition operationalisiert werden kann (Weinberg 1975). Nach dieser ‚Zerlegung‘ können Metaindikatoren, basierend auf maßstabsspezifischen räumlichen Regionen, die durch jeweils ähnliche Eigenschaften charakterisiert werden, wieder zusammengesetzt werden. Lang *et al.* (2014) zeigen mit dem so genannten Geon-Ansatz auf, wie feinmaßstäbliche Rasterdaten durch Integration und Regionalisierung ehrgeizige politische Maßnahmen unterstützen können. Mit der Spatialisierung eines multidimensionalen Indikatorenansatzes durch maßstabsspezifische Regionalisierung soll eine politisch gesteuerte ‚Vereinheitlichung‘ von homogenen Raumbereichen erwirkt werden.

Das Untersuchungsgebiet der vorliegenden Arbeit umfasst die historisch gewachsene Tourismusregion ‚Salzkammergut‘ im Herzen Österreichs. Das moderne Salzkammergut liegt auf dem Gebiet dreier österreichischer Bundesländer, ohne über explizite administrative Grenzen zu verfügen, wodurch die Region als ‚latent‘ betrachtet werden kann. Die touristische Nutzung begann beinahe zeitgleich mit der Ausrufung des Kaiserreiches Österreich zu Beginn des 19. Jahrhunderts. Damals war das historische Salzkammergut lediglich auf eine ca. 800 km<sup>2</sup> große Fläche, auf welcher bedeutender Salzbergbau stattfand (und immer noch -findet), begrenzt (Geuter 1913). Das moderne Salzkammergut ist ein selbstdefinierter (Kurz 2006) Touristenmagnet, welcher durch den Zuwachs von Gemeinden im nördlichen Bereich noch immer am Wachsen ist (2008: 54 Gemeinden, 2013: 59 Gemeinden). Die

Region ist, bezüglich nationaler, regionaler und transnationaler (UNFCCC) Strategien zur Klimawandelanpassung, durch lokalen/regionalen Austausch und Adaptierung, beispielgebend für vergleichbare Regionen in Österreich und dem Alpenraum. Die Anpassung an den Klimawandel ist und bleibt eine ehrgeizige, fächerübergreifende Problemstellung, deren Lösungsansätze in unterschiedlichste soziale und politische Bereiche eingebunden werden müssen. Die Auswahl geeigneter Indikatoren geht aus dem jeweiligen Aktivitätsfeld der Anpassungsstrategien hervor. In der vorliegenden Arbeit liegt der Fokus auf dem Aktivitätsfeld Tourismus. Dieser ist aus wirtschaftlicher Sicht für den Wohlstand der gesamten Region von großer Bedeutung. Außerdem ist die Erhaltbarkeit des historischen Erbes stark an dessen touristische Bedeutung gekoppelt. Um die Anpassungsfähigkeit des Tourismus im Salzkammergut zu modellieren wurden die folgenden 12 Indikatoren ausgewählt: (1) Badeseen, (2) Schigebiete, (3) Straßennetz, (4) Bahnanbindung, (5) Radwegenetz, (6) durchschnittliche Anzahl der jährlichen Hitzetage, (7) durchschnittliche Anzahl der jährlichen Eistage, (8) durchschnittliche Anzahl der jährlichen Regentage, (9) prognostizierter Temperaturanstieg, (10) Seehöhe (m ü. Adria), (11) Hangneigung und (12) kulturelles Erbe. Die Indikatoren werden regionalisiert, um sie in Einheiten, welche Flächen mit gleicher Anpassungsfähigkeit repräsentieren, zu ‚konvertieren‘. Die Skalierung der Flächen erfolgt in einer geeigneten Größenordnung, sodass die aggregierte Anpassungsfähigkeit an den Klimawandel in Bezug auf ihr Potenzial zur Aufrechterhaltung des Tourismus dargestellt wird. Dieser Ansatz soll auch auf andere, stark vom Klimawandel betroffene Gebirgsregionen, welche hinsichtlich ihres Anpassungspotentials ähnliche Eigenschaften aufweisen, übertragbar sein.

## Inhalt

Danksagung .....	i
Eidesstattliche Erklärung.....	ii
Abstract .....	iii
Kurzfassung .....	v
Abbildungsverzeichnis.....	x
Tabellenverzeichnis.....	xiii
Geodatenverzeichnis.....	xiv
1 Einleitung.....	1
1.1 Ausgangslage und Motivation.....	1
1.2 Zielsetzung .....	2
2 Grundlagen.....	3
2.1 Der „Klimawandel“ .....	3
2.1.1 Die Veränderung des Klimas heute .....	3
2.1.2 Ursachen des Klimawandels.....	10
2.1.3 Folgen des Klimawandels .....	15
2.1.4 Klimaszenarien .....	23
2.2 Klimawandelanpassung.....	30
2.2.1 International.....	31
2.2.2 Europa .....	32
2.2.3 Österreich.....	33
2.3 Der Tourismusbegriff und die Bedeutung der Wirtschaftssparte Tourismus in Österreich im Kontext des Klimawandels .....	41
3 Methodik.....	42
3.1 Untersuchungsgebiet: Das Salzkammergut .....	42

3.2	Das Geon-Konzept zur Diskretisierung komplexer räumlicher Phänomene.....	49
3.2.1	Zusammengesetzte Geone.....	49
3.2.2	Integrierte Geone.....	51
3.3	Normalisierung.....	53
3.4	Regionalisierung.....	53
4	Implementierung des Ansatzes.....	55
4.1	Operationalisierung.....	56
4.2	Indikatorenauswahl und -bearbeitung.....	56
4.2.1	Badeseen.....	58
4.2.2	Skigebiete.....	62
4.2.3	Straßennetz.....	66
4.2.4	Bahnanbindung.....	69
4.2.5	Radwegenetz.....	72
4.2.6	Sommertage.....	76
4.2.7	Eistage.....	79
4.2.8	Regentage.....	81
4.2.9	Temperaturanstieg (Klimamodell).....	83
4.2.10	Seehöhe.....	85
4.2.11	Hangneigung.....	87
4.2.12	Kulturerbe.....	89
4.3	Regionalisierung.....	94
5	Ergebnisse.....	96
6	Diskussion.....	108
6.1	Schlussfolgerung.....	108
6.1.1	Inhaltliche Plausibilitätsprüfung.....	108

6.1.2	Maßstabswahl .....	109
6.1.3	Geometrischer Vergleich.....	110
6.2	Ausblick .....	111
	Literaturverzeichnis.....	112
	Anhang .....	124

**Abbildungsverzeichnis**

<i>Abbildung 1:</i> .....	4
<i>Abbildung 2 :</i> .....	5
<i>Abbildung 3 :</i> .....	6
<i>Abbildung 4 :</i> .....	7
<i>Abbildung 5 :</i> .....	8
<i>Abbildung 6 :</i> .....	9
<i>Abbildung 7 :</i> .....	9
<i>Abbildung 8 :</i> .....	10
<i>Abbildung 9:</i> .....	13
<i>Abbildung 10:</i> .....	14
<i>Abbildung 11:</i> .....	15
<i>Abbildung 12:</i> .....	16
<i>Abbildung 13:</i> .....	22
<i>Abbildung 14:</i> .....	25
<i>Abbildung 15:</i> .....	27
<i>Abbildung 16:</i> .....	33
<i>Abbildung 17:</i> .....	35
<i>Abbildung 18 :</i> .....	36
<i>Abbildung 19 :</i> .....	42
<i>Abbildung 20:</i> .....	43
<i>Abbildung 21:</i> .....	45
<i>Abbildung 22:</i> .....	50
<i>Abbildung 23:</i> .....	55

<i>Abbildung 24:</i> .....	57
<i>Abbildung 25:</i> .....	58
<i>Abbildung 26:</i> .....	61
<i>Abbildung 27:</i> .....	62
<i>Abbildung 28:</i> .....	63
<i>Abbildung 29:</i> .....	65
<i>Abbildung 30:</i> .....	66
<i>Abbildung 31:</i> .....	67
<i>Abbildung 32:</i> .....	68
<i>Abbildung 33:</i> .....	69
<i>Abbildung 34:</i> .....	70
<i>Abbildung 35:</i> .....	71
<i>Abbildung 36:</i> .....	72
<i>Abbildung 37:</i> .....	74
<i>Abbildung 38:</i> .....	75
<i>Abbildung 39:</i> .....	76
<i>Abbildung 40:</i> .....	77
<i>Abbildung 41:</i> .....	78
<i>Abbildung 42:</i> .....	80
<i>Abbildung 43:</i> .....	81
<i>Abbildung 44:</i> .....	82
<i>Abbildung 45:</i> .....	83
<i>Abbildung 46:</i> .....	84
<i>Abbildung 47:</i> .....	85

<i>Abbildung 48:</i> .....	86
<i>Abbildung 49:</i> .....	87
<i>Abbildung 50:</i> .....	89
<i>Abbildung 51:</i> .....	89
<i>Abbildung 52:</i> .....	92
<i>Abbildung 53:</i> .....	93
<i>Abbildung 54:</i> .....	94
<i>Abbildung 55:</i> .....	96
<i>Abbildung 56:</i> .....	96
<i>Abbildung 57:</i> .....	98
<i>Abbildung 58:</i> .....	99
<i>Abbildung 59:</i> .....	100
<i>Abbildung 60:</i> .....	101
<i>Abbildung 61:</i> .....	103
<i>Abbildung 62:</i> .....	104
<i>Abbildung 63:</i> .....	105
<i>Abbildung 64:</i> .....	106
<i>Abbildung 65:</i> .....	108
<i>Abbildung 66:</i> .....	110

**Tabellenverzeichnis**

Tabelle 1: Auswirkungen des Klimawandels auf den Tourismus (Umweltbundesamt 09.01.2017a).....	21
Tabelle 2: Salzkammergut Gemeinden (Stand: 2013, (Salzkammergut Tourismus GmbH 16.04.2013)). .....	47
Tabelle 3: Indikator „Badeseen“: Ausgewählte Badeseen nach Bundesland, generiert aus den verwendeten Geodatenätzen.....	60
Tabelle 4: Indikator „Skigebiete“: Ausgewählte Skipisten der Skigebiete nach Bundesland, generiert aus den verwendeten Geodatenätzen. ....	64
Tabelle 5: Burgen und Schlösser im Salzkammergut, entnommen aus den im Text genannten Datensätzen der Länder.....	91
Tabelle 6: Parameter der vier in eCognition Developer 9 durchgeführten Trial-and-Error Regionalisierungsprozesse.....	95
Tabelle 7: Regionalisierungsergebnisse: Überblick über formbezogene Maßzahlen und mittlere Anpassungsfähigkeiten. ....	101
Tabelle 8: Diversitätsmaße Shannon-Index, Äquität und Dominanz. ....	107

## Geodatenverzeichnis

Name Datensatz	Format	Ersteller	Herausgeber	Download URL	Datum des Downloads	Datum des Datensatzes	Kurzbeschreibung
Burgen_Schloesser	SHP	Land Oberösterreich	Bundeskanzleramt, Magistrat der Stadt Wien (www.data.gv.at)	<a href="http://data.ooe.gv.at/files/cms/Mediendateien/OGD/ogd_abtGeol/Burgen_Schloesser.zip">http://data.ooe.gv.at/files/cms/Mediendateien/OGD/ogd_abtGeol/Burgen_Schloesser.zip</a>	18.04.2017	14.04.2017	Burgen und Schlösser im Land Oberösterreich
burgen_und_schloesser	SHP	Land Steiermark	Bundeskanzleramt, Magistrat der Stadt Wien (www.data.gv.at)	<a href="http://service.stmk.gv.at/ogd/OGD_Data_ABT17/geoinformation/burgen%20und%20schloesser.zip">http://service.stmk.gv.at/ogd/OGD_Data_ABT17/geoinformation/burgen%20und%20schloesser.zip</a>	18.04.2017	14.04.2017	Burgen und Schlösser im Land Steiermark
Burgen_und_Schloesser_Shapefile	SHP	Land Salzburg	Bundeskanzleramt, Magistrat der Stadt Wien (www.data.gv.at)	<a href="http://www.salzburg.gv.at/ogd/7b5df951-b8b0-4153-b599-490b4fe39d8b/Burgen_und_Schloesser_Shapefile.zip">http://www.salzburg.gv.at/ogd/7b5df951-b8b0-4153-b599-490b4fe39d8b/Burgen_und_Schloesser_Shapefile.zip</a>	18.04.2017	14.04.2017	Burgen und Schlösser im Land Salzburg
dhm_lamb_10m	GeoTIFF	geoland.at	Bundeskanzleramt, Magistrat der Stadt Wien (www.data.gv.at)	<a href="http://gis.ktn.gv.at/OGD/Geographie_Planung/ogd-10m-at.zip">http://gis.ktn.gv.at/OGD/Geographie_Planung/ogd-10m-at.zip</a>	16.10.2016	18.12.2014	Digitales Geländemodell aus Airborne Laserscan Daten. Auflösung 10x10 m
gis.osm_places_free	SHP	Geofabrik GmbH und OpenStreetMap Contributors	Geofabrik GmbH	<a href="http://download.geofabrik.de/europe/austria-latest-free.shp.zip">http://download.geofabrik.de/europe/austria-latest-free.shp.zip</a>	18.09.2016	18.09.2016	Orte Österreichs (OSM)
gis.osm_railways_free	SHP	Geofabrik GmbH und OpenStreetMap Contributors	Geofabrik GmbH	<a href="http://download.geofabrik.de/europe/austria-latest-free.shp.zip">http://download.geofabrik.de/europe/austria-latest-free.shp.zip</a>	18.09.2016	18.09.2016	Schiennetz Österreichs (OSM)
gis.osm_roads_free	SHP	Geofabrik GmbH und OpenStreetMap Contributors	Geofabrik GmbH	<a href="http://download.geofabrik.de/europe/austria-latest-free.shp.zip">http://download.geofabrik.de/europe/austria-latest-free.shp.zip</a>	18.09.2016	18.09.2016	Straßennetz Österreichs (OSM)
id019712000annualmean	NetCDF	ZAMG	Climate Change Centre Austria	<a href="https://data.ccca.ac.at/dataset/0654c5e4-c08b-405b-b059-06d4bd6da718/resource/14549bc0-e8e-4e97-848f-cd0796328b20/download/id019712000annualmean.nc">https://data.ccca.ac.at/dataset/0654c5e4-c08b-405b-b059-06d4bd6da718/resource/14549bc0-e8e-4e97-848f-cd0796328b20/download/id019712000annualmean.nc</a>	16.10.2016	06.09.2016	Eistage (Tage), jährliches Mittel zwischen 1971 und 2000
OGDEXT_RASTER_1_STATISTIK_AUSTRIA_L000100_LAEA	SHP	Statistik Austria	Bundeskanzleramt, Magistrat der Stadt Wien (www.data.gv.at)	<a href="http://data.statistik.gv.at/data/OGDEXT_RASTER_1_STATISTIK_AUSTRIA_L000100_LAEA.zip">http://data.statistik.gv.at/data/OGDEXT_RASTER_1_STATISTIK_AUSTRIA_L000100_LAEA.zip</a>	06.11.2016	01.01.2016	Regionalstatistische Rastereinheiten. Zellengröße: 100 x 100 m.
Radwege	SHP	Land Oberösterreich	Bundeskanzleramt, Magistrat der Stadt Wien (www.data.gv.at)	<a href="http://e-gov.ooe.gv.at/at.gv.ooe.dorisdaten/DORIS_V/RADWEGE.zip">http://e-gov.ooe.gv.at/at.gv.ooe.dorisdaten/DORIS_V/RADWEGE.zip</a>	16.10.2016	16.10.2016	Überregionale, touristische Radwege.
Radwege	SHP	Land Steiermark	Bundeskanzleramt, Magistrat der Stadt Wien (www.data.gv.at)	<a href="http://service.stmk.gv.at/ogd/OGD_Data_ABT17/geoinformation/Radwege.zip">http://service.stmk.gv.at/ogd/OGD_Data_ABT17/geoinformation/Radwege.zip</a>	16.10.2016	16.10.2016	Überregionale (touristische) Radwege
rr198pct19712000annualmean	NetCDF	ZAMG	Climate Change Centre Austria	<a href="https://data.ccca.ac.at/dataset/e9a14858-7407-4c78-8cb7-80553fa3fd48/resource/8f0f4105-26e2-4f3c-a978-a63dfe677d44/download/rr198pct19712000annualmean.nc">https://data.ccca.ac.at/dataset/e9a14858-7407-4c78-8cb7-80553fa3fd48/resource/8f0f4105-26e2-4f3c-a978-a63dfe677d44/download/rr198pct19712000annualmean.nc</a>	16.10.2016	06.09.2016	Regentage (Tage) 98Perzentil, jährliches Mittel zwischen 1971 und 2000
Schipisten_Shapefile	SHP	Land Salzburg	Bundeskanzleramt, Magistrat der Stadt Wien (www.data.gv.at)	<a href="http://www.salzburg.gv.at/ogd/294de677-b02d-4a74-b189-cc04fa820d96/Schipisten_Shapefile.zip">http://www.salzburg.gv.at/ogd/294de677-b02d-4a74-b189-cc04fa820d96/Schipisten_Shapefile.zip</a>	20.11.2016	11.11.2016	Schipisten im Land Salzburg
Seen	SHP	Land Oberösterreich	Bundeskanzleramt, Magistrat der Stadt Wien (www.data.gv.at)	<a href="http://e-gov.ooe.gv.at/at.gv.ooe.dorisdaten/DORIS_U/SEEN.zip">http://e-gov.ooe.gv.at/at.gv.ooe.dorisdaten/DORIS_U/SEEN.zip</a>	04.12.2016	16.04.2016	Wasserflächen über 0,5 km <sup>2</sup> in Oberösterreich.
Seen_und_Teiche	SHP	Land Steiermark	Bundeskanzleramt, Magistrat der Stadt Wien (www.data.gv.at)	<a href="http://service.stmk.gv.at/ogd/OGD_Data_ABT17/geoinformation/Seen_und_Teiche.zip">http://service.stmk.gv.at/ogd/OGD_Data_ABT17/geoinformation/Seen_und_Teiche.zip</a>	04.12.2016	27.11.2016	Teiche und Seen auf Basis der ÖK50, Orthophotos, ALS-Daten oder Unterlagen des Wasserbuches in der Steiermark.

Name Datensatz	Format	Ersteller	Herausgeber	Download URL	Datum des Downloads	Datum des Datensatzes	Kurzbeschreibung
skigebiete_2008	SHP	Umweltbundesamt GmbH & bergfex GmbH	Umweltbundesamt GmbH	<a href="https://secure.umweltbundesamt.at/data/download?cgiproxy_skip=true&amp;id=23">https://secure.umweltbundesamt.at/data/download?cgiproxy_skip=true&amp;id=23</a>	17.02.2017	03.11.2016	Skigebiete in Österreich 2008
su2519712000annualmean	NetCDF	ZAMG	Climate Change Centre Austria	<a href="https://data.ccca.ac.at/dataset/0654c5e4-c08b-405b-b059-06d4bd6da718/resource/469463d6-abe3-4252-bb63-20a1a434f921/download/su2519712000annualmean.nc">https://data.ccca.ac.at/dataset/0654c5e4-c08b-405b-b059-06d4bd6da718/resource/469463d6-abe3-4252-bb63-20a1a434f921/download/su2519712000annualmean.nc</a>	16.10.2016	06.09.2016	Sommertage (Tage), jährliches Mittel zwischen 1971 und 2000
tmrcp85abs-ccs2071-2100-1971-2000annual	NetCDF	Wegener Center	Climate Change Centre Austria	<a href="https://data.ccca.ac.at/dataset/9104ea5c-f0ec-4660-a6a6-e909fd77cc5a/resource/cf958597-d644-4f4a-a20f-36b4bf4a7e2e/download/tmrcp85abs-ccs2071-2100-1971-2000annual.nc">https://data.ccca.ac.at/dataset/9104ea5c-f0ec-4660-a6a6-e909fd77cc5a/resource/cf958597-d644-4f4a-a20f-36b4bf4a7e2e/download/tmrcp85abs-ccs2071-2100-1971-2000annual.nc</a>	19.04.2017	29.12.2016	Durchschnittliche Lufttemperatur im RCP 8.5 Szenario
Touristische_Radwege	SHP	Land Salzburg	Bundeskanzleramt, Magistrat der Stadt Wien ( <a href="http://www.data.gv.at">www.data.gv.at</a> )	<a href="http://www.salzburg.gv.at/ogd/328eea39-089a-46fb-a18c-fb40d83e6b16/Touristische_Radwege.json">http://www.salzburg.gv.at/ogd/328eea39-089a-46fb-a18c-fb40d83e6b16/Touristische_Radwege.json</a>	16.10.2016	16.10.2016	Touristische Radwege im Land Salzburg aus der GIP.
WIS_Seen_Shapefile	SHP	Land Salzburg	Bundeskanzleramt, Magistrat der Stadt Wien ( <a href="http://www.data.gv.at">www.data.gv.at</a> )	<a href="http://www.salzburg.gv.at/ogd/0375d37a-f02b-401e-b53a-46c0d23a25ff/WIS_Seen_Shapefile.zip">http://www.salzburg.gv.at/ogd/0375d37a-f02b-401e-b53a-46c0d23a25ff/WIS_Seen_Shapefile.zip</a>	04.12.2016	25.11.2016	Seen (WIS) im Land Salzburg.
World_Light_Gray_Base	ArGIS Server Map	ESRI	Esri, HERE, DeLorme, MapmyIndia, © OpenStreetMap contributors, and the GIS user community	<a href="http://server.arcgisonline.com/ArcGIS/services/Canvas/World_Light_Gray_Base/MapServer">http://server.arcgisonline.com/ArcGIS/services/Canvas/World_Light_Gray_Base/MapServer</a>	diverse	diverse	Weltweite Grundkarte mit hellgrauem Hintergrund.

# 1 Einleitung

## 1.1 Ausgangslage und Motivation

Seit Callendar (1938) bereits in den 1930er-Jahren eine durchschnittliche globale Erwärmung von 0,005°C pro Jahr feststellte, für welche er zum größeren Teil das Treibhausgas Kohlenstoffdioxid verantwortlich machte (Callendar 1938), hat sich nach anfänglicher Ablehnung in den Klimawissenschaften viel getan. Sah Callendar (1938) in der Erwärmung noch die Minimierung des Risikos einer bald wiederkehrenden Eiszeit, so sind heute die Risiken und Folgen des globalen Temperaturanstieges einer breiten Masse bekannt, die Notwendigkeit von weltweiten Klimaschutzmaßnahmen wird stärker anerkannt.

Auch wenn die derzeit angestrebten Maßnahmen zum Klimaschutz global umgesetzt werden würden, wäre dennoch zu erwarten, dass sich die Folgen des Klimawandels in den kommenden Jahrzehnten weiter verstärken (Haas *et al.* 2008 zit. n. Parry *et al.* 2007). Bei Einhaltung der Maßnahmen scheint vielmehr nur mehr die Verlangsamung des Erwärmungsprozesses realistisch, sodass dessen Auswirkungen abgeschwächt werden können (Balas *et al.* 2010). Aus diesem Grund gewinnen Handlungsempfehlungen zur Anpassung an die Folgen des Klimawandels immer mehr an Bedeutung (Haas *et al.* 2008).

Die Möglichkeit zur Anpassung wird bei Betrachtung der vorhandenen oder fehlenden Fähigkeit eines Systems mit den verschiedenen Auswirkungen des Klimawandels zurechtzukommen, also in dessen Verletzlichkeit, sichtbar (Parry *et al.* 2007). Klimawandelanpassung kann in unterschiedlichsten Bereichen erfolgen, in der österreichischen Anpassungsstrategie wurden daher 14 Aktivitätsfelder formuliert (Kronberger-Kießwetter *et al.* 2012a). Eines dieser Aktivitätsfelder wird durch den Tourismus gebildet, welcher in Österreich mit 11,09% der unselbstständig Erwerbstätigen den viertwichtigsten Arbeitgeber darstellt (Worm 2014).

Die Auswirkungen des Klimawandels auf den österreichischen Tourismus sind von mehreren, nur bedingt miteinander vergleichbaren Faktoren abhängig und damit auch von Tourismusregion zu Tourismusregion höchst unterschiedlich. Das Geon-Konzept (Lang *et al.*

2014) bietet eine Möglichkeit die Anpassungsfähigkeit einer Tourismusregion unter Miteinbeziehung unterschiedlicher Meta-Indikatoren zu visualisieren. Die Idee zur vorliegenden Arbeit basiert auf einem Themenvorschlag von Prof. Dr. Stefan Lang (Lang 05.03.2015, Universität Salzburg), wobei das Salzkammergut als historisch-kulturelle, ständig wachsende Tourismusregion als Untersuchungsgebiet dienen soll.

## **1.2 Zielsetzung**

Um die Anpassungsfähigkeit an die Folgen des Klimawandels beurteilen zu können, stellt die Auswahl geeigneter Meta-Indikatoren einen wichtigen Arbeitsschritt dar. Dabei kann es sich um Themen aus unterschiedlichsten Fachbereichen handeln, welche, um ein optimales Ergebnis erhalten zu können, von Experten und Expertinnen aus den jeweiligen Bereichen beurteilt und hinsichtlich ihrer Bedeutung gewichtet werden können. Da in dieser Arbeit jedoch die Anwendbarkeit des Geon-Konzeptes als methodisches Werkzeug zur Darstellung der regionalen Anpassungsfähigkeit an die Folgen des Klimawandels im Vordergrund steht, wurde auf eine Gewichtung der Indikatoren und zusätzliches Expertenwissen verzichtet.

### **Ziele:**

- Abgrenzung des Untersuchungsraumes ‚Salzkammergut‘ als veränderliche (tendenziell wachsende) historisch, kulturelle Tourismusregion.
- Ausarbeitung von relevanten Meta-Indikatoren.
- Erarbeitung eines geeigneten Maßstabes für die Objektgrößen der resultierenden Regionen.
- Kartografische Visualisierung der Anpassungsfähigkeit an die Folgen des Klimawandels in der Tourismusregion Salzkammergut.

Das Hauptziel besteht demnach in der Ausarbeitung einer Vorgehensweise zur Anwendung des Geon-Konzeptes als geeignetes Werkzeug zur Beurteilung der regionalen Anpassungsfähigkeit an die Folgen des Klimawandels, sowie in der Entwicklung einer Vorgehensweise, welche auf andere Regionen übertragen werden kann.

**Nicht-Ziele:**

- Einflussnahme sichtbarer Grenzen (z.B. politische oder natürliche Grenzen) auf die Grenzen der Geone.
- Expertenüberwachte Auswahl und Gewichtung und Überprüfung der aus verschiedenen Fachbereichen stammenden Metaindikatoren.

## 2 Grundlagen

### 2.1 Der „Klimawandel“

Wenn heute von Klimawandel die Rede ist, so ist damit zumeist die durch den Menschen verursachte globale Erwärmung gemeint. Tatsächlich ist das Klima jedoch auch natürlichen Schwankungen unterworfen. Genannt seien hier insbesondere die astronomischen Zyklen Exzentrizität (Variation der Erdumlaufbahn), Neigungswinkel der Rotationsachse der Erde und das Pendeln der Rotationsachse der Erde um die Senkrechte (Präzession) (Press *et al.* 2006).

In der vorliegenden Arbeit wird jener Begriff des Klimawandels thematisiert, welcher mit Beginn der Industrialisierung in der zweiten Hälfte des 19. Jahrhunderts durch den Menschen induziert wurde und zusammen mit dem Anstieg der Treibhausgase Kohlenstoffdioxid (CO<sub>2</sub>), Methan (CH<sub>4</sub>), Lachgas (N<sub>2</sub>O) und fluorierte Kohlenwasserstoffe (N<sub>2</sub>O) einen Temperaturanstieg mit sich brachte (Umweltbundesamt 09.01.2017c), dessen zeitlicher und numerischer Rahmen nicht mit jenen natürlichen klimatischen Schwankungen übereinstimmt, welche durch Deutung mariner Schichtenfolgen und den Ergebnissen von Bohrkernausswertungen aus den Inlandeismassen Grönlands und der Antarktis dokumentiert werden konnten (Press *et al.* 2006).

#### 2.1.1 Die Veränderung des Klimas heute

Dass die globale Änderung des Klimas bereits Realität ist und nicht erst in Zukunft erfolgen wird, zeigen eine große Anzahl von Studien. Genannt seien hier auf internationaler Ebene:

- “Turn down the heat - Climate extremes, regional impacts, and the case for resilience” (World Bank 2012),
- “Decision making in a changing climate – adaption, challenges and choices” (World Resources Institute *et al.* 2011),
- „Managing the risks of extreme events and disaster to advance Climate Change Adaption – Special report of the Intergovernmental Panel on Climate Change.” (Field 2012),
- “Turn down the heat – Why a 4°C warmer world must be avoided” (World Bank 2012)
- und “Working Group I contribution to the IPCC fifth assessment report, climate change 2013: The physical science basis. Final draft underlying scientific-technical assessment.” (Stocker *et al.* 2013).

Die oben genannten Studien zeigen stets einen Temperaturanstieg ab dem 20. Jahrhundert, welcher um das Jahr 1950 stagniert und ab den 1970er Jahren stark ansteigt. Deutlich veranschaulicht wird dies auch in einer Grafik des Met Office Hadley Center (Met Office Hadley Centre 16.09.2016) (Abbildung 1). Die hier dargestellten unterschiedlichen Datensätze decken sich in ihrer Aussage und stellen sehr ähnliche globale Temperaturkurven dar.

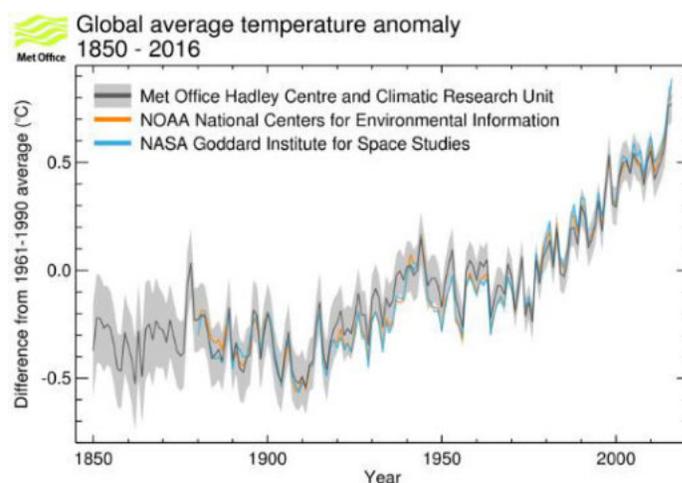


Abbildung 1: Durchschnittliche globale Temperaturanomalie 1850 – 2016 (Met Office Hadley Centre 16.09.2016). Schwarze Linie: Durchschnittliche globale, oberflächennahe Temperaturanomalie 1850 – 2013. Graue Fläche: 95%-Konfidenzintervall der jährlichen Mittel. Orange Linie: Globale, jährliche, durchschnittliche Temperaturanomalien aus dem GISTEMP Datensatz (Goddard Institute of Space Studies at NASA 18.09.2017). Blaue Linie: Globale, jährliche, durchschnittliche Temperaturanomalien aus dem MLOST Datensatz (National Centers for Environmental Information 07.10.2017).

Vergleicht man die Daten globaler Temperaturanomalien (Met Office Hadley Centre 16.09.2016) mit denen Österreichs (HISTALP Management 10.10.2017), so sind in den österreichischen Zeitreihen, unabhängig davon, ob diese aus dem Gebirge oder Flachland stammen, stärkere Schwankungen in kurzen Zeiträumen deutlich erkennbar (Kromp-Kolb 2014) (Abbildung 2). Markant ist der Negativpeak der kleinen Eiszeit in der zweiten Hälfte des 19. Jahrhunderts, die darauffolgenden Schwankungen bis zum Beginn der 1980er Jahre liegen jedoch noch innerhalb des Schwankungsbereiches der letzten 2000 Jahre. Erst jener überdurchschnittlich starke, sich in dem kurzen Zeitraum der letzten 20 bis 30 Jahren ereignende Temperaturanstieg wird als globale Erwärmung bezeichnet (Auer *et al.* 2014).

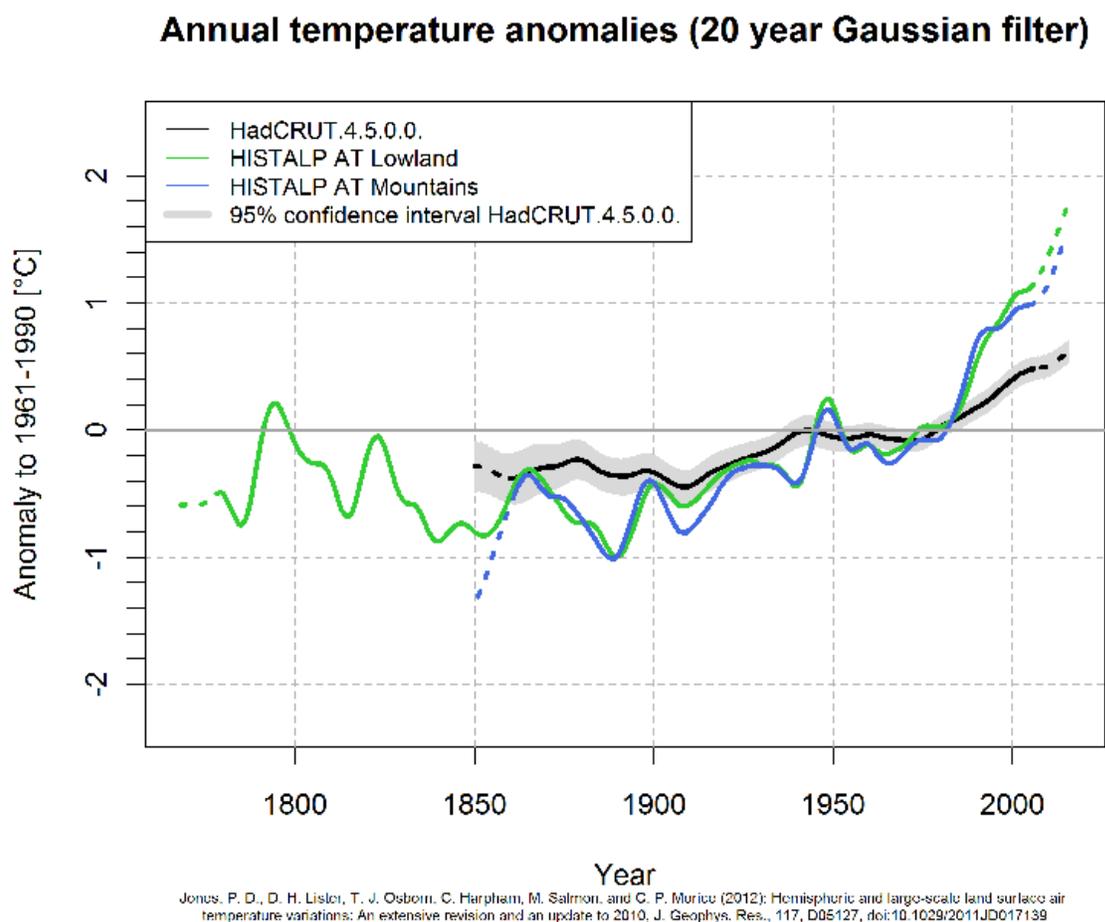


Abbildung 2 : Vergleich der globalen Temperaturanomalien (Met Office Hadley Centre 16.09.2016) mit den Temperaturanomalien in Österreich und dem klimatischen Mittel der Jahre 1961 bis 1990 (Jones et al. 2012 aus HISTALP Management (10.10.2017)).

Wie unterschiedlich die Folgen des Klimawandels in topographisch unterschiedlichen Regionen und Klimaräumen sein können wird ersichtlich, wenn man die regionalen Anomalien der Niederschlags-Jahressummen in Österreich, wo diese Unterschiede innerhalb kurzer Distanzen auftreten, betrachtet (Umweltbundesamt 09.01.2017b) (Abbildung 3). Eine Unterteilung der Greater Alpine Region (GAR) in vier Subregionen wurde im Zuge des HISTALP-Projektes erarbeitet, für Österreich ergeben sich daraus die Subregionen (1) Nord, (2) Inneralpin, (3) West und (4) Südost (Auer *et al.* 2007). Abbildung 3 (Auer *et al.* 2014) zeigt eine Zunahme des Niederschlags in der Subregion West (plus 10 -15 %), und eine Abnahme im Südosten (minus 10 -15 %). In den Subregionen Inneralpin und Nord ist zur Zeit keine langfristige Veränderung der Jahresniederschlagssummen sichtbar (Umweltbundesamt 09.01.2017b).

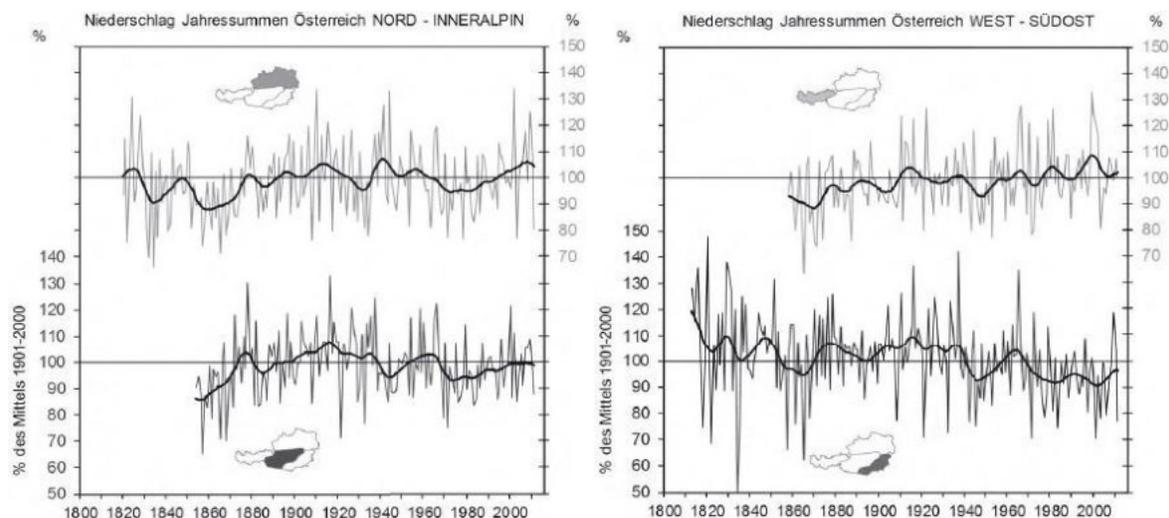


Abbildung 3 : Regionale Anomalien der Niederschlags-Jahressummen in Österreich 1800 bis 2011 (Auer *et al.* 2014 zit. n. Böhm 2012).

Betrachtet man die Veränderung der Intensitäten von Niederschlagstagen (Abbildung 4) anhand von Daten aus dem Beobachtungszeitraum 1971 bis 2000, so ist festzustellen, dass die Häufigkeit von schwachen bis moderaten Niederschlagstagen abgenommen, jene von beträchtlichen, starken, sehr starken und extremen zugenommen haben, wobei hier zu er-

gängen ist, dass die Summe der Niederschlagstage im Jahresmittel dabei gleich bleibt (Chimani *et al.* 2016).

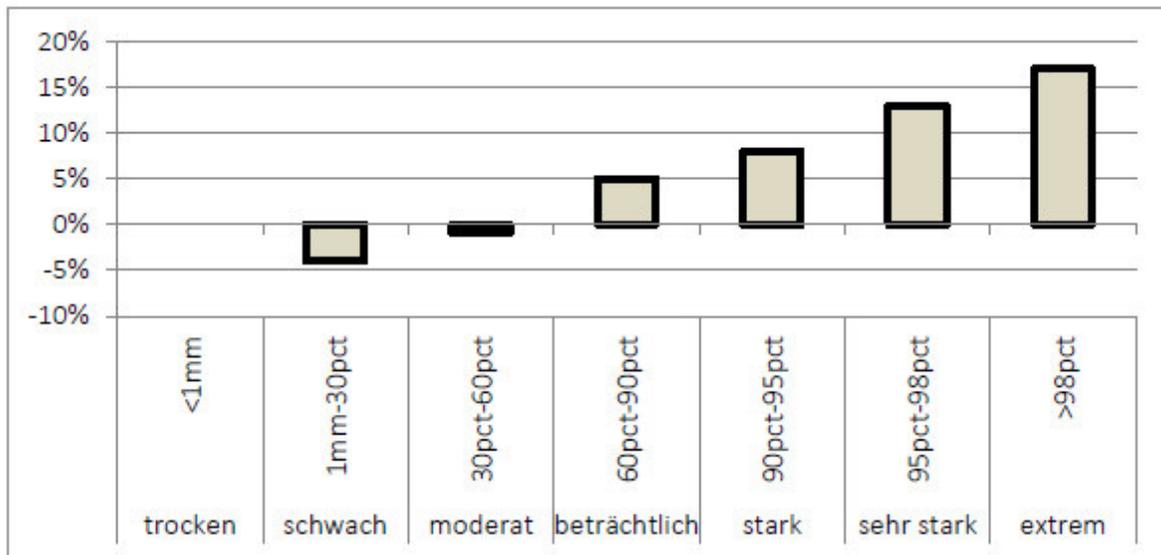


Abbildung 4 : Änderung der Niederschlagsintensität im Zeitraum von 1971 bis 2000 (Chimani *et al.* 2016).

Besonders klar ist die fortschreitende Erwärmung im Rückgang der alpinen Gletscher sichtbar, von welchen seit 1850 bis 2011 bereits zwei Drittel verschwunden waren (Umweltbundesamt 09.01.2017b). Im „Rekordjahr“ 2015 haben von 92 beobachteten Gletschern in Österreich 88, also 96%, an Fläche und Volumen verloren. Das sind um 10% mehr als im Jahr 2014, in welchem gegenüber 2015 noch doppelt so viele Gletscher stationär waren (Fischer 2016). Auch der durchschnittliche Längenverlust der Gletscher (-22,6 m) lag in den Jahren 2014/15 deutlich über den Werten der Vorjahre, wobei ähnlich hohe Werte bereits in den Jahren 2003 und 2007 erreicht wurden (Fischer 2016). Im Jahr 2015/16 lag der Rückgang aufgrund der günstigen Witterungsbedingungen bei -14,2 m, immer noch waren 97% der 92 beobachteten Gletscher von einem Rückgang betroffen (Fischer 2017). Bei Betrachtung der mittleren Längenänderung der alpinen Gletscher im Zeitraum zwischen 1960 und 2016 (Abbildung 5) ist ab dem Jahr 1985 der Trend einer negativen Längenänderung sehr gut erkennbar. Der Rückgang korreliert zeitlich sehr gut mit dem

seit Beginn der 80er-Jahre des vergangenen Jahrhunderts vorherrschenden überdurchschnittlich starken Temperaturanstieg (Abbildung 2) im Alpenraum.

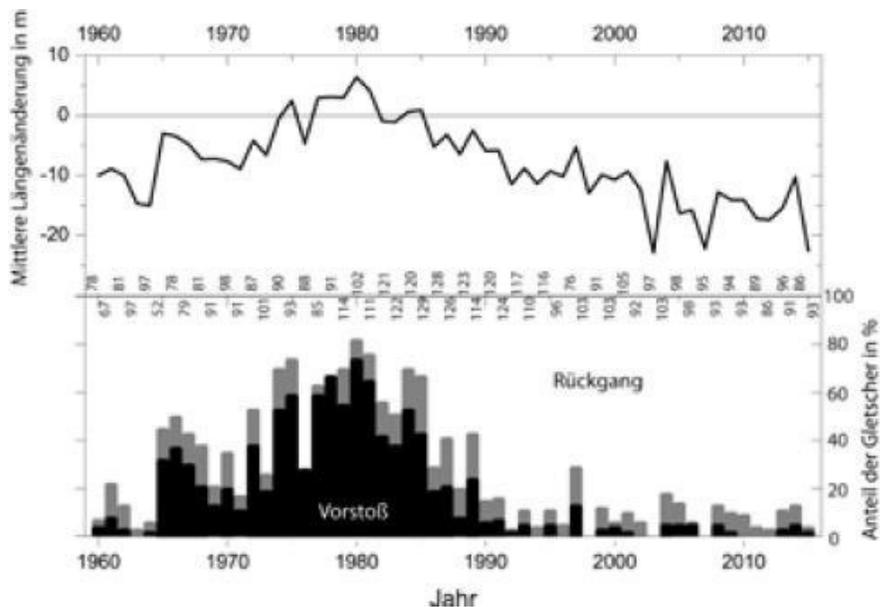


Abbildung 5 : Mittlere Längenänderungen alpiner Gletscher, sowie Anzahl der vorstoßenden (schwarz), stationären (grau) und zurückgehenden (Hintergrundfarbe) Gletschern im Beobachtungszeitraum 1960 bis 2016 (Fischer 2017).

Eine weitere bereits wahrnehmbare Änderung liegt bei der Verschiebung der Schneefallgrenze vor. Ein von 1801/02 bis 2007/2008 reichender Vergleich (Abbildung 6, Böhm 2008) zwischen Niederschlag in Form von Regen bzw. Niederschlag in Form von Schnee in der winterlichen (Dezember bis März) Talregion Kitzbühels macht deutlich, dass hier seit etwa dem Jahr 1990 gleich viel Schnee wie Regen fällt (Umweltbundesamt 09.01.2017b). Beim Gesamtniederschlag ist kein Trend erkennbar. Im Alpenraum bestehen jedoch bezüglich Schneeniederschlag und Schneedeckendauer große regionale Unterschiede in Abhängigkeit von Exposition, Lage und mikroklimatischen Faktoren, wobei der Anteil des Schneeniederschlages und auch die Schneedeckendauer in Zukunft weiter abnehmen werden (Fleischhacker *et al.* 2015).

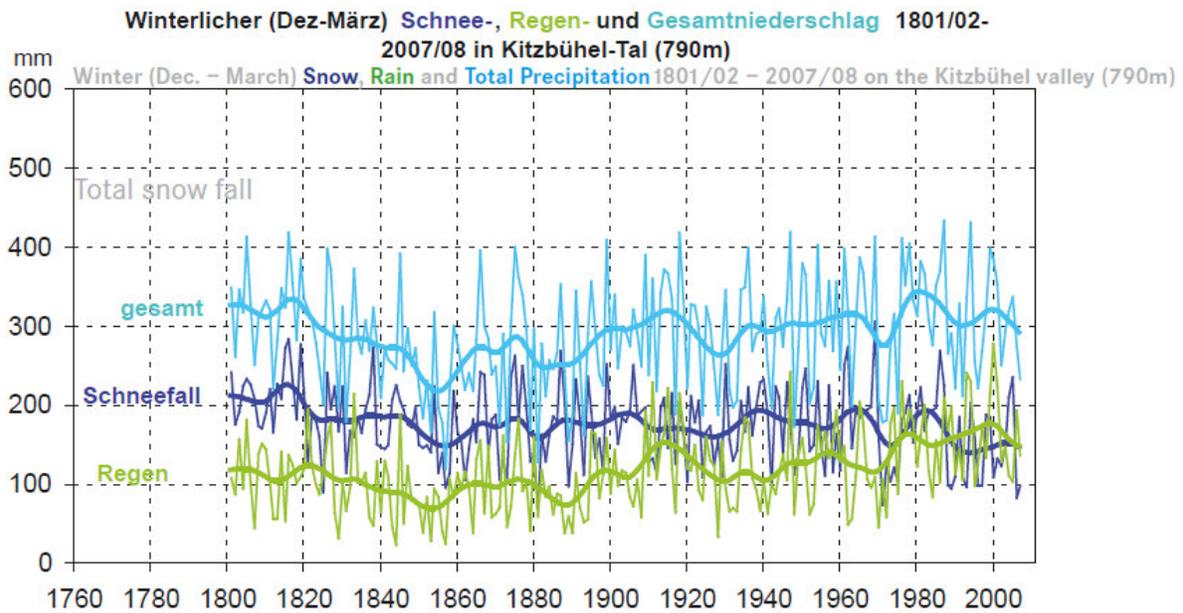


Abbildung 6 : Schnee-, Regen- und Gesamtniederschlag, Dezember bis März, in der Talregion Kitzbühels. 1801/02 bis 2007/08. (Böhm 2008).

Ein Vergleich der Daten aus den 25-jährigen Perioden 1961 bis 1985 und 1986 bis 2010 in Österreich zeigt, dass die Anzahl der Eistage, also Tage an welchen Temperatur-Minimum und -Maximum unter 0°C liegen, pro Jahr im Schnitt um 8 Tage auf 48 Tage gesunken ist. Diese Abnahme ist jedoch im nördlichen und östlichen Flachland Österreichs schwächer ausgeprägt (Chimani *et al.* 2016), (Abbildung 7).

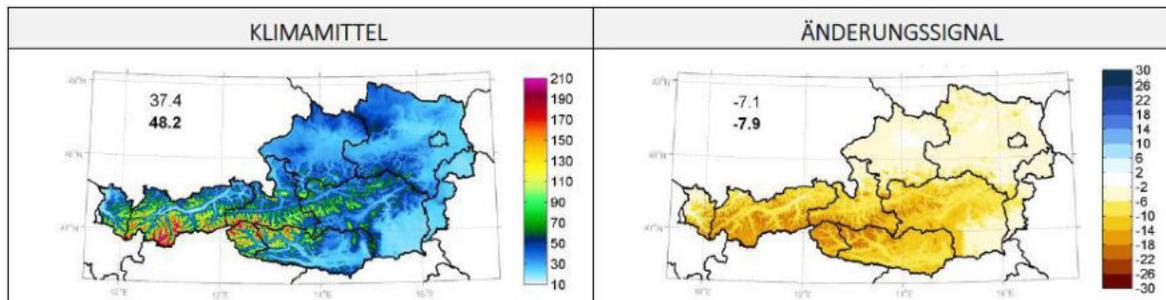


Abbildung 7 : Links: mittlere Anzahl der Eistage in Österreich pro Jahr. Rechts Änderungssignal. (Chimani et al. 2016).

Während die subjektive Wahrnehmung über die Zunahme von Sommertagen ( $>25^{\circ}\text{C}$ ) in Österreich nicht eindeutig sein mag, so ist die Zunahme von Hitzetagen ( $>30^{\circ}\text{C}$ ) deutlicher spürbar. Tatsächlich haben sowohl Sommer- als auch Hitzetage innerhalb der 25-jährigen Perioden in den Jahren 1961 bis 1985 und 1986 bis 2010 stark zugenommen (Chimani *et al.* 2016) (Abbildung 8). Betroffen sind davon überwiegend Gebirgstäler, das Flachland und auch tiefer gelegene Bergregionen. Am größten ist der Anstieg im Südosten Österreichs (durchschnittlich +9 Hitzetage bzw. +15 Sommertage), am deutlichsten spürbar ist er in Lagen zwischen 800 und 1200 m ü. Adria. Jahreszeitlich gesehen sind die Zahlen naturgemäß im Sommer am höchsten, eine Zunahme ist jedoch auch im Frühling und Herbst zu verzeichnen (Chimani *et al.* 2016).

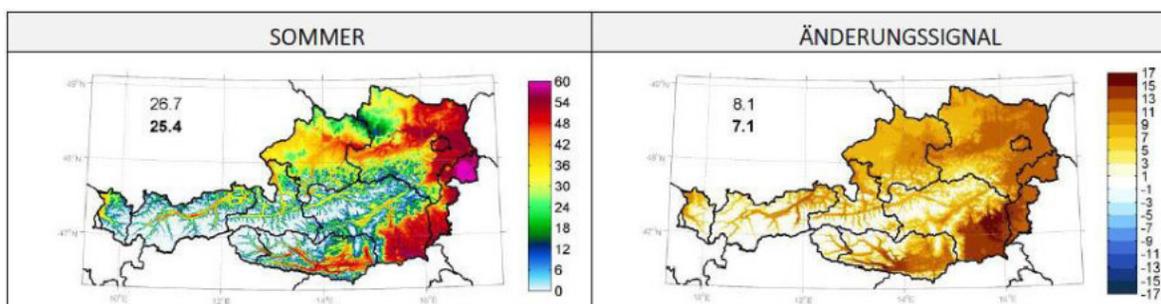


Abbildung 8 : Links: mittlere Anzahl der Sommertage in Österreich pro Jahr. Rechts: Änderungssignal. (Chimani *et al.* 2016).

Weitere spür- bzw. sichtbare Phänomene des Klimawandels sind die Ausweitung der Vegetationsperiode (Zentralanstalt für Meteorologie und Geodynamik 2017) sowie das Auftreten von Neophyten in der Pflanzen- und Neozoen in der Tierwelt (Umweltdachverband 2016).

### 2.1.2 Ursachen des Klimawandels

Während in der Wissenschaft weitgehend Einigkeit darüber zu herrschen scheint, dass ein durch den Menschen verursachter Klimawandel bereits stattfindet, so wird die Thematik in den Medien immer wieder kontrovers behandelt. So titulierte der Spiegel mit „Missglückter Forscher-Aufruf zum Uno-Klimagipfel - Die 97-Prozent-Falle“ (Bojanowski 23.09.2014) einen Artikel, der Kritik an der populären Studie „Quantifying the consensus on anthropo-

genic global warning in the scientific literature” (Cook *et al.* 2013) übt, welche laut Artikel besagen soll, dass 97% von 11.944 wissenschaftlichen Arbeiten von einem anthropogenen Temperaturanstieg ausgehen. Säule der Kritik ist zum einen die Tatsache, dass gut zwei Drittel der Autorinnen und Autoren keine Position zum Einfluss des Menschen einnahmen, zum anderen die Annahme, dass die ausgewerteten Klimastudien willkürlich ausgewählt wurden. Hierzu sei angemerkt, dass bereits im Abstract der Studie angegeben wird, dass 66,4% der 11.944 Arbeiten keine Position zur anthropogenen Temperaturerhöhung einnehmen und die 97,2% konsensualen Papers sich nur aus jenen ergeben, welche sich dazu äußern. Hingewiesen wird im Abstract außerdem darauf, dass die Auswahl aus Arbeiten der Jahre 1991 – 2011 erfolgte, welche Treffer zu den Schlagwörtern „globaler Klimawandel“ oder „globale Erwärmung“ aufwiesen.

Ein Artikel der österreichischen Zeitung „der Standard“ (Freistetter 04.02.2015) kritisiert hingegen das „bewusste daneben schauen“, wenn es um die Ursachen des Klimawandels geht und auch dessen Leugnung als populistisch-politisches Werkzeug. Häufig werde dabei mit wissenschaftlich belegten, natürlichen Klimaschwankungen argumentiert, die es schon immer gegeben habe und auch mit Wetterextremen in der Vergangenheit – auch die habe es immer schon gegeben. Ähnliches wird in einem Artikel der New York Times (Lifton 07.10.2017) – wohl auch unter dem starken Eindruck der im Jahr 2017 knapp aufeinanderfolgenden, starken Hurrikans Harvey, Irma, Jose und Maria – kritisiert. Der Artikel gibt jedoch auch zu bedenken, dass Klimawandelleugnerinnen und Klimawandelleugner und Skeptikerinnen und Skeptiker, auf Grund solcher die Folgen des Klimawandels sehr gut sichtbar machender Katastrophenereignisse, immer größere Schwierigkeiten haben, ihre Position zu halten.

Neben der genannten Studie (Cook *et al.* 2013) zeigen aber auch andere Abhandlungen auf, dass in der Wissenschaft weitgehend Konsens über den anthropogenen Klimawandel herrscht. So wurden in der Arbeit „Expert credibility in climate change“ (Anderegg *et al.* 2010) die Publikationen der 1.372 aktivsten Klimaforscherinnen und Klimaforscher mit dem Ergebnis untersucht, dass 97 bis 98% die These des anthropogenen Klimawandels unterstützen. Nur 2% der Top-50, 3% der Top-100 und 2,5% der Top-200 Klimawissenschaftlerinnen und Klimawissenschaftler waren anderer Meinung (Anderegg *et al.* 2010).

Die Publikation „The scientific consensus on climate change“ (Oreskes 2014) kategorisiert und beurteilt 928 wissenschaftliche Papers und kommt ebenfalls zu dem Schluss, dass die Wissenschaft nahezu geschlossen von einem vom Menschen verursachten Klimawandel ausgeht. Der Eindruck von Verwirrung und Uneinigkeit unter den Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftlern zu dem Thema, welchen Politikerinnen und Politiker, Ökonomeninnen und Ökonomen, Journalistinnen und Journalisten und andere immer wieder äußern, ist demnach ein Falscher und Unbegründeter (Oreskes 2014).

Die aktuelle weltweite Erwärmung beginnt mit der industriellen Revolution in der zweiten Hälfte des 18. Jahrhunderts (Paulinyi 1989), seit den 1980er Jahren ist die Erwärmung besonders stark (Umweltbundesamt 09.01.2017c). Betrachtet man die Änderung der CO<sub>2</sub>-Äquivalenzkonzentration und des jährlichen Treibhausgasindex (Abbildung 9), so ist erkennbar, dass Temperaturanstieg und Zunahme des Treibhausgasausstoßes in die Atmosphäre zeitlich korrelieren (vgl. Abbildung 1). Die Änderungen beginnen in der zweiten Hälfte des 18. Jahrhunderts und nehmen ab den 1970er Jahren drastisch zu. Eine Stagnation in der unmittelbaren Nachkriegszeit des 2. Weltkrieges ist hier ebenfalls erkennbar. Im Jahr 2010 erreichte der jährliche weltweite Treibhausgasausstoß mit 49 ( $\pm 4,5$ ) Gigatonnen CO<sub>2</sub>-Äquivalent sein bisheriges Maximum (Edenhofer *et al.* 2014a). Die heute beobachtete globale Erwärmung scheint also nur mit der Zunahme von Treibhausgasen, welche durch den Menschen in die Atmosphäre gelangten, erklärbar (Umweltbundesamt 09.01.2017c).

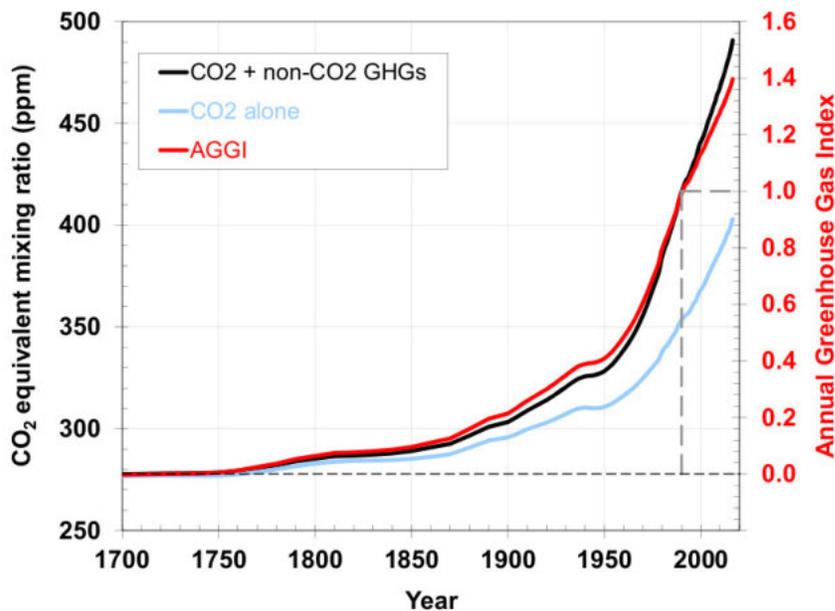


Abbildung 9: Langjährige Änderungen der CO<sub>2</sub>-Äquivalenzkonzentration und des AGGI (jährlicher Treibhausgasindex) (Butler and Montzka 07.10.2017).

Die bedeutendsten Treibhausgase sind Kohlenstoffdioxid (CO<sub>2</sub>), Methan (CH<sub>4</sub>), Lachgas (N<sub>2</sub>O) und fluorierte Kohlenwasserstoffverbindungen (F-Gase). Abbildung 10 zeigt, dass der Anstieg der unterschiedlichen Treibhausgase zwischen den Jahren 1970 und 2010 in etwa gleich verläuft und CO<sub>2</sub> mit einem Anteil von 76% (im Jahr 2010) den größten Anteil ausmacht. Es folgen Methan mit 16%, Lachgas mit rund 6% und F-Gase mit 2% Anteilen am Gesamt-Treibhausgas-Ausstoß (Edenhofer *et al.* 2014b). Die Konzentration von CO<sub>2</sub>-Äquivalenten stieg seit Beginn der industriellen Revolution von 280 auf 430 ppm, die natürliche Schwankungsbreite der letzten 800.000 Jahre liegt mit 180 und 280 ppm weit niedriger (Umweltbundesamt 09.01.2017c).

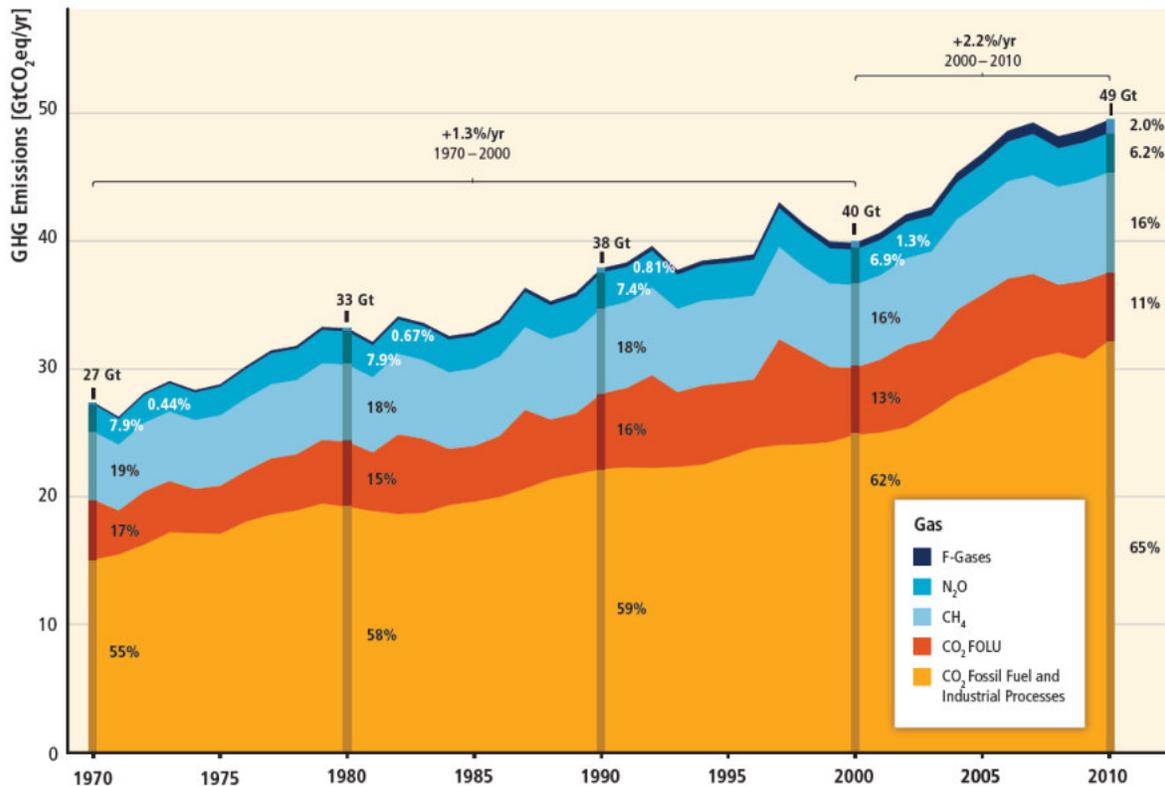


Abbildung 10: Anthropogener jährlicher Gesamtausstoß der wichtigsten Treibhausgase im Zeitraum von 1970 bis 2010. (Edenhofer et al. 2014b).

Aus einer Analyse der Anteile von sieben unterschiedlichen Verursacher-Sektoren an der Freisetzung von Treibhausgasen (Abbildung 11) geht hervor, dass Energie und Industrie (36,8%), Verkehr (28,5%), Landwirtschaft (10,4%) und Gebäude (10,0%) die größten Emissionen verursachen (Anderl *et al.* 2016). Bei den Gebäuden waren die Mengen an freigesetztem CO<sub>2</sub> im Zeitraum zwischen 1990 und 2014 am stärksten rückläufig und beim Verkehr am stärksten zunehmend (Abbildung 11) (Anderl *et al.* 2016).

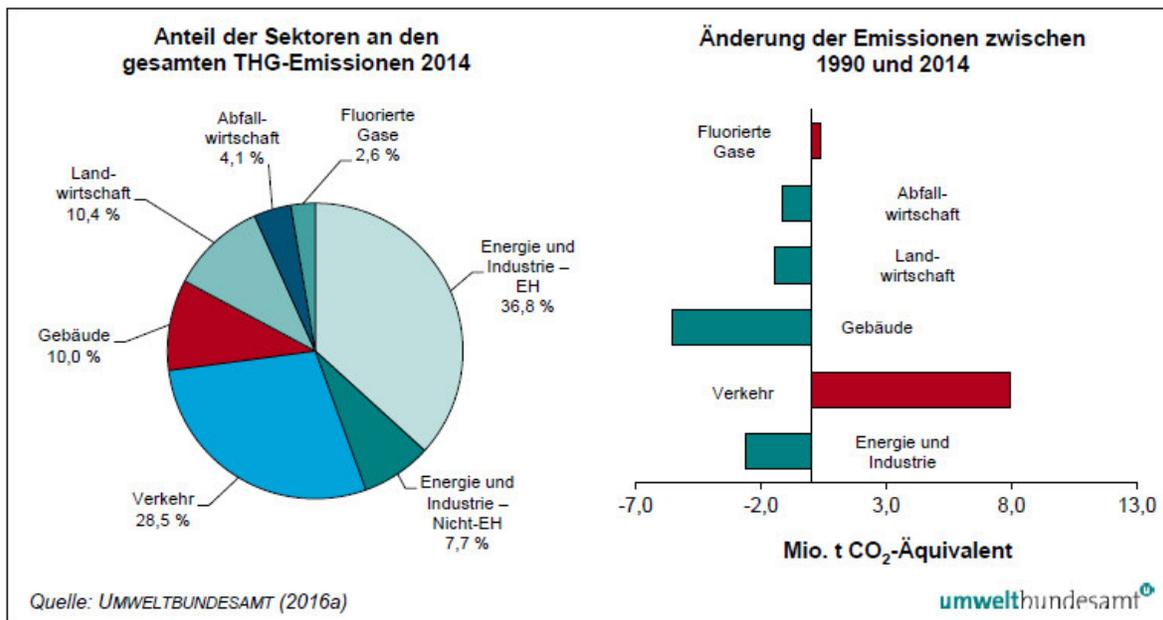


Abbildung 11: Verursacher der österreichischen Treibhausgas-Emissionen inkl. Emissionshandel im Jahr 2014. Rechts: Veränderung im Zeitraum 1990 bis 2014. (Anderl et al. 2016 mit Daten aus Pazdernik et al. 2016)

### 2.1.3 Folgen des Klimawandels

Die Folgen des weltweiten Klimawandels können regional sehr unterschiedlich ausfallen. Der Klimawandel birgt eine Vielzahl an Risiken. Folgende erdteilübergreifende Schlüsselrisiken sind jedenfalls zu erwarten (Edenhofer *et al.* 2014a):

1. Krankheiten und Zerstörung der Lebensgrundlagen durch Sturmfluten, Meeresspiegelanstieg, extreme Hitzewellen und Überflutungen an Küsten und im Hinterland.
2. Zusammenbruch existenzieller Infrastruktur durch extreme Wetterereignisse.
3. Nahrungsmittel- und Wasserknappheit, Verlust von landwirtschaftlichen Flächen, besonders in ärmeren Regionen.
4. Zerstörung von Ökosystemen und Abnahme der Biodiversität.

Auf europäischer Ebene unterteilt die European Environment Agency (EEA) den geographisch-europäischen Raum in sieben biogeografische Regionen (European Environment Agency 23.02.2017), für welche die in Abbildung 12 dargestellten beobachteten und pro-

jizierten Folgen des Klimawandels angegeben werden. Österreich kann demnach in eine kontinentale Region mit Zunahme von Hitzeextremen, Überflutungen und Bedarf an Kühlanlagen bzw. Abnahme von Sommerniederschlägen und Verlust wirtschaftlich wertvoller Waldflächen, sowie in eine Gebirgsregion mit überdurchschnittlich hohem Temperaturanstieg, Gletscherrückgang, Einbußen im Skitourismus und Zunahme von gravitativen Naturgefahren unterteilt werden (European Environment Agency 23.02.2017).



Abbildung 12: Beobachtete und projizierte Auswirkungen des Klimawandels auf die biogeografischen Regionen Europas. (European Environment Agency 23.02.2017)

Für Österreich gibt das Umweltbundesamt zehn Bereiche an, in welchen die Folgen des Klimawandels stark spürbar sein werden (Umweltbundesamt 09.01.2017a):

### Gesundheit:

Durch den Anstieg der Durchschnittstemperaturen verlängert sich die Vegetationsperiode, die Ausbreitung von Neophyten und Neozoen wird weiter zunehmen. Damit kommt es einerseits zur Ausbreitung von Tieren und Pflanzen mit allergener Wirkung, andererseits können sich mit „neuen“ Tierarten (z.B. Stechmücken, Zecken, Nagetiere) auch neue Krankheitserreger etablieren.

Der Abbau des stratosphärischen Ozons bedingt eine erhöhte UV-Strahlung an der Erdoberfläche, was zu einem erhöhten gesundheitlichen Risiko führt (z.B. Hauttumore, Schwächung des menschlichen Immunsystems).

Der Anstieg der Hitzetage (>30°C), sowie die höheren Temperaturen an Hitzetagen werden zu allgemeinen gesundheitlichen Belastungen führen (z.B. Herz- Kreislauferkrankungen, begünstigtes Wachstum von schädlichen Mikroorganismen in Nahrungsmitteln).

Großflächige Starkniederschläge und intensive lokale Niederschläge führen zu vermehrten Verletzungen und Todesfällen durch Überschwemmungen und Massenbewegungen, Schäden an kritischer Infrastruktur, Belastung durch vermehrten Schimmelpilzbefall, sowie bakteriologischer Verunreinigung von Trinkwasser.

Verletzungen und Todesfälle durch Wetterereignisse mit Starkwinden (Atlantische Stürme, lokale Gewitterstürme) nehmen zu.

(Umweltbundesamt 09.01.2017a)

### Bauen und Wohnen:

Der Temperaturanstieg bringt eine erhöhte thermische Belastung an Gebäuden mit sich, welche zu verstärkten Schäden an der Bausubstanz führen kann. Gesundheitliche Belastungen entstehen durch ein schlechteres Wohnraumklima im Allgemeinen, sowie einen erhöhten Kühlbedarf im Sommer.

Großflächige Starkniederschläge, intensive lokale Niederschläge, sowie die Veränderung der Schneekonsistenz zugunsten von schwerem Nassschnee verursachen Schäden an Gebäuden und Infrastruktur.

Außerdem droht eine Zunahme an Gebäudeschäden durch vermehrte Starkwindereignisse.

(Umweltbundesamt 09.01.2017a)

### Naturschutz und Biodiversität

Der Temperaturanstieg begünstigt wärmeliebende Arten und bedingt das Aussterben von Arten mit geringer Standorttoleranz. Durch die fehlende Möglichkeit zur Anpassung kommt es zu einer allgemeinen Gefährdung der Artenvielfalt. Außerdem drohen Hitzeschäden an Pflanzen, sowie eine Austrocknung von Feuchtgebieten und Mooren.

Durch die Zunahme von großflächigen Starkniederschlägen und intensiven lokalen Niederschlägen wird das Wanderverhalten von Amphibien, sowie das Reproduktionsverhalten der verschiedenen Arten beeinflusst.

(Umweltbundesamt 09.01.2017a)

### Energieversorgung

Steigende Temperaturen verursachen eine geringere Kraftwerkseffizienz, insbesondere im Sommer durch reduzierte Abflussmengen. Es kommt zu einem erhöhten Kühl-, und zu einem verringerten Heizbedarf. Durch den Gletscherrückgang sowie das Auftauen von Permafrostzonen entsteht ein erhöhter Anteil an Feinsediment in Fließgewässern, was die Funktion von Wasserkraftanlagen stark beeinträchtigen kann.

Häufigere und intensivere Stürme und Starkniederschläge führen zur Schädigung des Stromnetzes und Stromgewinnungsanlagen. Vermehrte Trockenperioden führen zu geringerer Stromproduktion bei Wasserkraftanlagen ohne Speicher, sowie zu Ertragsausfällen bei land- und forstwirtschaftlicher Biomasse.

(Umweltbundesamt 09.01.2017a)

### Forstwirtschaft

Durch die steigenden Durchschnittstemperaturen und die Zunahme von Hitzetagen ist mit Ertragsausfällen und Qualitätseinbußen, Waldbränden, einem Anstieg der Waldgrenze, sowie einer Gefährdung der Schutzfunktion der Wälder zu rechnen.

Die Zunahme von extremen Niederschlagsereignissen verursacht ebenfalls Ertragsausfälle und auch zusätzliche Schäden durch verstärkte Bodenerosion.

Häufigere, extreme Sturmereignisse werden starke Schäden durch Windwurf mit sich bringen.

(Umweltbundesamt 09.01.2017a)

### Landwirtschaft

Aufgrund steigender Durchschnittstemperaturen verlängert sich die Vegetationsperiode, was den Wachstumszyklus von Nutzpflanzen sowie deren Qualität verändern kann. Möglich sind auch Ertragssteigerungen, sofern eine ausreichende Wasserversorgung sichergestellt ist. Die Zunahme an Hitzetagen wird zu erhöhten Trocken- und Hitzeschäden an Nutzpflanzen führen, Ertragsausfälle und Qualitätseinbußen sind möglich. Negative Auswirkungen sind auch in der Nutztierhaltung zu befürchten.

Häufigere Extremniederschläge (mit und ohne Hagel) und eine zunehmende Niederschlagsvariabilität mit Trockenperioden werden ebenfalls verstärkt Ertragsausfälle und Qualitätseinbußen verursachen und die Gefahr von Bodenerosion erhöhen.

(Umweltbundesamt 09.01.2017a)

### Siedlungsraum und Städte

Die steigenden Durchschnittstemperaturen erhöhen den Wasser- und Pflegebedarf von Grünanlagen. Durch die Zunahme von Hitzetagen nimmt der Bedarf an Trink- und Brauchwasser zu, es kommt zunehmend zu gesundheitlichen Belastungen durch extrem hohe Temperaturen, aber auch durch die begünstigte Luftschadstoffbildung an Hitzetagen.

Häufigere, großflächige Starkniederschläge und lokale Niederschläge bringen vermehrt Überschwemmungen, Hagel und Massenbewegungen mit sich und verursachen Schäden an Gebäuden und Infrastruktur, Überlastung von Abwasserentsorgungssystemen und Raumnutzungskonflikte.

Die Zunahme an atlantischen Stürmen und Gewitterstürmen erhöht das Risiko von Schäden an Gebäuden, Infrastruktur und Energieanlagen im Siedlungsraum.

(Umweltbundesamt 09.01.2017a)

### Verkehrsinfrastruktur

Auch hier sind aufgrund steigender Temperaturen Hitzetage, extreme Niederschläge und starke Stürme und zunehmend Schäden in der Verkehrsinfrastruktur und Verkehrsbehinderungen zu erwarten. Genannt sei hier auch die Häufung von Frostschäden durch eine stärkere Temperaturvariabilität.

(Umweltbundesamt 09.01.2017a)

### Wasserwirtschaft

Die steigenden Durchschnittstemperaturen lassen auch die Wassertemperaturen steigen und verändern somit die Sauerstoffverhältnisse. Dies verursacht Artenverluste und Artenverschiebungen in Seen und beeinträchtigt die Trinkwasserqualität und die Qualität von Badeseen. Der Gletscherrückgang und das Tauen der Permafrostböden werden langfristig zu einem abnehmenden Abfluss im Frühjahr bzw. Sommer und zu einem vermehrten Feststoffeintrag, welcher vor allem für Wasserkraftanlagen problematisch ist, führen.

Durch vermehrt stattfindende Starkniederschläge ausgelöste Hochwasser und Massenbewegungen könnten zur Verunreinigung von Trinkwasser und Schäden an wasserbezogener Infrastruktur führen. Eine höhere Niederschlagsvariabilität und Trockenperioden bedeuten einen höheren Bewässerungsbedarf und möglicherweise auch Auswirkungen auf die Schifffahrt. (Umweltbundesamt 09.01.2017a)

## Tourismus

Da sich die vorliegende Arbeit auf die Anpassungsfähigkeit des Tourismus an die Folgen des Klimawandels bezieht, wird auf diesen Bereich etwas genauer eingegangen. Die vom Umweltbundesamt angegebenen Folgen sind in Tabelle 1 aufgelistet (Umweltbundesamt 09.01.2017a):

Klimaparameter	Möglicher Effekt	Mögliche Auswirkungen auf den Tourismus
Steigende Durchschnittstemperaturen		Verlagerung von Tourismusströmen
		Längere Sommersaison
		Kürzere Wintersaison
		Zunahme allergener Pflanzen und Tiere und auch Krankheitsüberträgern
	Anstieg der Wassertemperaturen	Zunahme der jährlichen Anzahl von Badetagen Beeinträchtigung der Wasserqualität von Badeseen und somit Einschränkungen im Badebetrieb von Badeseen
	Anstieg der Schneefallgrenze und Erhöhung des Regenanteils am winterlichen Niederschlag	Einschränkungen im Schibetrieb durch Schneemangel, Unwirtschaftlichkeit ganzer Schigebiete. Dies ist jedoch regional stark variabel.
	Beschneigungsmöglichkeiten eingeschränkt	Verkürzung der Wintersaison
Gletscherrückgang und Permafrosttau		Erhöhtes Risiko für Mensch und Infrastruktur durch Massenbewegungen
		Negative Veränderungen im Landschaftsbild
		Schwierige Erhaltbarkeit alpiner Wanderwege
Steigende Anzahl von Hitzetagen (>30°C) und höhere Maximaltemperaturen	Hohe Hitzebelastung in stark besiedelten Tourismusregionen	Verlagerung von Tourismusströmen
		Verstärkter Tourismus in kühleren und höhergelegenen Tourismusregionen
		Vermehrter Andrang in stadtnahe Erholungsräume
		Erhöhte Waldbrandgefahr
Großflächige extreme Niederschläge und lokale Starkniederschläge	Hochwässer, Überschwemmungen und Massenbewegungen	Höheres Risiko für TouristInnen und touristischer Infrastruktur
		Alpiner Wanderwege nur noch mit hohem Aufwand erhaltbar

*Tabelle 1: Auswirkungen des Klimawandels auf den Tourismus (Umweltbundesamt 09.01.2017a).*

Ein Beispiel zu regionalen, tourismusbezogenen Folgen des Klimawandels bietet der im Auftrag des oberösterreichischen Umweltlandesrates Rudi Anschöber und der Landes- und Tourismusorganisation Oberösterreich herausgegebene Forschungsbericht „Klimawandel und Tourismus“ in Oberösterreich (Formayer and Kromp-Kolb 2009). Während in den Ski-gebieten Westösterreichs derzeit von einem sicheren Schneedeckenaufbau ab einer Höhe von 1300 m ü. Adria, in den Skigebieten Südösterreichs teils erst ab einer Höhe von 1600 m ü. Adria gesprochen werden kann, fällt in den oberösterreichischen Bergen im Winter bereits ab einer Seehöhe von 1100 m 90% des Niederschlags in Form von Schnee (Formayer and Kromp-Kolb 2009) (Abbildung 13). Dies wird sich auch bei einer ange-

nommenen Temperaturänderung von +1 bis 2°C bis Mitte des 21. Jahrhunderts, ab welchem der Temperaturanstieg für einen sicheren Schneedeckenaufbau in den oberösterreichischen Mittelgebirgen zu stark sein wird, nur unwesentlich ändern (Formayer and Kromp-Kolb 2009).

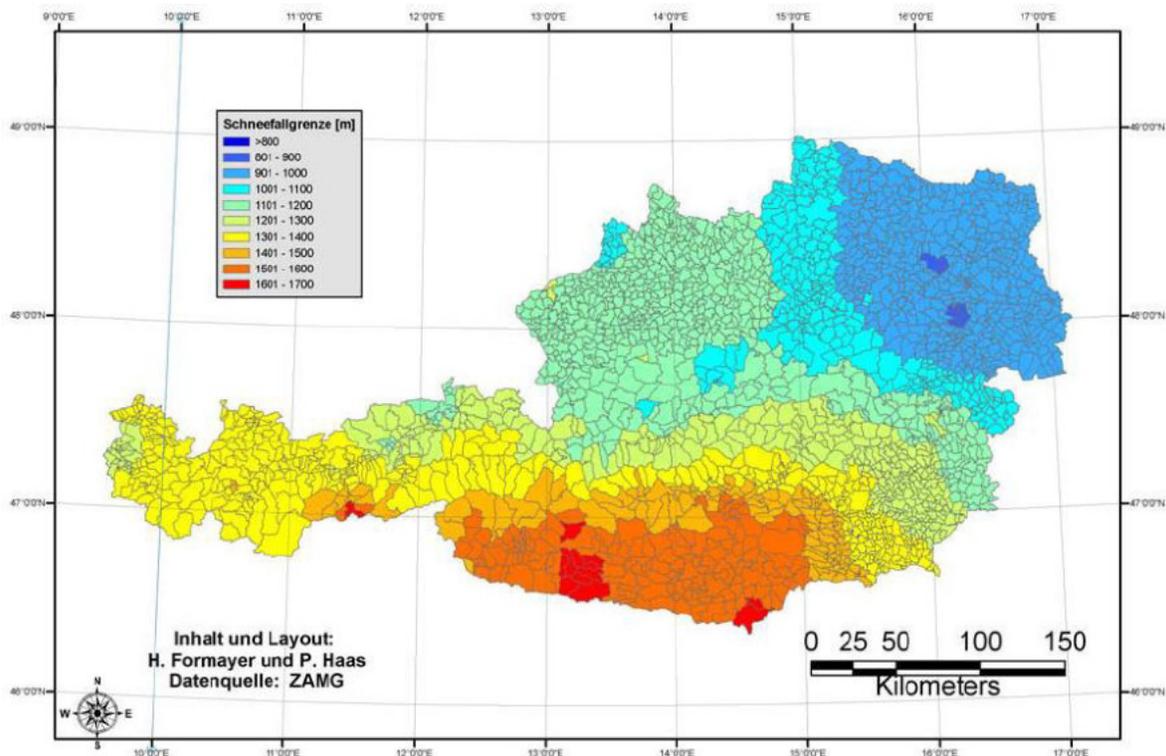


Abbildung 13: Höhenregionen, in welchen derzeit 90% des winterlichen Niederschlages in Form von Schnee fallen (Formayer and Kromp-Kolb 2009).

In der Tourismusregion „Inneres Salzkammergut“ spielen während der Sommersaison die Themen Wandern, Mountainbiken, Kultur, Wassersport und Radfahren die größten Rollen. Im Winter stellen Skifahren, Snowboarden, Langlaufen und Winterwandern die wichtigsten Zweige dar (Formayer and Kromp-Kolb 2009). Das Innere Salzkammergut wird in der Sommersaison touristisch durch höhere Temperaturen und stabilere Schönwetterlagen auch profitieren, da die Bedingungen für Outdoor-Sportarten insgesamt günstiger werden. Hinzu kommt eine Verlängerung der Sommersaison. Durch Gletscherschmelze und Auftauen von Permafrostböden ist jedoch mit einer größeren Gefährdung von Wanderwegen und anderer touristisch genutzter Infrastruktur durch Steinschlag und Muren zu rechnen (Formayer and

Kromp-Kolb 2009). In Hitzephasen werden die kühleren Gebirgsregionen intensiver genutzt werden. Seen, die sich derzeit nur sehr beschränkt zum Baden eignen, werden zukünftig bessere Bedingungen aufweisen (Formayer and Kromp-Kolb 2009). Für den Hallstättersee beispielsweise ist für das Jahr 2050 während der Badesaison ein Anstieg der mittleren Oberflächenwassertemperatur von derzeit 14,6°C auf 17,0°C errechnet worden (Dokulil M.T. 2009). Während der Wintersaison kann, bei künstlicher Beschneigung in Verbindung mit Niederschlagszunahmen, von einer Aufrechterhaltung des Pistenbetriebes für Wintersportarten bis Mitte des 21. Jahrhunderts ausgegangen werden, solange der Temperaturanstieg nicht über 1°C bis 2°C reicht (Formayer and Kromp-Kolb 2009). Bei einem weiteren Anstieg wird in Mittelgebirgslagen keine ausreichende Schneesicherheit für viele Wintersportarten mehr vorhanden sein. Als Alternative könnte jedoch Winterwandern an Attraktivität zulegen (Formayer and Kromp-Kolb 2009).

Die Ferienregionen Attersee, Traunsee, Mondseeland und Mondsee-Irrsee bilden gemeinsam die oberösterreichische Tourismusregion Seengebiet (Formayer and Kromp-Kolb 2009), welche wiederum dem Salzkammergut zuzuordnen ist. Die wichtigsten touristischen Themen stellen im Sommer Wassersport, Wandern, Radfahren, Kultur, Golf und Reiten, im Winter Kultur, Wintersport und Winterwandern dar. Der Badetourismus wird von steigenden Temperaturen und stabileren Schönwetterphasen im Sommer stark profitieren (Formayer and Kromp-Kolb 2009). Die mittleren Oberflächenwassertemperaturen während der Badesaison werden bis zum Jahr 2050 im Attersee von 18,8°C auf 21,0°C, im Traunsee von 16,4°C auf 19°C und im Mondsee von 19,5°C auf 22°C steigen (Dokulil M.T. 2009). Die Saison für Outdoor-Sportarten wird sich besonders in höheren Lagen deutlich verlängern, in tieferen Lagen wird deren Ausübung durch zunehmende Hitzephasen jedoch teilweise erschwert werden (Formayer and Kromp-Kolb 2009).

#### 2.1.4 Klimaszenarien

Um die Folgen des globalen Klimawandels beziffern und einschätzen zu können, werden weltweit einige Rechenzentren, in welchen unterschiedliche Klimamodelle erstellt werden, betrieben. Genannt seien an dieser Stelle das deutsche Klimarechenzentrum in Hamburg

mit dem ‚ECHAM‘-Modell, das englische Hadley Center in Exeter mit dem ‚HadCM‘-Modell und das kanadische Centre for Climate Modelling and Analysis in Victoria mit dem ‚CGCM‘-Modell (Schmidt *et al.* 2009). Die Basis für alle Klimamodelle wird von fundamentalen physikalischen Gesetzen, wie den newtonschen Axiomen (Trägheitsprinzip, Aktionsprinzip und Reaktionsprinzip), gebildet (Randall *et al.* 2007). Aus diesen wird durch physikalische Annäherung und mathematische Diskretisierung mit Hilfe von Hochleistungsrechnern die Grundlage für ein Klimamodell hergeleitet. Die Erdatmosphäre wird folglich in ein dreidimensionales Gitterraster übertragen. Jede Zelle dieses Rasters wird mit Eingangskomponenten ‚befüllt‘ und über die genannten physikalischen Grundgesetze mit ihren Nachbarzellen gekoppelt (Randall *et al.* 2007). Folgende Eingangskomponenten fließen in ein modernes Klimamodell ein (Randall *et al.* 2007):

- Atmosphärische Prozesse: Oberflächentemperaturen, UV-Strahlung, Luftfeuchtigkeit, Niederschlag, extratropische Stürme (Randall *et al.* 2007).
- Ozeanische Prozesse: Wassertemperatur, Salinität, Meeresströmungen (Randall *et al.* 2007).
- Terrestrische Prozesse: Hydrologie, Temperaturen und Luftströme an der Oberfläche (Randall *et al.* 2007).
- Kryosphärische Prozesse: Meereis, Inlandeis, Permafrost, Schneedecke (Randall *et al.* 2007).
- Anthropogene Prozesse: Aerosolmodellierung und chemische Atmosphärenzusammensetzung, Treibhausgasausstoß und -konzentration (Randall *et al.* 2007).

Natürlich ist es für die Modellierung zukünftiger Klimaszenarien von großer Bedeutung, wie weit Klimaschutzmaßnahmen regional und global umgesetzt werden, d.h. ob und in welchem Ausmaß menschliche Treibhausgasemissionen in Zukunft verringert werden können. Dazu wurden die ‚Representative Concentration Pathways‘ (RCP) entwickelt (Pachauri and Mayer 2015), welche für das 21. Jahrhundert vier Szenarien aus Treibhausgasemissionen und -konzentrationen, luftverschmutzenden Emissionen und Landnutzung beschreiben:

- RCP2.6: Strenge Klimaschutzmaßnahmen greifen. Es wird davon ausgegangen, dass die globale Erwärmung im 21. Jahrhundert unter 2°C über dem vorindustriellen Mittel bleibt. (Pachauri and Mayer 2015)
- RCP4.5: Mittlerer Erfolg von Klimaschutzmaßnahmen. (Pachauri and Mayer 2015)
- RCP6.0: Mittler bis schlechter Erfolg von Klimaschutzmaßnahmen. (Pachauri and Mayer 2015)
- RCP8.5: Kaum eine bis keine Umsetzung von Klimaszutzziele. (Pachauri and Mayer 2015)

Die prognostizierten Pfade der Emissionen der vier Treibhausgase  $\text{CO}_2$ ,  $\text{CH}_4$ ,  $\text{N}_2\text{O}$  und  $\text{SO}_2$  in den vier RCP-Szenarien sind in Abbildung 14 dargestellt (Pachauri and Mayer 2015). Während das RCP2.6-Szenario von einem generellen Rückgang des Treibhausgasausstoßes ausgeht, zeigt RCP8.5 einen Rückgang nur für  $\text{SO}_2$ , für die drei restlichen Gase jedoch einen deutlichen Anstieg.

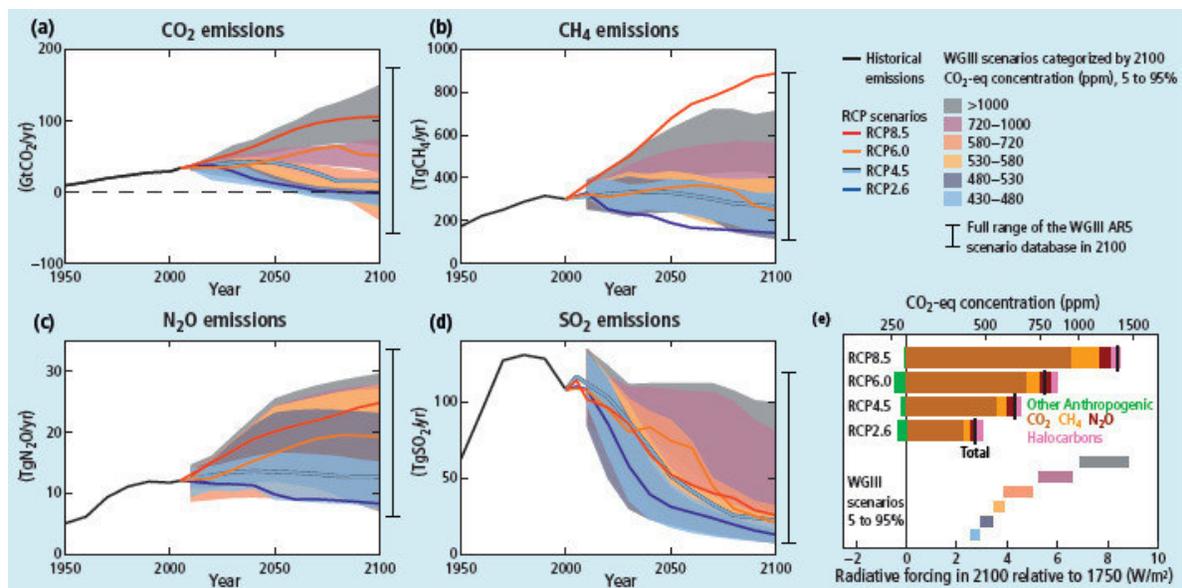


Abbildung 14: RCP-Szenario-Pfade für die Emissionen der Treibhausgase (a)  $\text{CO}_2$ , (b)  $\text{CH}_4$ , (c)  $\text{N}_2\text{O}$  und (d)  $\text{SO}_2$ . Rechts unten: Zunahme der Treibhausgase in den vier Szenarien in Relation zum präindustriellen Zeitalter vor 1750. (Pachauri and Mayer 2015).

In Österreich wurde von der Zentralanstalt für Meteorologie und Geodynamik (ZAMG), dem Wegener Center für Klima und Globalen Wandel der Universität Graz (WEGC) und dem Interfakultären Fachbereich für Geoinformatik – Z\_GIS der Paris Lodron Universität Salzburg gemeinsam das Projekt „ÖKS15 - Klimaszenarien für Österreich“ initiiert. Dabei wurden sowohl vergangene Klimadaten (1971-2000) analysiert und visualisiert als auch das zukünftige Klima in Österreich bis ins Jahr 2100 modelliert (Chimani *et al.* 2016).

Die im ÖKS15 verwendeten Klimadaten stammen aus sogenannten Flagship-Stationen (Universität Innsbruck, Kremsmünster, Sonnblick, Universität Graz und Hohe Warte Wien), welche fast vollständige Messreihen der Parameter Niederschlag, Lufttemperatur und Sonnenscheindauer der Jahre 1990 bis 2015 liefern. Mit diesen fast lückenlosen Zeitreihen konnten ältere, längere und lückenhafte Stationsdaten analysiert und ergänzt werden (Chimani *et al.* 2016).

Um das zukünftige und vergangene Klima räumlich analysieren und darstellen zu können, wurden im ÖKS15 die drei gitterten Datensätze (1) SPARTACUS (Spatiotemporal Reanalysis Dataset for Climate in Austria), (2) GPARD1 (Gridded Precipitation for Austria at Daily 1 km Resolution) und (3) STRAHLGRID (Global radiation and sunshine duration extracted from disturbance Dataset) verwendet (Chimani *et al.* 2016). Die Auflösung eines aufbereiteten Gittersatzes beträgt 1x1 km. SPARTACUS bildet mit bis in das Jahr 1961 zurückreichenden Daten die räumliche Verteilung der österreichweiten täglichen Lufttemperatur ab. GPARD1 liefert qualitätsgeprüfte Niederschlagsdaten aus 540 österreichischen Stationsmessreihen (tägliche Niederschlagsmessungen) der Jahre 1961 bis 2011 mit einer Vollständigkeit von 98% bis 100%. STRAHLGRID beinhaltet tägliche Daten von Sonnenscheindauer und einfallender kurzweiliger Strahlung für den Zeitraum zwischen den Jahren 1980 und 2012 (Chimani *et al.* 2016).

Die in ÖKS15 (Chimani *et al.* 2016) verwendeten Treibhausgasszenarien entsprechen den im fünften Sachstandsbericht des IPCC (Pachauri and Meyer 2015) publizierten RCP-Szenarios. Da Daten für RCP2.6 und RCP6.0 nicht in ausreichender Form vorhanden sind, wurden im ÖKS15-Projekt lediglich Simulationen im RCP4.5- und RCP8.5-Szenario durchgeführt (Chimani *et al.* 2016).

Zur regionalen Modellierung des Klimawandels in Österreich wurde im ÖKS15-Projekt mit EURO-CORDEX die neueste Generation von europäischen, regionalen Klimamodellen verwendet. Es wurden die folgenden in Abbildung 15 dargestellten Klimaprojektionen pro Treibhausgasszenario verwendet (Chimani *et al.* 2016):

GCM/RCM	ALADIN	ARPEGE	CCLM	HIRHAM5	PROMES	RACMO	RCA	RegCM	REMO	WRF	sum
ACCESS1-3											
CanESM2											
CCSM4											
CNRM-CM5	1	1	1				1				3
CSIRO-Mk3-6-											
EC-EARTH			1	1	1	1	1				3
GFDL-ESM2M											
HadGEM2-ES			1			1	1				3
IPSL-CM5A-MR							1			1	2
MIROC5			1								
MPI-ESM-LR			1				1		2	1	2
NorESM1-M											
sum	1		4	1		1	5			1	13

Abbildung 15: Im ÖKS15-Projekt verwendete Klimaprojektionen (Chimani et al. 2016).

Aus der ‚Klimaanalyse Österreich - Vergangenheit‘ sowie der ‚Klimaanalyse Österreich - Zukunft‘ wurden im Zuge des ÖKS15 Projekts Ergebnisse für folgende Indizes erarbeitet, wobei für Letztere die beiden Treibhausgasszenarien RCP4.5 und RCP8.5, jeweils für nahe (2021-2050) und ferne Zukunft (2071-2100) verwendet wurden (Chimani et al. 2016):

#### Temperatur „warm“

- tm (Mitteltemperatur): Mittlere Lufttemperatur.
- cdd (Kühlgradtagzahl): Die Summe der täglich gemessenen Unterschiede zwischen Raumlufthtemperatur (20°C) und der mittleren Außentemperatur an Tagen an denen die Tagesmitteltemperatur über 18,3°C liegt. Hieraus kann auf den Kühlbedarf geschlossen werden.
- su25, su30 (Sommertage, Hitzetage): Tage, an denen die Tageshöchsttemperatur 25°C bzw. 30°C übersteigt.

- hw\_sum\_days (Hitzeepisode): Die Summe der Tage, welche in mindestens 3 Tage dauernde Episoden fallen, in welchen die minimale Tagestemperatur über 18°C und die Tageshöchsttemperatur über 30°C liegt.
- kysely (Hitzebelastung): Eine mindestens 3-tägige Periode mit einer Tageshöchsttemperatur von über 30°C und einer gemittelten Höchsttemperatur von über 30°C (Kysely 2004).
- gsl, sd\_gsl (Vegetationsperiode): Die Vegetationsperiode beginnt, wenn an mindestens sechs aufeinanderfolgenden Tagen die mittlere Tagestemperatur von 5°C überstiegen wird und endet, wenn an mindestens sechs aufeinanderfolgenden Tagen die mittlere Tagestemperatur von 5°C unterschritten wird. sd\_gsl: Der mittlere Kalendertag, an welchem in einem Jahr die Vegetationsperiode beginnt.

(Chimani *et al.* 2016)

#### Temperatur „kalt“:

- hdd (Heizgradtagzahl, Oktober -April): Die Summe der täglich gemessenen Unterschiede zwischen Raumlufttemperatur (20°C) und der mittleren Außentemperatur an Tagen an denen die Tagesmitteltemperatur über 12,0°C liegt. Hieraus kann auf den Heizbedarf geschlossen werden.
- id0 (Eistage): Tage, an denen die Tageshöchsttemperatur unter 0°C liegt.
- fd0 (Frosttage): Tage, an denen die Tagestiefsttemperatur unter 0°C liegt.
- ftc (Frost-Tau-Wechseltage): Tage, an denen die Tageshöchsttemperatur über 0°C, die Tagestiefsttemperatur darunter liegt.

(Chimani *et al.* 2016)

#### Niederschlag:

- rr (Niederschlagsmenge): Mittlere Niederschlagssumme.
- rr1, rr1\_dry (Trockentage, Niederschlagstage): Tage, an denen die Niederschlagssumme mindestens 1mm erreicht bzw. Tage, an denen es keinen Niederschlag gibt.

- rx1day, rx5day (Maximale tägliche und 5-Tages Niederschlagsintensität): Größte Niederschlagssumme an einem Tag bzw. über einen zusammenhängenden Zeitraum von fünf Tagen.
- sdii (1-tägige Niederschlagsmenge): Mittlere Niederschlagssumme an Niederschlagstagen.
- r11\_classes (Niederschlagstage pro Niederschlagsklasse): Die Summe der Niederschlagstage, die in eine Niederschlagsklasse fallen.
- rsds (Globalstrahlung): Summe der an einem Tag von oben einfallenden, kurzwelligen Strahlungsenergie, gemessen am Boden.

(Chimani *et al.* 2016)

Für die in der Zukunft liegenden Klimaszenarien kann laut ÖKS15-Projekt (Chimani *et al.* 2016) zusammenfassend festgestellt werden, dass, unabhängig vom Szenario, die saisonalen und jährlichen mittleren Temperaturen steigen werden. Im Zeitbereich 2021-2050 (nahe Zukunft) ergibt der Anstieg der Jahresdurchschnittstemperatur in RCP4.5 +1,3°C, in RCP8.5 liegt er mit +1,4°C nur unwesentlich höher. Für die ferne Zukunft (2071-2100) liegen die Werte bei +2,3°C (RCP4.5) und +4,0°C (RCP8.5), womit die Differenz zwischen den beiden Szenarien also deutlich höher ausfällt. Jahreszeitlich ist, unabhängig vom Szenario und dem Betrachtungszeitraum, die mittlere Erwärmung im Winter am stärksten und im Frühling am schwächsten ausgeprägt (Chimani *et al.* 2016). Die Anzahl der jährlichen Sommer- und Hitzetage wird verbreitet zunehmen, wobei Lagen unterhalb von 1000 m ü. Adria am stärksten betroffen sein werden. In der fernen Zukunft ergibt RCP8.5 einen durchschnittlichen jährlichen Anstieg um 17,4 Hitzetage, am stärksten betroffen werden das Alpenvorland, das Klagenfurter Becken und das Flach- und Hügelland sein. Jahreszeitlich weitet sich das Vorkommen von Sommer- und Hitzetagen vom Sommer auf die Übergangsjahreszeiten aus (Chimani *et al.* 2016).

Die Anzahl der jährlichen Frosttage nimmt mit -20,5 (RCP4.5) und -24,5 (RCP8.5) Tagen bereits in naher Zukunft drastisch ab. In ferner Zukunft wird die Anzahl der Tage mit Tagestieftemperatur unter 0°C laut RCP8.5-Modell um 70 Tage, laut RCP4.5-Modell um 41,8

Tage abnehmen (Chimani *et al.* 2016). Die Abnahme der Eistage zeigt sich ähnlich deutlich. Die Abnahme liegt hier bei -12,6 (RCP4.5) bzw. -13,3 (RCP8.5) Tagen in naher Zukunft und bei -21,3 (RCP4.5) bzw. -33,7 (RCP8.5) Tagen in ferner Zukunft.

Das ÖKS15-Projekt zeigt nur im RCP8.5-Szenario eine signifikante Verlängerung der Vegetationsperiode in naher Zukunft. In ferner Zukunft ist die Dauer in beiden Szenarien deutlich erhöht.

Unterschiede in zukünftiger Niederschlagsmenge in Österreich sind räumlich und zeitlich als sehr unterschiedlich zu erwarten (Chimani *et al.* 2016). Ganz Österreich ist erst in ferner Zukunft betroffen, die deutlichsten Änderungen zeigen sich in beiden Szenarien entlang des Alpenhauptkammes, im Hochland nördlich der Donau und besonders im Umland von Linz. Jahreszeitlich werden die Änderungen mit Zunahmen der Niederschlagsmengen vor allem den Frühling im nördlichen Alpenvorland und den nördlichen Kalkalpen und auch den Winter, vor allem in Nordostösterreich, treffen. Im Sommer sind keine deutlichen Änderungen zu erwarten (Chimani *et al.* 2016). Die maximalen Tagesniederschläge werden erst in ferner Zukunft flächendeckend stärker zulegen, die deutlichste Änderung betrifft im Winter weite Teile Nord- und Ostösterreichs (Chimani *et al.* 2016).

Insgesamt zeigt das OKS15-Projekt sehr deutlich, wie stark sich das zukünftige Klima durch den menschlichen Einfluss verändern wird. Auch die Bedeutung der Durchsetzung von Klimaschutzzielen wird sichtbar, da die Änderungen in ferner Zukunft im RCP8.5-Szenario ungefähr doppelt so stark ausfallen, als im Szenario RCP4.5 (Chimani *et al.* 2016).

## 2.2 Klimawandelanpassung

Mit Klimawandelanpassung

„sind alle Vorkehrungen gemeint, die dazu beitragen, dass Umwelt und Gesellschaft gut mit den veränderten Bedingungen umgehen können. Ziel der Anpassung ist es, mögliche Schäden von vornherein zu vermeiden und Chancen bestmöglich zu nutzen.“ (Höller 2016:5)

Der IPCC definiert sie als

„die Anpassung von natürlichen oder menschlichen Systemen als Reaktion auf bestehende oder zukünftige klimatische Impulse oder deren Auswirkungen, welche Schäden begrenzt oder sich förderlicher Möglichkeiten bedient.“ (Parry *et al.* 2007:869)

Die Möglichkeiten zur Anpassung sind wiederum stark von der Verwundbarkeit, „Vulnerabilität“ einer Region in Bezug auf die Folgen des Klimawandels abhängig. Die Vulnerabilität wird vom IPCC beschrieben als

„das Ausmaß der Anfälligkeit eines Systems auf die nachteiligen Auswirkungen des Klimawandels, Klimavariabilität und Extreme eingeschlossen, und das Ausmaß der Unfähigkeit diese zu beherrschen. Vulnerabilität ist weiters eine Funktion der Art, des Ausmaßes und der Geschwindigkeit des Klimawandels und der Schwankungen, welchen ein System ausgesetzt ist, sowie der Empfindlichkeit und Anpassungsfähigkeit dieses Systems.“ (Parry *et al.* 2007:883)

Davon ausgehend, dass der bereits stattfindende Klimawandel nur mehr verlangsamt und abgeschwächt, nicht aber gestoppt werden kann, nehmen Maßnahmen zur Anpassung an die Folgen des Klimawandels neben dem aktiven Klimaschutz in der internationalen und nationalen Klimapolitik vielfach eine immer wichtigere Position ein (Haas *et al.* 2008).

### 2.2.1 International

Auf internationaler Ebene betreibt die Klimarahmenkonvention (United Nation Framework Convention on Climate Change, UNFCCC) Klimapolitik mit den primären Zielen Klimaschutz und Klimawandelanpassung (Umweltbundesamt 04.11.2017). Besonderer Wert wird auch auf Bewusstseinsbildung und Information von Bevölkerung und politischen Entscheidungsträgerinnen und Entscheidungsträgern gelegt. Hier seien das Buenos Aires Programme, das Nairobi Work Programme und der Bali Action Plan genannt. Im Kyoto-Protokoll wurde festgelegt, dass alle vertraglich gebundenen Staaten auf zumindest nationaler Ebene Strategien zur Anpassung an die Folgen des Klimawandels zu erarbeiten haben (United Nations Framework Convention on Climate Change 1997). Das im Dezember 2015 beschlossene Pariser Abkommen (United Nations Framework Convention on Climate Change 2015) hebt die Bedeutung der Klimawandelanpassung weiter hervor. Als internationale Ziele wurden (1) die Stärkung der Widerstandskraft gegen die Folgen des Klimawandels, (2) die Herabsetzung der Vulnerabilität auf die Auswirkungen des Klimawandels und (3) die Erhöhung

der Fähigkeit zur Anpassung an die Auswirkungen des Klimawandels festgelegt (Umweltbundesamt 04.11.2017). Auch das Pariser Abkommen legt fest, dass die Vertragsstaaten nationale bzw. regionale Anpassungsstrategien erarbeiten und auch in Berichten dokumentieren müssen (United Nations Framework Convention on Climate Change 2015).

### 2.2.2 Europa

Auf europäischer Ebene wurde im Jahr 2005 die Working Group II „Impacts and Adaptation“ gegründet, um im Rahmen des europäischen Klimaschutzprogrammes Strategien zur Klimawandelanpassung zu erarbeiten (Umweltbundesamt 05.11.2017).

Im Jahr 2007 wurden in einem Grünbuch zur Anpassung an den Klimawandel in Europa (Kommission der Europäischen Gemeinschaften 29.06.2007) erste Optionen für Maßnahmen der Europäischen Union aufgezeigt. Diese werden in vier Pfeiler untergliedert: (1) Frühzeitiges Handeln der EU, (2) Einbeziehung der Anpassungserfordernisse in außenpolitische Maßnahmen der EU, (3) Verringerung der Unsicherheit durch Erweiterung der Wissensgrundlage durch integrierte Klimaforschung und (4) Einbeziehung der europäischen Gesellschaft, der europäischen Wirtschaft und des europäischen öffentlichen Sektors in die Entwicklung koordinierter und umfassender Anpassungsstrategien. Im April 2013 folgte die „Strategie der EU zur Anpassung an den Klimawandel“ (European Commission 2013). Diese umfasst drei Ziele:

- Förderung von Maßnahmen durch EU-Mitgliedsstaaten: Im Wesentlichen will die Europäische Union die Anpassungsstrategien ihrer Mitglieder durch Bereitstellung von Orientierungshilfen und Fördergeldern vorantreiben. Städte sollen durch freiwillige Verpflichtungserklärungen im Konvent der Bürgermeister unterstützt werden. (European Commission 2013)
- Die Förderung einer effizienteren Entscheidungsfindung: Wissenslücken sollen geschlossen, Informationsmaterial bereitgestellt werden. Weiterentwicklung der europäischen Plattform „Climate ADAPT“ zur Klimawandelanpassung und Konzentration allen Informationsmaterials auf diese Plattform. (European Commission 2013)

- Förderung der Anpassungen in besonders verwundbaren Sektoren: Insbesondere Landwirtschaft, Fischerei und Kohäsionspolitik und europäische Infrastruktur. Förderung von Versicherungen, welche die Risiken von Naturkatastrophen und anthropogenen Katastrophen decken. (European Commission 2013)

Die Umsetzung dieser drei Ziele der europäischen Strategie basiert auf einem acht Punkte umfassenden Aktionsplan (European Commission 2013). Der Stand der Umsetzung durch die Mitgliedstaaten des Europäischen Wirtschaftsraumes (EWR) und der Türkei im November 2017 ist auf Abbildung 16 dargestellt. Bereits 28 Staaten haben eine nationale Strategie entwickelt, ein Aktionsplan liegt von 18 Staaten vor.

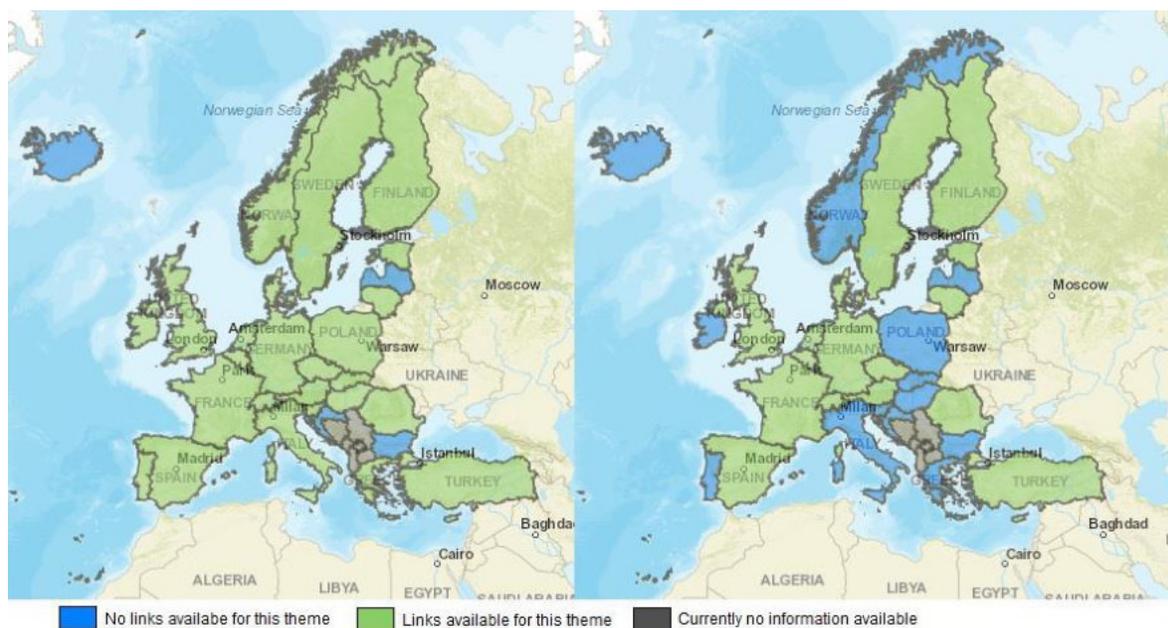


Abbildung 16: Links: grün: Staaten mit nationaler Strategie zur Anpassung an den Klimawandel. Rechts: grün: Staaten mit Aktionsplan zur Klimawandelanpassung. (European Commission 05.11.2017).

### 2.2.3 Österreich

Die österreichische Strategie zur Anpassung an den Klimawandel wurde am 23. Oktober 2012 vom Ministerrat beschlossen und am 16. Mai 2013 von der Landeshauptleutekonfe-

renz zur Kenntnis genommen (Kronberger-Kießwetter *et al.* 2012a). Die möglichen Arten zur Anpassung werden grob in drei Kategorien unterteilt (European Commission 2009):

- „graue“ Maßnahmen, welche ausschließlich durch technische Eingriffe getroffen werden.
- „grüne“ Maßnahmen, welche zu Erhalt und Optimierung der natürlichen Funktion von Ökosystemen führen sollen, was wiederum zur Verminderung der Klimafolgen führen soll.
- „smarte“ Maßnahmen, welche hauptsächlich auf Wissenszuwachs und Bewusstseinsbildung abzielen.

In der österreichischen Strategie wurden unter Zusammenarbeit einer Vielzahl an Expertinnen und Experten konkrete Handlungsempfehlungen für die 14 Aktivitätsfelder (1) Landwirtschaft, (2) Forstwirtschaft, (3) Wasserhaushalt und Wasserwirtschaft, (4) Tourismus, (5) Energie mit Fokus Elektrizitätswirtschaft, (6) Bauen und Wohnen, (7) Schutz vor Naturgefahren, (8) Katastrophenmanagement, (9) Gesundheit, (10) Ökosysteme/Biodiversität, (11) Verkehrsinfrastruktur und ausgewählte Aspekte der Mobilität, (12) Raumordnung, (13) Wirtschaft/Industrie/Handel und (14) Stadt – urbane Frei- und Grünräume entwickelt (Kronberger-Kießwetter *et al.* 2012a).

Da die gegenständliche Arbeit die Anpassungsfähigkeit der Region Salzkammergut im touristischen Kontext behandelt, wird auf dieses Aktivitätsfeld und folglich auch auf die Strategien der drei das Salzkammergut beinhaltenden Bundesländer, Oberösterreich, Steiermark und Salzburg, genauer eingegangen.

Das Aktivitätsfeld Tourismus wird in der österreichischen Strategie als vom Klimawandel – in positiver und negativer Hinsicht – stark betroffener Bereich mit Überlappungen zu den Aktivitätsfeldern Landwirtschaft, Forstwirtschaft, Energie, Ökosysteme/Biodiversität, Schutz vor Naturgefahren und Raumordnung angegeben. Neben allgemeinen Handlungsprinzipien wie der Planung von „No-regret-Strategien“ bei von den prognostizierten Szenarien abweichenden Bedingungen, Bevorzugung von Maßnahmen, die sich auch auf überlappende Aktivitätsfelder positiv auswirken, Differenzierung von Strategien, Bereitstellung von Wissen oder Ausstiegsszenarien für Regionen, die im Tourismus zukünftig nicht mehr

genügend Wertschöpfung erzielen können, werden folgende (in Abbildung 17 zusammenfassend dargestellte) drei Handlungsempfehlungen abgegeben (Kronberger-Kießwetter *et al.* 2012b):

- Miteinbeziehung der Folgen des Klimawandels in Tourismusstrategien: Den Tourismusregionen soll dadurch eine Arbeitsbasis gegeben werden, mit welcher so effektiv und flexibel wie möglich auf die Veränderungen des Klimas und dessen Folgen eingegangen werden kann. Prinzipiell liegt die Kompetenz für Tourismusagenden in Österreich bei den Bundesländern. Beispiele: Entwicklung von Alternativen zum Wintersport und von saisonal unabhängigen Angeboten, Förderung nachhaltiger Entwicklung im Tourismus, terminliche Streuung der Ferienzeiten.
- Entwicklung klimaschonender Anpassungsmaßnahmen auf Basis der Tourismusstrategien: Es muss sichergestellt sein, dass die Anpassungsmaßnahmen keinen negativen Einfluss auf den Klimaschutz haben. Beispiele: Hoher Ressourcenverbrauch durch technische Beschneidung oder aufwendige Wellnesseinrichtungen.
- Ausarbeitung, Bereitstellung und Optimierung regionaler Daten als Hilfe zur Entscheidungsfindung für Anpassungsmaßnahmen: Unter Verwendung von regionalen Klimaszenarien soll die Vulnerabilität von Tourismusregionen analysiert werden. Dazu sollen neben meteorologischen Daten auch touristische und regionalökonomische Grundlagen verwendet werden. Beispiele hierfür sind die Auswirkung von klimawandelbedingten Veränderungen auf das Verhalten von Touristinnen und Touristen bzw. die Auswirkungen auf den Schutzgebietstourismus und auf den alpinen Sommertourismus.

Nr.	Titel	Ziel	HandlungsträgerInnen
3.4.4.1	Berücksichtigung von Klimawandel in den Tourismusstrategien	Vertiefung der strategischen Überlegungen zum Thema Klimawandel und Tourismus als Rahmenbedingung für die Implementierung von Anpassungsmaßnahmen	Bundesländer; Bund, Akteurinnen/Akteure wie z. B. Mobilitätsanbieter, internationale Akteurinnen/Akteure usw. Ferner ist eine starke Vernetzung zwischen den unterschiedlichen Verwaltungsebenen (vertikal) und zwischen den Aktivitätsfeldern (horizontal) anzustreben.
3.4.4.2	Entwicklung von klimaschonenden Anpassungsmaßnahmen auf Basis der Tourismusstrategien	Verstärkte Bedachtnahme auf Anpassungsmaßnahmen, die bestmöglich zur Senkung der Treibhausgasemissionen beitragen und einen Mehrwert für den Betrieb darstellen	Bund, Bundesländer, Regionen, Gemeinden, lokale Tourismusverbände, Städte- und Gemeindebund, Interessenvertretungen, einzelne Wirtschaftstreibende, Beratungseinrichtungen/-leistungen, Incoming & Outgoing Branche, Netzwerke (z. B. RegioNext (Stmk.) oder Planungsverband (Tirol)).
3.4.4.3	Ausarbeitung, Bereitstellung und Verbesserung regionaler Daten als Entscheidungsgrundlage für Anpassungsmaßnahmen	Minimierung bestehender Unsicherheiten und Erstellung robuster Entscheidungsgrundlagen mit Hilfe von regional bezogenen Datengrundlagen, speziell durch die Integration von regionalen Klimawandelszenarien	Alpine Vereine, Destinationen Hinsichtlich der Schaffung von neuen Datengrundlagen (z. B. regionalen Klimaszenarien, Informationen zu neuen Angeboten) sind sowohl der Bund als auch die Bundesländer gefordert.

Abbildung 17: Österreichische Handlungsempfehlungen für das Aktivitätsfeld Tourismus. (Kronberger-Kießwetter *et al.* 2012a)

Mittlerweile (Stand September 2017) liegen in den Bundesländern Oberösterreich (2013), Salzburg (2017), Steiermark (2015) und Vorarlberg (2016) Strategien zur Anpassung an den Klimawandel vor (Umweltbundesamt 30.10.2017) (Abbildung 18). Tirol verfügt über eine integrierte Anpassungs- und Klimaschutzstrategie. Wien und Niederösterreich haben ihre Anpassungsmaßnahmen in bestehende Klimaschutzprogramme integriert, im Burgenland erfolgte die Integration direkt in andere Fachbereiche. Kärntens Anpassungsstrategie ist in Ausarbeitung (Umweltbundesamt 30.10.2017).



Abbildung 18 : Bundesländer-Aktivitäten zur Klimawandelanpassung (Umweltbundesamt 30.10.2017)

### 2.2.3.1 Oberösterreich

Die oberösterreichische Strategie zur Klimawandelanpassung wurde im Jahr 2013 als erste der drei Bundesländer mit Salzkammergut-Anteil veröffentlicht. Neben den Anpassungsmaßnahmen in den Sektoren Land- und Forstwirtschaft, Naturschutz, Gesundheit, Verkehr, Gebäude, Katastrophenmanagement und Versicherungswesen, Energie und Wasserwirtschaft wird auch der Sektor Tourismus behandelt. Hier werden dem Sommertourismus die besten Möglichkeiten eingeräumt, sich nicht nur an die Folgen des Klimawandels anpassen zu können, sondern zum Teil auch von diesen zu profitieren. Neben der durch die Temperaturerhöhung verlängerten Saison mit häufigeren stabilen Schönwetterphasen und allgemein günstigeren Bedingungen für Outdoor-Sportarten werden zunehmende extreme Hitzepha-

sen in Südeuropa den oberösterreichischen Tourismusdestinationen ebenfalls zugutekommen (Amt der oberösterreichischen Landesregierung 2013). Eine repräsentative Umfrage ergab, dass nach einer Abfolge von mehreren extrem heißen Sommern im Mittelmeerraum 30% der österreichischen Strand- und Badeurlauberinnen und Strand- und Badeurlauber in ihrem Urlaub auf österreichische Badeseen ausweichen würden, jede und jeder Sechste würde auf eine andere Urlaubsart (z.B.: Wanderurlaub) umsteigen (Fleischhacker *et al.* 2009).

Durch den steigenden Anteil an Regen am winterlichen Niederschlag wird eine geschlossene Schneedecke vor allem im oberösterreichischen Flachland immer seltener werden (Fleischhacker *et al.* 2009). Solange der Temperaturanstieg  $+2^{\circ}\text{C}$  nicht übersteigt, wird oberhalb von 1100 m ü. Adria der Niederschlag in Oberösterreich als Schnee fallen. Die technische Anpassungsmaßnahme künstliche Beschneigung kann das Problem, das durch weitere Erwärmung entsteht, nur kurzfristig lösen, da sie durch Energieverknappung und Klimaschutzmaßnahmen eingedämmt werden wird (Amt der oberösterreichischen Landesregierung 2013). Mittel- und langfristig werden für die einzelnen Schigebiete jedoch individuelle, zukunftsfähige und kreative Lösungen gefunden werden (Amt der oberösterreichischen Landesregierung 2013). Durch die Möglichkeit der technischen Beschneigung kann sicherlich wertvolle Zeit zur Erarbeitung dieser Lösungen gewonnen werden (Amt der oberösterreichischen Landesregierung 2013).

Das bedeutendste Problem für den oberösterreichischen Geschäfts-, Kultur- und Städtetourismus wird sich durch die Zunahme von Hitzephasen im Sommer ergeben. Dem kann durch stadtplanerische Maßnahmen wie Kühlung durch Grünanlagen (z.B. der Schaffung von schattigen Bereichen) entgegengewirkt werden (Amt der oberösterreichischen Landesregierung 2013). Die unmittelbar nach einem Hitzetag erfolgte Befragung von Touristinnen und Touristen in Wien ergab, dass Maßnahmen zur Anpassung vor allem in den Bereichen Information, Begrünung und Weiterbildung von Touristikerinnen und Touristikern erforderlich sind (Allex *et al.* 2011). Die gute Qualität des Trinkwassers in oberösterreichischen Städten kann im touristischen Marketing positiv verwendet werden (Amt der oberösterreichischen Landesregierung 2013).

Während der Gesundheits- und Wellnesstourismus durch die prognostizierte Zunahme von winterlichem Niederschlag profitieren wird, stellt das zunehmend heiße Sommerwetter zukünftig ein Problem dar. Als Anpassungsmaßnahme gewinnt die Erarbeitung eines attraktiven Zusatzangebotes für den Sommer in dieser Sparte klar an Bedeutung (Amt der oberösterreichischen Landesregierung 2013).

Sportliche Aktivitäten, welche eher warme Temperaturen erfordern, können durch die Temperaturerwärmung über einen längeren jährlichen Zeitraum ausgeübt werden (Amt der oberösterreichischen Landesregierung 2013). Hitzephasen in tieferen Regionen können deren Ausübung jedoch auch erschweren oder verhindern. Vor allem Wandergebiete und Seen Oberösterreichs, welche hauptsächlich Wandertourismus, Mountainbiking, Radfahren und Wassersport vermarkten, werden von der Erwärmung profitieren. Die Bedeutung von Naherholungsgebieten wird durch die Verteuerung fossiler Energie zusätzlich zunehmen (Amt der oberösterreichischen Landesregierung 2013).

#### 2.2.3.2 Steiermark

Die Strategie zur Anpassung an die Folgen des Klimawandels des Bundeslandes Steiermark wurde im September 2015 veröffentlicht (Gössinger-Wieser *et al.* 2015). Neben den Bereichen (1) Wasserhaushalt und -wirtschaft, (2) Energieversorgung, (3) Katastrophenschutz, (4) Raumplanung und urbane Räume, (5) Bauen und Wohnen, (6) Verkehrsinfrastruktur, (7) Landwirtschaft, (8) Forstwirtschaft, (9) Naturschutz und Biodiversität, (10) Wirtschaft, (12) Gesundheit und Soziales und (13) Bildung und globale Verantwortung wurde auch der Bereich (11) Tourismus behandelt (Gössinger-Wieser *et al.* 2015). Die Studie gibt als Chancen, welche sich aus dem Klimawandel ergeben, längere Wärmeperioden, neue Freizeitangebote, die Rückkehr der Sommerfrische in die kühleren Regionen, die Verlängerung der Badesaison und die Nutzung der Steiermark als Ersatz für die durch Hitzephasen getroffenen südlichen Regionen Europas an (Gössinger-Wieser *et al.* 2015). Risiken stellen neben dem zu erwartenden Schneemangel die Zunahme von Naturgefahren im Alpenraum, die Zunahme von Wetterextremen, Einschränkungen in der künstlichen Beschneigung und eine Beeinträchtigung der Wasserqualität von Badeseen durch steigende Temperaturen dar

(Gössinger-Wieser *et al.* 2015). Durch Anpassung sollen die positiven klimawandelbedingten Folgen durch neue Angebote genutzt und Wintersportangebote nachhaltig und vorausschauend geplant werden. Touristische Infrastruktur soll an die neuen klimatischen Bedingungen angepasst und somit geschützt und erhalten werden (Gössinger-Wieser *et al.* 2015). Die vorgeschlagenen Maßnahmen zur Anpassung an die Folgen des Klimawandels werden sehr detailliert und konkret angegeben:

- Berücksichtigung von Klimawandel in den Tourismusstrategien: Dies soll umgesetzt werden, indem die steiermärkischen Tourismusstrategien hinsichtlich Klimawandelanpassung begleitend evaluiert und gegebenenfalls angepasst werden. (Gössinger-Wieser *et al.* 2015)
- Weiterer Ausbau und Schaffung von Angeboten für den Ganzjahrestourismus: Dies soll durch die Verbesserung von schnee- und wetterunabhängigen Angeboten, zusätzliche Angebote in den Früh- und Nebensaisonen, die verstärkte Ansprache von jungen Menschen, der Förderung von nachhaltig-ökologischem Tourismus und einer Schwerpunktsetzung auf die Vielfalt der Region Steiermark erreicht werden. (Gössinger-Wieser *et al.* 2015)
- Schutz der Infrastruktur im Alpentourismus: Die Umsetzung soll durch Sicherungsmaßnahmen an Wanderwegen und sonstiger alpintouristischer Infrastruktur und deren regelmäßiger Kontrolle, die Erhaltung von Schutzwald, Fördergelder, sowie Information und Sensibilisierung erfolgen. (Gössinger-Wieser *et al.* 2015)
- Weiterer Ausbau des Städtetourismus mit Fokus auf Graz: Dazu sollen die Tourismusangebote von Graz und den Regionen gemeinsam beworben werden, sowie für die steirischen Tourismusregionen gemeinsame Angebote geschaffen werden. (Gössinger-Wieser *et al.* 2015)
- Bereitstellung regionaler Klimaszenarien als Entscheidungsgrundlage: Schritte zur Umsetzung sind die Erstellung wichtiger Grundlagenstudien und deren Eingliederung in die Tourismusstrategien, sowie die Kopplung der Tourismusakteurinnen und -akteuren mit den steirischen Forschungseinrichtungen. (Gössinger-Wieser *et al.* 2015)
- Bewusstseinsbildung und Beratung: Informationsmaterialien und Handlungsempfehlungen sollen gemeinsam mit Aus- und Weiterbildungsangeboten den Tourismusver-

antwortlichen zur Verfügung gestellt werden. Zusätzliche Information soll über die Medien erfolgen. (Gössinger-Wieser *et al.* 2015)

- Förderschienen anpassen, um Maßnahmen zur Anpassung an den Klimawandel zu erleichtern: Zur Umsetzung sollen bestehende Fördermodelle analysiert und an die durch den Klimawandel entstehenden Bedürfnisse angepasst werden. Gegebenenfalls müssen Förderschienen komplett neugestaltet werden. (Gössinger-Wieser *et al.* 2015)

### 2.2.3.3 Salzburg

Die Salzburger Strategie zur Anpassung an die Folgen des Klimawandels wurde im Mai 2017 veröffentlicht (Sperka *et al.* 2017). Anpassungsmöglichkeiten wurden neben den Aktivitätsfeldern (1) Bauen und Wohnen, (2) Energie, (3) Forstwirtschaft, (4) Gesundheit, (5) Katastrophenmanagement, (6) Landwirtschaft, (7) Ökosysteme und Biodiversität, (8) Raumordnung, (9) Schutz vor Naturgefahren, (10) Stadt, (12) Verkehrsinfrastruktur, (13) Wasserhaushalt und Wasserwirtschaft, (14) Wirtschaft, Industrie und Handel auch im Aktivitätsfeld (11) Tourismus vorgestellt (Sperka *et al.* 2017). Als priorisierte Klimafolgen werden für diesen die Veränderung des Urlaubsverhaltens, die Abnahme der natürlichen Schneesicherheit und der steigende Bedarf an technischer Beschneigung angegeben (Sperka *et al.* 2017).

Als umgesetzte bzw. bereits laufende Maßnahmen wird für den Tourismus das Ziel, Salzburg als Ganzjahres-Tourismusregion vermarkten zu können, angegeben (Sperka *et al.* 2017). Dazu sollen die Zwischensaisonen durch die Umsetzung regionaler Infrastrukturprojekte attraktiver gemacht werden, sowie das Sommerangebot verstärkt beworben werden. Technische Beschneigung ist eine ebenfalls bereits laufende Maßnahme zur kurz- bis mittelfristigen Sicherung des Wintersporttourismus (Sperka *et al.* 2017). Geplante Maßnahmen werden dazu in der Salzburger Strategie nicht angegeben. Aufgrund der zu erwartenden weiteren Abnahme der natürlichen Schneesicherheit wird empfohlen, die Entwicklung von Strategien zur Angleichung der wirtschaftlichen Bedeutung des Sommertourismus an den Wintertourismus zu forcieren (Sperka *et al.* 2017).

### **2.3 Der Tourismusbegriff und die Bedeutung der Wirtschaftssparte Tourismus in Österreich im Kontext des Klimawandels**

In dieser Arbeit wird die Anpassungsfähigkeit an die Folgen des Klimawandels im Aktivitätsfeld ‚Tourismus‘ (vgl. Kronberger-Kießwetter *et al.* 2012a) untersucht. Die Definition des Wortes ‚Tourismus‘ variiert dabei häufig. Zitiert sei hier die Definition Freyers (Freyer 2006:1):

„Tourismus oder Fremdenverkehr umfasst den nationalen und internationalen Reiseverkehr, d.h. Verkehr von Reisenden (oder Touristen) zwischen Heimatort und Reiseziel, den vorübergehenden Aufenthalt (Orts-)Fremder am Reiseziel sowie die Organisation der Reisevorbereitung und Reisenachbereitung am Heimatort.“

In Österreich bildet der Tourismus (Sparte „Tourismus und Freizeitwirtschaft“) eine wichtige Wirtschaftssparte, welche acht Fachverbände umfasst. Die wichtigsten Fachverbände sind die der Gastronomie und der Hotellerie, welche im Jahr 2007 rund 77% aller Mitarbeiter der gesamten Sparte beschäftigten (Wallner *et al.* 2008). Im Jahr 2016 gehörten 19,5% aller privaten Unternehmen (ausgenommen Landwirtschaft) der Sparte an, das sind 60.887 Unternehmen mit 265.170 unselbstständig Beschäftigten (Oschischnig and Hauth 2017) (Abbildung 19).

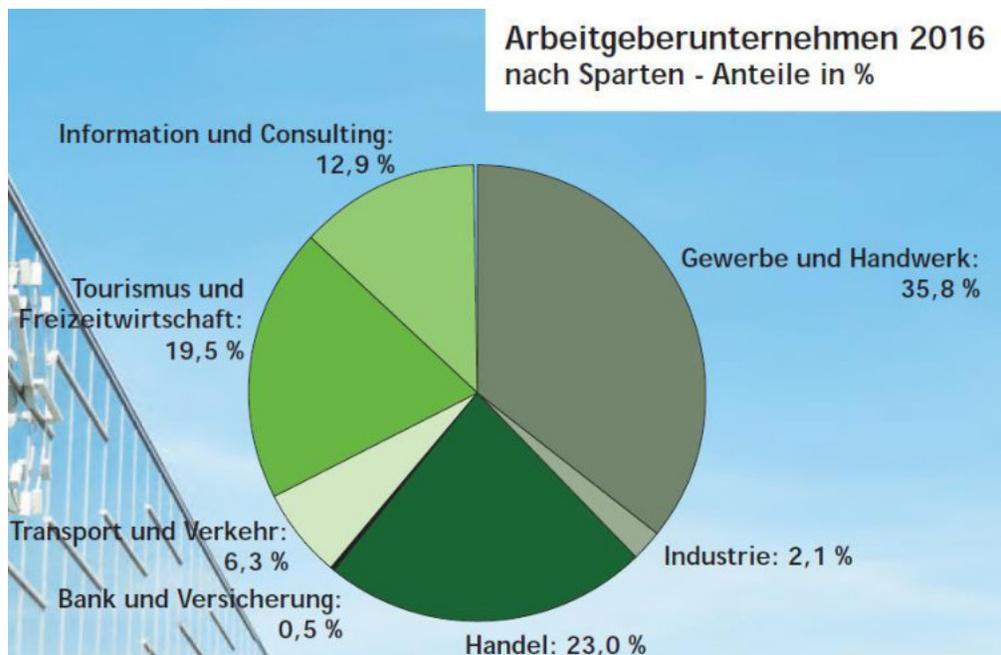


Abbildung 19 : Anteile der Wirtschaftssparten Österreichs (ohne Landwirtschaft) 2016. (Oschisch-nig and Hauth 2017)

### 3 Methodik

#### 3.1 Untersuchungsgebiet: Das Salzkammergut

Das als Untersuchungsgebiet ausgewählte, im Zentrum Österreichs gelegene Salzkammergut ist ein Landschafts- und historischer Kulturraum (Salzkammergut Tourismus GmbH 16.04.2013), dessen ursprüngliche Grenze ab dem 12. Jahrhundert lediglich die ca. 788 km<sup>2</sup> große Salinendomäne Wildenstein bei Bad Ischl umfasste (Geuter 1913). Der Begriff „Salz-Kammergut“ ist erstmals im 15. Jahrhundert nachweisbar, als unter Kaiser Maximilian I. und folglich Ferdinand I. die Verstaatlichung des Salzwesens erfolgte (Jeschke 2006). Im 17. Jahrhundert kam durch den Zusammenschluss mit der Salinendomäne Ort das Gebiet um Gmunden hinzu (Geuter 1913). (Branky 1925) setzte das ursprüngliche, engere Salzkammergut dem Einzugsgebiet der Traun gleich, welches eine Fläche von 4276,2 km<sup>2</sup> umfasst. Im 19. Jahrhundert erfolgte die Auflösung des „Salzwirtschaftsstaats“ durch Beendigung des Monopols und Privatisierung (Jeschke 2006).

Zu dieser Zeit entwickelte sich das Salzkammergut aufgrund seiner landschaftlichen Attraktivität zu einer Tourismusregion (Jeschke 2006). Bedeutende Gründe dafür sind die Eröffnung des Kurbetriebes in Bad Ischl im Jahr 1822 und die Ernennung zum kaiserlichen Kurort durch Kaiser Franz Josef im Jahr 1854 (Jeschke 2006). Im Jahr 1913 beschreibt (Geuter 1913) (Abbildung 20) die Grenzziehung folgendermaßen:

„Unter Salzkammergut versteht man den südwestlichen, von Gmunden bis zum Dachstein und vom Totengebirge bis zum Laufener Gebirge sich erstreckenden Teil des Kronlandes Oberösterreich, ein Gebiet von ungefähr 15 Quadratmeilen (800 qkm), das ganz zum Stromgebiet der Traun gehört und gegen 50.000 Bewohner zählt, sowie dem steirischen Bezirk Aussee. Die Stadt Salzburg aber mit ihrer Umgebung, sowie das Kronland Salzburg gehören nicht mehr zum Salzkammergut, noch weniger ist dies mit den bayrischen Gebieten von Berchtesgaden und Reichenhall der Fall.“ (Geuter 1913:5)



Abbildung 20: Touristische Karte des Salzkammergutes aus dem Jahr 1913 (Geuter 1913).

Geuter (1913) schließt den Salzburger Anteil am Salzkammergut also noch dezidiert aus. Durch den stetig zunehmenden Tourismus erhoben aber bald immer mehr Gemeinden den Anspruch als Salzkammergut-Gemeinden betrachtet zu werden, eine Erweiterung auf das Umland von Salzburg folgte. Im Jahr 2013 umfasste das Salzkammergut Gemeinden, welche zu 69% dem Bundesland Oberösterreich, zu 17% dem Bundesland Steiermark und zu 14% dem Bundesland Salzburg zuzuordnen waren (Salzkammergut Tourismus GmbH 16.04.2013). Seit dem Jahr 2002 vermarktet die Salzkammergut Tourismus-Marketing GmbH den Begriff ‚Salzkammergut‘ als Marke. Der Name darf nach dem Tourismusgesetz der Bundesländer Oberösterreich, Steiermark und Salzburg nur von 59 Gemeinden in Anspruch genommen werden (Salzkammergut Tourismus GmbH 16.04.2013). Die Salzkammergut Tourismus-Marketing GmbH unterscheidet folgende zehn Tourismusregionen (Salzkammergut Tourismus GmbH 16.04.2013), für welche sie als bundesländerübergreifende Holdingorganisation (Salzkammergut Tourismus GmbH 19.11.2017b) fungiert:

- Ausseerland - Salzkammergut
- Ferienregion Wolfgangsee
- Ferienregion Dachstein Salzkammergut
- Ferienregion Traunsee
- Ferienregion Attersee
- Ferienregion Bad Ischl
- MondSeeLand - Mondsee/Irrsee
- Urlaubsregion Fuschlsee
- Ferienregion Attergau
- Ferienregion Almtal

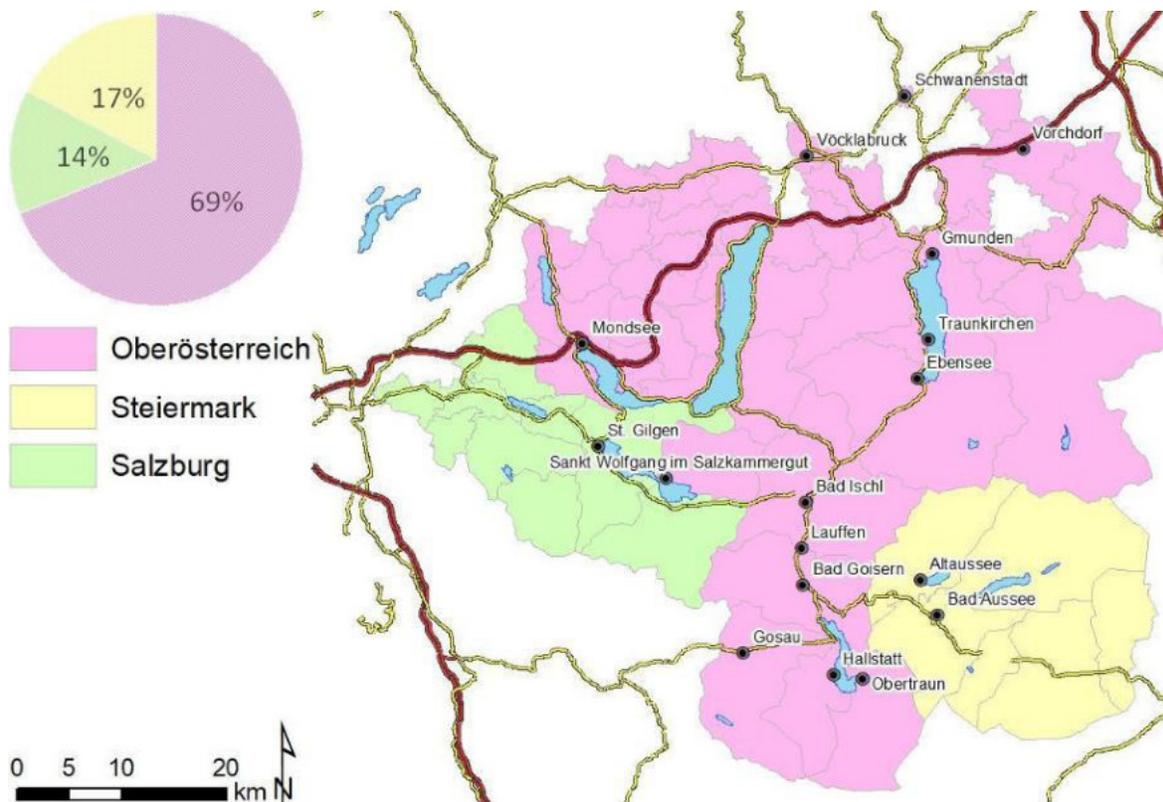


Abbildung 21: Gemeinden des Salzkammergutes (Stand 2013) und Anteil der Bundesländer an dessen Gesamtfläche (Daten aus (Salzkammergut Tourismus GmbH 16.04.2013).

Nimmt man die Daten der Salzkammergut-Tourismus-Marketing GmbH (Salzkammergut Tourismus GmbH 16.04.2013) als Grundlage, so sind die in Tabelle 2 nach Bundesländern sortierten und alphabetisch aufgelisteten 59 Gemeinden dem Salzkammergut zuzuordnen.

Die Salzkammergut-Tourismus-Marketing GmbH sieht ihre Aufgaben in der Destinationsentwicklung, im Consulting und in der strategischen Platzierung der Marke „Salzkammergut“ als ganzjährige Tourismusdestination (Salzkammergut Tourismus GmbH 19.11.2017b). Die ca. 164.500 Einwohner zählende Tourismusregion Salzkammergut umfasst aktuell 46 Orte und 67 Seen und rund 2.735 Beherbergungsbetriebe mit ca. 52.497 Betten (Salzkammergut Tourismus GmbH 19.11.2017b). Im Tourismusjahr 2015/16 wurden insgesamt 1.443.337 Ankünfte, von welchen 1.028.746 auf die Sommer- und 414.591 auf die Wintersaison fielen, sowie 4.697.586 Nächtigungen, von welchen 3.347.730 auf die Sommer- und 1.349.856 auf die Wintersaison fielen, ermittelt (Salzkammergut Tourismus

GmbH 19.11.2017b). Die durchschnittliche Aufenthaltsdauer betrug demnach 3,25 Tage. Rund 71% der Nächtigungen wurden in der Saison 2015/16 in der Sommer-, 29% in der Wintersaison verzeichnet. Im Tourismusjahr 2016 wurde im Vergleich zum Vorjahr eine Zunahme von 5,48% bei den Ankünften und eine Zunahme von 4,69% bei den Nächtigungen erreicht (Salzkammergut Tourismus GmbH 19.11.2017b).

Im Beobachtungszeitraum zwischen den Saisonen 1995/96 und 2015/16 sank die durchschnittliche Aufenthaltsdauer der Gäste von 5,04 Tagen auf 3,25 Tage. Die Zahl der Ankünfte pro Tourismusjahr stieg im gleichen Zeitraum jedoch deutlich von ca. 800.000 auf knapp 1.450.000 (Salzkammergut Tourismus GmbH 19.11.2017b). Auch bei den Nächtigungen ist ein positiver Trend erkennbar (+ 8% vom Kalenderjahr 2002 bis Ende 2016) (Salzkammergut Tourismus GmbH 19.11.2017b).

Gemeindename	Postleitzahl	Bundesland	Fläche [km <sup>2</sup> ]
Altmünster	4813	Oberösterreich	79,3
Attersee	4864		14,5
Aurach am Hongar	4861		24,7
Bad Goisern	4822		112,6
Bad Ischl	4820		162,9
Bad Wimsbach-Neudharting	4654		24,4
Berg im Attergau	4880		20,6
Ebensee	4802		194,4
Frankenmarkt	4890		18,5
Gampern	4851		26,3
Gmunden	4810		63,4
Gosau	4824		113,2
Grünau im Almtal	4645		230,2
Gschwandt	4816		16,9
Hallstatt	4830		59,2
Innerschwand	5310		18,9
Laakirchen	4663		32,5
Mondsee	5310		16,5
Nußdorf am Attersee	4865		27,4
Oberhofen am Irrsee	4894		21,1
Obertraun	4831		89,3
Oberwang	4882		38,9
Pettenbach	4643		54,8
Pinsdorf	4812		12,5
Regau	4844		33,8
Sankt Georgen im Attergau	4880		15,7
Sankt Konrad	4817		19,3
Sankt Lorenz	5310		23,4
Sankt Wolfgang im Salzkammergut	5360		57,0
Scharnstein	4644		47,9
Schörfling am Attersee	4861		23,1
Schwanenstadt	4690		2,5
Seewalchen am Attersee	4863		23,8
Steinbach am Attersee	4853	61,3	
Straß im Attergau	4881	30,9	
Tiefgraben	5310	38,2	
Traunkirchen	4801	18,4	
Unterach am Attersee	4866	26,0	
Vöcklabruck	4840	15,6	
Vöcklamarkt	4870	27,5	
Vorchdorf	4655	47,8	
Weißkirchen im Attergau	4890	26,6	
Weyregg am Attersee	4852	54,7	
Zell am Moos	4893	24,5	
Ebenau	5323	Salzburg	17,1
Faistenau	5324		50,9
Fuschl am See	5330		21,6
Hintersee	5324		47,4
Hof bei Salzburg	5322		19,9
Koppl	5020		20,9
Sankt Gilgen	5340		99,1
Strobl	5350		94,1
Thalgau	5303	48,2	
Altaussee	8992	Steiermark	92,4
Bad Aussee	8990		81,9
Bad Mitterndorf	8983		112,2
Grundlsee	8993		151,9
Pichl-Kainisch	8984		29,9
Tauplitz	8982	54,0	
Σ Flächen [km <sup>2</sup> ]			3032,0

Tabelle 2: Salzkammergut Gemeinden (Stand: 2013, (Salzkammergut Tourismus GmbH 16.04.2013)).

Für die dem Salzkammergut zuordenbaren Regionen ‚Inneres Salzkammergut‘ und ‚Seen- gebiet‘ wertet ein Forschungsbericht zum Klimawandel und Tourismus in Oberösterreich im Auftrag des OÖ Umweltlandesrat Rudi Anschöber und der Landes- Tourismusorganisation Oberösterreich (Formayer and Kromp-Kolb 2009) während der Sommersaison die Tourismusthemen (Reihung ohne Gewichtung) (1) Wandern, (2) Mountainbiking, (3) Kultur (Weltkulturerbe), (4) Wassersport, (5) Rad, (6) Golf und (7) Rei- ten als relevant. In der Wintersaison trifft dies auf (Reihung ohne Gewichtung) (1) Winter- sport, (2) Winterwandern und (3) Kultur zu (Formayer and Kromp-Kolb 2009). Die The- men ‚Kultur‘ und ‚Wandern‘ werden als Ganzjahresthemen angesehen.

Die Salzkammergut-Tourismus-Marketing GmbH gibt für die Sommersaison die Aktivitä- ten (Reihung ohne Gewichtung) (1) Bauernherbst (in den Bauernherbst-Orten Fuschl am See, Hof bei Salzburg, Faistenau und Thalgau), (2) Laufen, (3) Seenschiffahrt, (4) Glücks- plätze (Kultur- und Sakralplätze, Sagenplätze und Naturerlebnis-Plätze), (5) Outdoor Ad- venture (z.B. Wildwasser, Reiten, Klettern, Ballonfahren, Höhlentouren), (6) Seen- und Wassererlebnis, (7) Golfen, (8) Radfahren/Mountainbiken und (9) Wandern, für die Win- tersaison (Reihung ohne Gewichtung) (1) Advent und Brauchtum, (2) Langlaufen, (3) Win- ter Aktiv, (4) Fasching, (5) Skifahren und Snowboarden, (6) Salzkammergut Winterwärme, (7) Freeriden und (8) Skitouren als empfohlene Aktivitäten im Salzkammergut an (Salz- kammergut Tourismus GmbH 19.11.2017a). Ganzjährig werden (Reihung ohne Gewich- tung) (1) Ausflüge, (2) Heirat, (3) Familie, (4) Kulinarik, (5) Gesundheit und Wellness, sowie (6) Kultur und Brauchtum angegeben (Salzkammergut Tourismus GmbH 19.11.2017a).

Mit dem für die Tourismusregion so wichtigen Ganzjahresthema Kultur ist die Weltkultur- erbelandschaft ‚Hallstadt-Dachstein / Salzkammergut‘ von sehr großer Bedeutung. Jeschke (2006) nennt hier als zentrale Lokalitäten (1) Hallstatt mit dem Salzbergtal, der Ortschaft Salzberg, der Bergwerkssiedlung Hallstatt, Lahn und Gosauzwang (Gosäumühle), (2) Bad Goisern, (3) Gosau, (4) Obertraun, (5) Bad Aussee und auch (6) das bäuerliche Kulturerbe mit seinen Gehöften und Almwirtschaften. Weitere wichtige Salzorte mit kultureller Be- deutung sind Gmunden, Bad Ischl, Lauffen, Ebensee und Stadl-Paura (Jeschke 2006).

### 3.2 Das Geon-Konzept zur Diskretisierung komplexer räumlicher Phänomene

Der Begriff Geon wurde erstmalig im Jahr 1987 von I. Biedermann beschrieben (Biederman 1987), als sich dieser mit dem menschlichen Wahrnehmen und Erkennen von Bildern beschäftigte und dabei die recognition-by-components (RBC) Theorie entwickelte. Demnach wird ein Bild dabei zunächst entlang von stark ausgeprägten konkaven Grenzen in eine Anordnung aus einfachen geometrischen Komponenten segmentiert. Dies können z.B. Zylinder, Blöcke, Keile oder Kegel sein (Biederman 1987). Dann werden die Geone, („generalized-cone“) generalisierte Kegel-Komponenten, aus fünf Eigenschaften des Bildes hergeleitet: (1) Krümmung, (2) Symmetrie, (3) Kollinearität, (4) Parallelität und (5) Kotermination (Biederman 1987) Das menschliche Gehirn kann die auf einem Bild dargestellten Objekte nun identifizieren.

Das Prinzip kann auch in den Geografischen Informationswissenschaften angewandt werden, in welchen die Darstellung räumlicher Muster von großer Bedeutung ist (Lang *et al.* 2014). Hier werden Geone erstellt, indem durch Regionalisierung kontinuierliche räumliche Daten in diskrete Objekte transformiert werden (Lang *et al.* 2008). In (Lang *et al.* 2014) werden zwei Typen von Geonen beschrieben: Zusammengesetzte Geone („composite geons“) und integrierte Geone („integrated geons“).

#### 3.2.1 Zusammengesetzte Geone

Mit zusammengesetzten Geonen können funktionale Landnutzungsklassen dargestellt werden, welche vor allem in der Regionalplanung von großer Bedeutung sind (Tiede *et al.* 2010). Zur Erstellung von zusammengesetzten Geonen werden zunächst Satellitenaufnahmen in spektral homogene Bereiche zerlegt (Lang *et al.* 2014). Für diesen Segmentierungsprozess wird in der objektbasierten Bildanalyse (Blaschke 2010) maßgeblich das „multi-resolution segmentation“-Verfahren angewandt (Baatz and Schäpe 2000), in welchem Pixel (als „Bildobjekte“) schrittweise in immer größere Objekte zusammengefasst werden, indem die Ähnlichkeit benachbarter Bildobjekte erfasst wird (lokales Homogenitätskriterium) (Baatz and Schäpe 2000). Hierbei können neben Satellitenaufnahmen noch weitere räumliche Informationen, wie Artbestände in einem Gebiet oder ökologische Daten integriert

werden (Lang *et al.* 2014). Die zusammengesetzten Geone werden durch Klassenmodellierung erstellt. Dazu werden die Segmentierungs- und Klassifizierungsverfahren zu einem Prozesszyklus aneinandergereiht (Tiede *et al.* 2010). Abbildung 22 zeigt den Workflow zur Klassenmodellierung bei der Erstellung von zusammengesetzten Geonen, in diesem Fall zur Erkundung von Biotop-Komplexen (Lang *et al.* 2014).

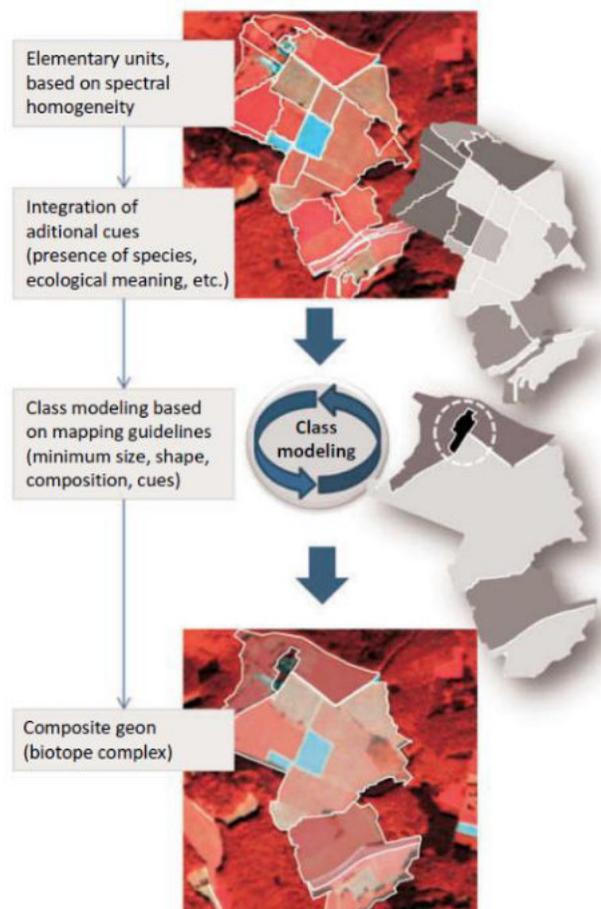


Abbildung 22: Workflow zur Erstellung von zusammengesetzten Geonen durch Klassenmodellierung am Beispiel von Biotop-Komplexen (Lang *et al.* 2014).

Eine Auswertung kann erfolgen, indem die zusammengesetzten Geone bezüglich ihrer Flächengrößen, Zusammensetzung, Kanteneigenschaften und äußerer Form untersucht und charakterisiert werden (Lang *et al.* 2014).

### 3.2.2 Integrierte Geone

Integrierte Geone sind zur Darstellung und Analyse von abstrakten politisch relevanten Themen geeignet, welchen kontinuierliche Geodaten zu Grunde liegen (Lang *et al.* 2014). Dadurch sind sie insbesondere für Verwundbarkeitsanalysen geeignet, wie dies (Kienberger *et al.* 2009) am Beispiel einer expertengestützten Modellierung der sozioökonomischen Vulnerabilität des Einzugsgebietes der Salzach in Bezug auf Hochwasserereignisse gezeigt wurde. Demnach weisen integrierte Geone zur Darstellung der Verwundbarkeit und damit einhergehend der Anpassungsfähigkeit an die Folgen des Klimawandels eine sehr gute Eignung auf, was im Rahmen dieser Masterthesis gezeigt werden soll.

Der Erstellung von integrierten Geonen liegt die Betrachtung von Indikatoren aus verschiedenen Fachbereichen zugrunde, welche durch Regionalisierung aggregiert werden und schließlich integrierte Konzepte, mit Eigenschaften wie sozioökonomische Verwundbarkeit (Kienberger *et al.* 2008), Lebensqualität (Keul *et al.* 2007), oder Umweltintegrität (Lang and Langanke 2004) darstellen (Lang *et al.* 2008).

In Lang *et al.* (2014) wird der Workflow zur Erstellung von integrierten Geonen in fünf-Schritte unterteilt:

- 1.) Definition eines hierarchischen Konzeptrahmens: Hier soll festgelegt werden, auf welchen Grundlagen das gefragte Phänomen bearbeitet werden soll. Dazu fließen Theorien aus verschiedenen wissenschaftlichen Fachbereichen ein (Lang *et al.* 2014).
- 2.) Auswahl der Indikatoren, Vorbereitung der Daten, statistische Analysen: Die Auswahl der Daten sollte auf Expertenwissen oder Auswertung wissenschaftlicher Literatur beruhen (Lang *et al.* 2014), die Indikatoren sollten aussagekräftig, legitim und glaubwürdig sein (Birkmann 2006; Moldan and Dahl 2007). Die Indikator-Daten sollten so vorbereitet werden, dass bereits in diesem Arbeitsschritt ein fertiger, statistisch fundierter Indikatorensatz vorliegt. Dazu gehören die Umwandlung in kontinuierliche Rasterdaten, falls notwendig die Transformation in relative Messgrößen und auch die Prüfung auf Multikollinearität. Hierzu gehört die Normalisierung der Daten (Lang *et al.* 2014), durch welche die Index-Werte der Rasterdaten in Wer-

tebereiche mit für alle Indikatoren gleich festgelegtem Maximum und Minimum (z.B.: 0-255) transformiert werden. Dadurch werden verschiedenste Datensätze miteinander vergleichbar gemacht (Kienberger *et al.* 2009).

- 3.) Regionalisierung durch Gewichtung und Aggregation der Indikatoren: Durch Regionalisierung erhalten die Geone Form und Größe. Regionalisiert wird

„der n-dimensionale Variablenraum, wobei n die Anzahl der Indikatoren ist.“ (Lang *et al.* 2014:220)

Der Index-Wert eines jeden Geons wird dabei durch die Magnitude des resultierenden Vektors berechnet (Vektormagnitude), Die durchschnittliche Größe und Form der so entstandenen Gesamtheit an Geonen repräsentieren die räumlichen Eigenschaften der verwendeten Indikatoren (Lang *et al.* 2014). Zur besseren Lesbarkeit der Ergebnisse sollten die Index-Werte erneut normalisiert werden (z.B. 0-1 = niedrig – hoch).

- 4.) Robustheits-/Sensitivitätsanalyse: Hier können beispielsweise die Auswirkungen unterschiedlicher Gewichtungsszenarios oder die Auswirkungen des Ausscheidens eines oder mehrerer Indikatoren analysiert werden (Kienberger *et al.* 2014).
- 5.) Auswertung der Ergebnisse: Es gibt verschiedene Möglichkeiten die Geone hinsichtlich ihrer Beschaffenheit und Zusammensetzung zu analysieren. Eine Möglichkeit bietet die Nutzung von Online-GIS-Portalen zur Charakterisierung der Index-Werte (Lang *et al.* 2014) wie in (Kienberger *et al.* 2013) und (Hagenlocher *et al.* 2014) gezeigt, indem der Anteil der Indikatoren an den einzelnen Geonen in Charts dargestellt werden. Eine weitere Möglichkeit bietet die red-green-blue (RGB) Visualisierung (Lang *et al.* 2014), durch welche die Hauptkomponenten der Geone sichtbar gemacht werden können. Diese Methode eignet sich vor allem, wenn latente Faktoren vermutet werden, oder sich die Geone aus nur wenigen Hauptindikatoren zusammensetzen (Lang *et al.* 2014). Über den Shannon-Index ‚SI‘ (Shannon and Weaver 1949) kann dargestellt werden, ob mehr oder weniger Indikatoren in die Zusammensetzung eines integrierten Geons Einfluss nehmen und wie stark sie dessen Eigenschaften beeinflussen (Lang *et al.* 2014).

### 3.3 Normalisierung

Um die unterschiedlichen Wertebereiche und Einheiten von Rasterdatensätzen vergleichbar machen zu können, muss eine Normalisierung der Index-Werte vorgenommen werden (Kienberger *et al.* 2009). Dazu werden Maximal- und Minimalwerte festgelegt (Kienberger *et al.* 2009) und gemäß der linearen Funktion

$$(Gl. 1) \quad v' = \frac{v - \min}{\max - \min} (\max_{norm} - \min_{norm}) + \min_{norm} \quad (\text{Kienberger et al. 2009})$$

wobei  $v'$  = normalisierter Indexwert,  $v$  = ursprünglicher Indexwert,  $\max$  = Maximum des ursprünglichen Wertebereiches,  $\min$  = Minimum des ursprünglichen Wertebereiches,  $\max_{norm}$  = Maximum des neuen Wertebereiches,  $\min_{norm}$  = Minimum des neuen Wertebereiches.

für jede Zelle der einzelnen Rasterdatensätze berechnet. Häufig wird hier ein Wertebereich zwischen 0 und 1 gewählt. In vorliegendem Fall soll jedoch, wie z.B. auch in Kienberger *et al.* (2009), das volle radiometrische Spektrum von Rasterdatensätzen genutzt werden, weshalb ein 8-bit-Wertebereich von 0 – 255 festgelegt wurde, wobei 0 für „negativ“ und 255 für „positiv“ hinsichtlich der Anpassungsfähigkeit an die Folgen des Klimawandels zu werten sind.

### 3.4 Regionalisierung

Durch den Regionalisierungsprozess sollen im Wesentlichen vier Ziele (Berry 1967) erreicht werden (Lang *et al.* 2014):

- Die in den multivariaten räumlichen Daten enthaltenen Informationen sollen organisiert, visualisiert und zusammengefasst werden (Long *et al.* 2010).
- Die Daten sollen so weit als möglich dimensionslos gemacht werden (Ng and Jia-wei Han 2002).
- Die Interpretierbarkeit und kartographische Darstellbarkeit soll verbessert werden, indem die Auswirkungen von Extremwerten und Ungenauigkeiten in den Daten vermindert werden (Lang *et al.* 2014).

- Durch Aggregation der ursprünglichen Einheiten in größere Flächen soll die Anfälligkeit auf Verfälschung des Gesamtbildes durch eine zu hohe Wiedergabegenauigkeit verringert werden (Blaschke and Strobl 2001; Wise *et al.* 2001).

Durch die Regionalisierung soll also räumliche und attributive Detailinformation gefiltert werden, welche in der Gesamtbetrachtung der Summe aller einfließenden Indikatoren einen Störfaktor darstellen würden (Hancock 1993).

Guo (2008) nennt vier unterschiedliche Gruppen von Regionalisierungsmethoden:

- Nicht-räumliches Clustering und räumliche Verarbeitung
- Nicht-räumliches Clustering mit räumlich gewichteter Unähnlichkeits-Messung
- Trial-and-Error-Verfahren
- Räumlich abhängiges Clustering und Partitionierung

Eine Möglichkeit zur Durchführung der Regionalisierung besteht beispielsweise unter Verwendung der Software „eCognition Developer 9“ von Trimble Inc.

Hier können im Trial-and-Error-Verfahren Multiresolution-Segmentierungen durchgeführt werden. Neben dem wichtigsten Parameter, dem „Scale-Parameter“, können dabei auch die Homogenitätskriterien „shape“ und „compactness“ verändert werden. Je höher der Wert für „Shape“ gesetzt wird, desto geringer ist der Einfluss der Farbwerte auf den Segmentierungsprozess. Je höher der Wert für „Compactness“, desto kompakter werden die resultierenden Patches.

Eine weitere Möglichkeit zur Regionalisierung in eCognition bietet das Tool „ESP 2 (Estimation of Scale Parameters 2“ (Drăguț *et al.* 2010). Die Regionalisierung mit ESP2 basiert auf der lokalen Varianz der Heterogenität von Objekten. Dabei werden Bildobjekte schrittweise in einer Bottom-Up-Hierarchie in verschiedenen Maßstabsebenen aufgebaut, für jeden Maßstab wird dabei die lokale Varianz berechnet (Drăguț *et al.* 2010).

## 4 Implementierung des Ansatzes

Die Umsetzung erfolgte nach den in den vorherigen Kapiteln gewonnenen Erkenntnissen in fünf Schritten, die in Abbildung 23 dargestellt sind. Dazu wurde das Konzept zur Erstellung von integrierten Geonen aus Lang *et al.* (2014) übernommen und den Erfordernissen des umzusetzenden Themas „Klimawandelanpassung“ entsprechend angepasst.



Abbildung 23: Workflow zur Erstellung der Geone zur Visualisierung der Anpassungsfähigkeit an die Folgen des Klimawandels (umgesetzt nach Lang *et al.* 2014).

## 4.1 Operationalisierung

Zur Erstellung eines konzeptuellen Rahmens wurde eine umfassende Literaturrecherche zu den Themen Klimawandel (Veränderungen, Ursachen, Folgen), Klimaszenarien und Klimawandelanpassung, zusammengefasst in Kapitel 2, durchgeführt, wobei den österreichischen Strategien zur Klimawandelanpassung die größte Bedeutung gegeben wurde. Die daraus gewonnenen Erkenntnisse wurden mit den in Kapitel 3.1 erörterten, für das Salzkammergut relevanten, Tourismusthemen kombiniert. Die im folgenden Abschnitt angeführten Indikatoren wurden hinsichtlich ihres Einflusses in Bezug auf die Anpassungsmöglichkeiten und die Folgen des Klimawandels ausgewählt.

## 4.2 Indikatorenauswahl und -bearbeitung

Nach der Auswahl eines gewünschten Indikators wurde zunächst recherchiert, ob geeignete Geodaten zum jeweiligen Thema erhältlich waren. Dazu wurden überwiegend Online-Geodatenportale durchsucht. Sämtliche verwendete Geodaten sind im Geodatenverzeichnis (S. xiv) aufgelistet und mit Informationen über deren Aktualität, Herkunft etc. versehen. Als nächster Schritt erfolgte, soweit notwendig, die Transformation in ein einheitliches Koordinatensystem. Für sämtliche Daten wurde dafür die von der Statistik Austria für regionalstatistische Rastereinheiten verwendete Projektion ETRS-LAEA (EPSG:3035) (Statistik Austria 03.07.2017) ausgewählt. Sämtliche Daten wurden, z.B. bei Vorlage von Linien-  
daten o. Ä., außerdem in kontinuierliche Rasterdaten umgewandelt. Als Zellengröße wurde dabei stets 10 x 10 m gewählt, die Rasterzellen wurden, wie in Lang und Csillik (2017) gezeigt, exakt am Rasterdatensatz „OGDEXT\_RASTER\_1\_STATISTIK\_AUSTRIA\_L000100\_LAEA“ ausgerichtet (Abbildung 24).

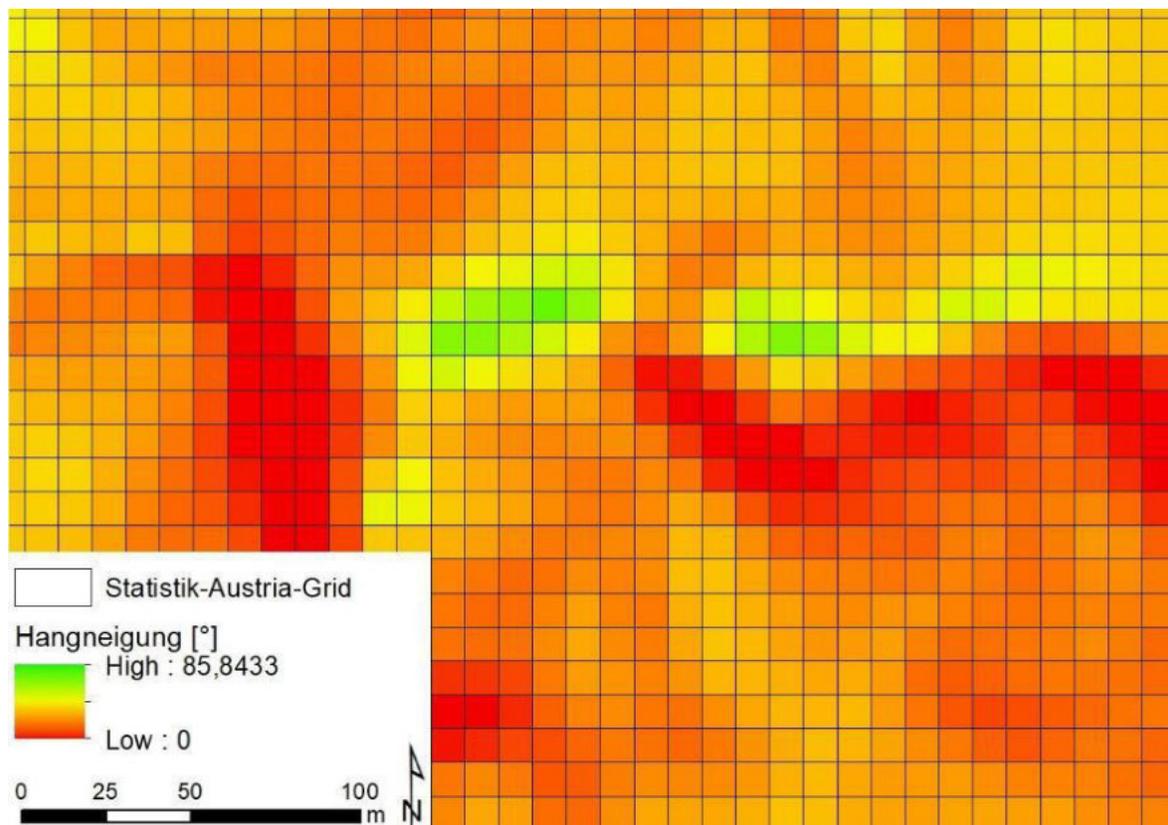


Abbildung 24: Ausrichtung der Daten am Statistik Austria Grid mit der Projektion ETRS-LAEA (EPSG:3035), Auflösung 10 x 10 m, am Beispiel des Indikators „Hangneigung“.

Als Rahmen der räumlichen Ausdehnung wurde zum Teil ein über die Grenzen des Salzkammergutes hinausgehendes rechteckiges Polygon (Ausdehnung ETRS-LAEA: oben 2798500 m; rechts 4644000 m; unten 2700600 m; links 4546100 m) mit 9584,41 km<sup>2</sup> Fläche verwendet (Abbildung 25). Diese erweiternde Arbeitsausdehnung ermöglichte, dass auch außerhalb der Grenzen des Salzkammergutes liegende Geobjekte, welche für den Tourismus im Salzkammergut von Bedeutung sind, bei Bedarf miteinbezogen werden konnten. Dabei kann es sich z. B. um einen Badensee handeln, der zwar nicht im Salzkammergut liegt, aufgrund seiner Nähe zu einer Salzkammergut-Gemeinde für diese jedoch großes touristisches Potenzial hat. Verwendet wurden ausschließlich Objekte, welche sich auf österreichischem Staatsgebiet befinden. Vor dem Arbeitsschritt der Normalisierung wurden die jeweiligen kontinuierlichen Rasterdaten der verschiedenen Indikatoren auf die festgelegte Grenze des Salzkammergutes (Abbildung 25) zugeschnitten.

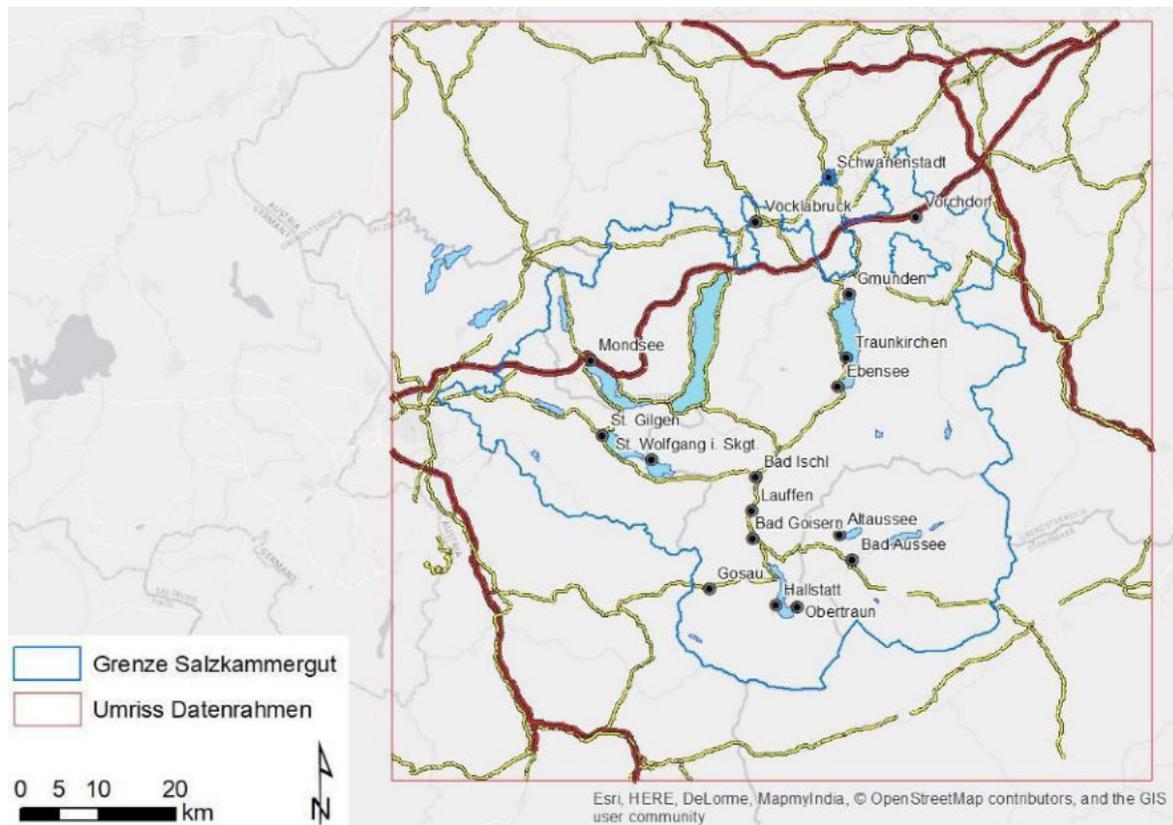


Abbildung 25: Rahmen der miteinbezogenen Geodaten und festgelegte Grenzen des Salzkammergutes. Grundkarte: World\_Light\_Gray\_Base.

Um die unterschiedlichen Wertebereiche und Einheiten der Rasterdatensätze vergleichbar machen zu können, wurde als nächster Schritt unter Verwendung von (Gl. 1 die Normalisierung der Index-Werte vorgenommen.

Im Folgenden werden die verwendeten Indikatoren angeführt und beschrieben:

#### 4.2.1 Badeseen

Nach einem Forschungsbericht zum Klimawandel und Tourismus in Oberösterreich im Auftrag des OÖ Umweltlandesrates Rudi Anschober und der Landes-Tourismusorganisation Oberösterreich (Formayer and Kromp-Kolb 2009), sowie den Angaben der Salzkammergut Tourismus GmbH (Salzkammergut Tourismus GmbH

19.11.2017a) sind die zahlreichen Badeseen des Salzkammergutes für die Region von großer touristischer Bedeutung.

Das Umweltbundesamt (Umweltbundesamt 09.01.2017a) und auch das Land Steiermark (Fleischhacker *et al.* 2009; Gössinger-Wieser *et al.* 2015) sehen für die österreichischen Badeseen sowohl positive als auch negative, durch den Klimawandel ausgelöste Folgen: Durch den generellen Anstieg wird die jährliche Anzahl an Badetagen zwar zunehmen, gleichzeitig ist jedoch auch eine Abnahme der Wasserqualität durch höhere Wassertemperaturen zu befürchten.

Seen, welche sich aufgrund zu tiefer Wassertemperaturen bisher nur bedingt zum Baden eignen, werden in Zukunft bessere Bedingungen aufweisen (Formayer and Kromp-Kolb 2009). Aus österreichischer Sicht ebenfalls positiv gesehen werden können die Zunahme von extremen Hitzephasen im Mittelmeerraum, da diese eine Verlagerung der (Bade-) Urlaubströme an österreichische Badeseen bedingen werden (Fleischhacker *et al.* 2009).

Da insgesamt also davon auszugehen ist, dass das Salzkammergut insbesondere im Zuge des Klimawandels stark von seinen Seen profitieren wird, wurden diese als Indikator zur Bestimmung der Anpassungsfähigkeit an die Folgen des Klimawandels ausgewählt. Da Seen, welche zur Zeit auch im Hochsommer meist eine zum Baden ungeeignet geringe Wassertemperatur aufweisen, wie bereits beschrieben, in Zukunft bessere Bedingungen aufweisen werden (Formayer and Kromp-Kolb 2009), wurden diese miteinbezogen.

Name	Bundesland	Fläche [km2]
Almsee	Oberösterreich	0,84
Attersee	Oberösterreich	46,17
Hallstätter See	Oberösterreich	8,15
Irrsee (Zeller See)	Oberösterreich	3,55
Mondsee	Oberösterreich	13,81
Offensee	Oberösterreich	0,54
Traunsee	Oberösterreich	24,38
Vorderer Gosausee	Oberösterreich	0,58
Fuschlsee	Salzburg	2,61
Grabensee	Salzburg	1,29
Hintersee	Salzburg	0,65
Mattsee	Salzburg	3,52
Obertrumersee	Salzburg	4,69
Wallersee	Salzburg	5,83
Wolfgangsee	Salzburg/Oberösterreich	12,95
Altausseeer See	Steiermark	2,04
Grundlsee	Steiermark	4,02
Ödensee	Steiermark	0,17
Toplitzsee	Steiermark	0,55

Tabelle 3: Indikator „Badeseen“: Ausgewählte Badeseen nach Bundesland, generiert aus den verwendeten Geodatenätzen.

Es wurden drei Geodatenätze (Polygone im Format SHP) der Länder Oberösterreich („Seen“), Steiermark („Seen und Teiche Steiermark“) und Salzburg („WIS\_Seen\_Shapefile“) in die Projektion ETRS-LAEA (EPSG:3035) transformiert, zusammengeführt und auf die Grenzen der erweiterten Arbeitsausdehnung (Abbildung 25) reduziert. In weiterer Folge wurden kleine und nicht relevante Gewässer aussortiert, woraus sich der in Tabelle 3 und Abbildung 26 ersichtliche Bestand an Badegewässern ergibt. Da die Region Salzkammergut von ihrer räumlichen Nähe zu den zahlreichen Seen profitieren wird, wurde diese als Vorgabe zur Berechnung der maßgeblichen Indexwerte bei der Erstellung eines Rasterdatensatzes herangezogen. Dazu wurde mit der Software „ArcGIS 10.2 for Desktop“ von ESRI Inc. ein euklidisches Entfernungsraster (Environmental Systems Research Institute, Inc. 21.04.2016a) berechnet, wobei für jede Zelle die Distanz zwischen deren Mittelpunkt und dem nächsten Badesees-Polygon als Indexwert ermittelt wurde (Abbildung 26).

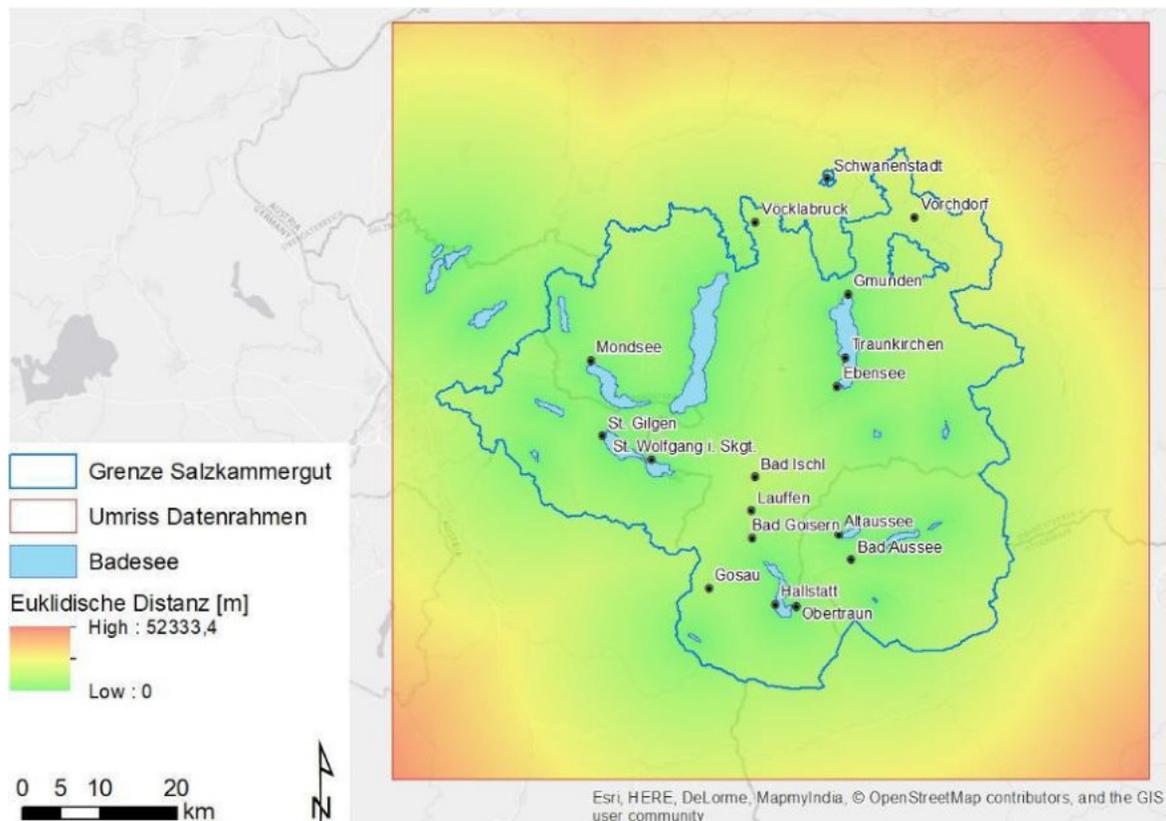


Abbildung 26: Indikator „Badeseen“. Miteinbezogene Seen und euklidische Distanzoberfläche (Distanz zu den Badeseen). Grundkarte: World\_Light\_Gray\_Base.

Als nächster Schritt wurde der Rasterdatensatz auf die Grenze des Salzkammergutes zugeschnitten. Die maximale Entfernung einer Rasterzelle zu einem Badensee beträgt innerhalb des Salzkammergutes demnach rund 21 km. Bevor die Normalisierung gemäß (Gl. 1) vorgenommen wurde, mussten die Distanzen invertiert werden, da ja die größte Entfernung auf 0 („negativ“) normalisiert werden sollte und die unmittelbar an Seen grenzenden Bereiche Indexwerte nahe 255 erhalten sollten. Das Ergebnis der Normalisierung ist in Abbildung 27 dargestellt und zeigt den fertiggestellten Indikator „Badeseen“.

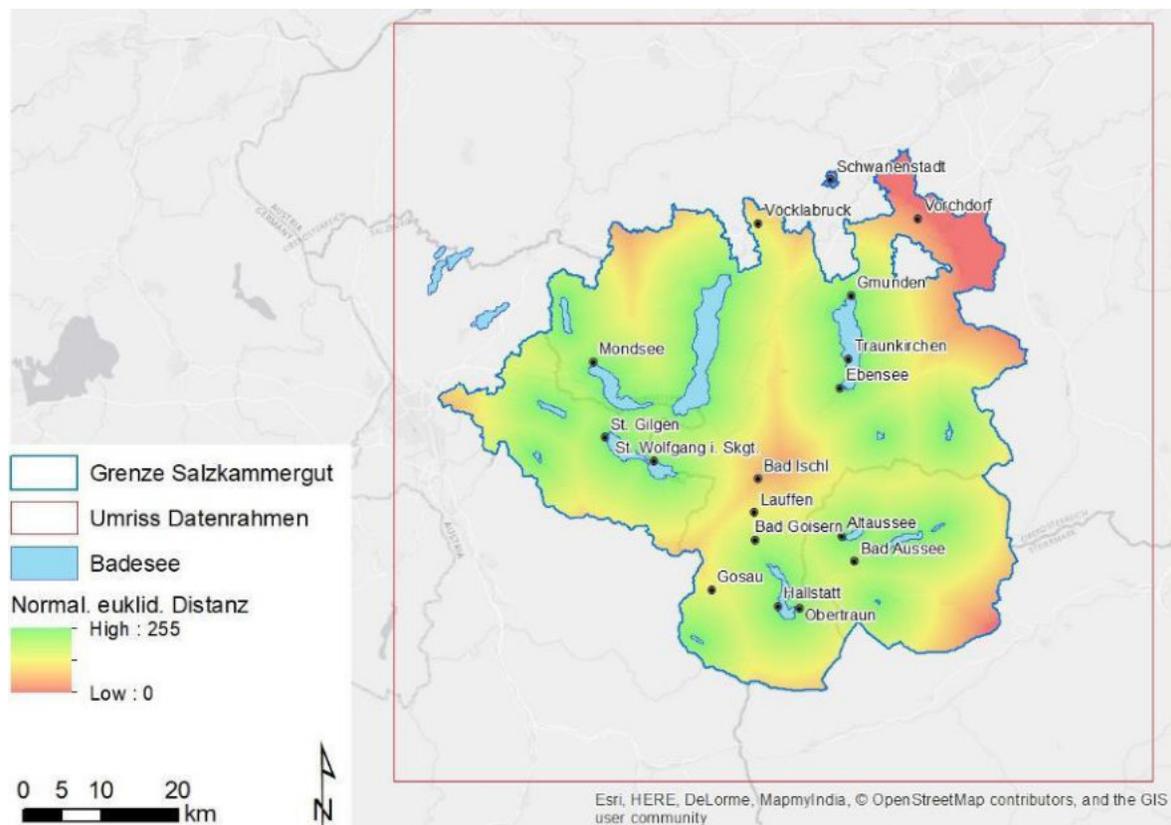


Abbildung 27: Normalisierter, auf die Grenzen des Salzammergutes zugeschnittener Indikator „Badeseen“. Grundkarte: World\_Light\_Gray\_Base.

#### 4.2.2 Skigebiete

Die European Environment Agency (23.02.2017) sieht für die Gebirgsregionen Europas, folglich auch für die südliche Hälfte des Salzammergutes, Einbußen im Skitourismus als Folge des mit dem globalen Klimawandel einhergehenden Temperaturanstiegs. Das Umweltbundesamt (09.01.2017a) geht ebenfalls von Einschränkungen des Skibetriebes durch Schneemangel als negative Folge für den Tourismus in Österreich aus, ergänzt hier jedoch, dass dies regional sehr verschieden ausfallen kann. Der oberösterreichische Forschungsbericht „Klimawandel und Tourismus in Oberösterreich“ (Formayer and Kromp-Kolb 2009) bestätigt dies und zeigt, dass in den oberösterreichischen Bergen, und damit auch in denen des Salzammergutes, ab einer Seehöhe von 1100 m ü. Adria von einem sicheren winterlichen Schneedeckenaufbau gesprochen werden kann. Eine Änderung ist demnach auch bei

einem durchschnittlichen Temperaturanstieg von 1°C bis 2°C bis zur Mitte des 21. Jahrhunderts nicht zu erwarten.

Da sowohl der Forschungsbericht (Formayer and Kromp-Kolb 2009) als auch die Salzkammergut Tourismus GmbH (19.11.2017a) Skifahren und Snowboarden als wichtigen Faktor für die Wirtschaftssparte Tourismus sehen, wurden Skipisten als Indikator in die vorliegende Arbeit aufgenommen.

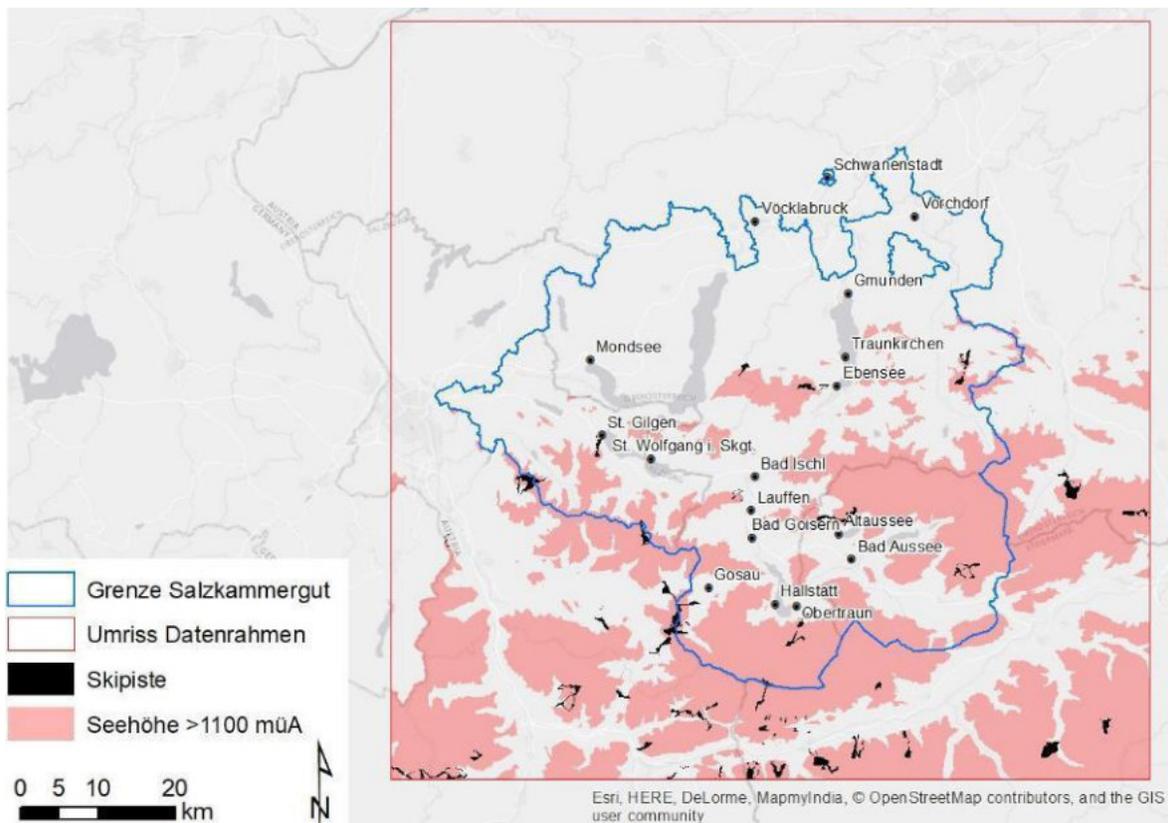


Abbildung 28: Skipisten mit über 1100 m ü. Adria reichenden Abschnitten.

Bei den dazu verwendeten Rohdaten handelt es sich um Pistenpolygone des Landes Salzburg („Schipisten\_Shapefile“) und des Umweltbundesamtes („skigegebiete\_2008“ auf Grundlage der bergfex GmbH) im Format SHP. Beide Datensätze wurden zunächst in die Projektion ETRS-LAEA (EPSG:3035) transformiert und schließlich zusammengeführt und auf die Grenzen der erweiterten Arbeitsausdehnung (Abbildung 25) reduziert. Folgend der An-

nahme, dass im Salzkammergut, wie zuvor beschrieben, eine Seehöhe unterhalb 1100 m ü. Adria bezüglich stabilem Schneedeckenaufbau als kritisch gilt, wurden nur jene Skipisten ausgewählt, welche bis oberhalb dieser kritischen Marke reichen. Die so selektierten Skipisten sind in Tabelle 4 aufgelistet.

Name	Bundesland
Dachstein Gletscher	Oberösterreich
Feuerkogel	Oberösterreich
Hinterstoder - Höss	Oberösterreich
Hochlecken	Oberösterreich
Kasberg - Grünau	Oberösterreich
Katrin-Alm	Oberösterreich
Krippenstein/Obertraun	Oberösterreich
Strubegg	Oberösterreich
Wurzeralm	Oberösterreich
Anzenbergalm	Salzburg
Dürrnbergliftpiste	Salzburg
Eben - Ski amade	Salzburg
Faschinglift	Salzburg
Jägerliftabfahrt	Salzburg
Laimerpiste	Salzburg
Obere Sonnleitnpiste	Salzburg
Papagenobahnabfahrt	Salzburg
Piste Buchstein Sektion II ( 5,4 ha )	Salzburg
Piste Knablleitn	Salzburg
Piste Reitlehen Sektion I ( 9,7 ha )	Salzburg
Piste Reitlehen Sektion I Umfahrung ( 0,52 ha )	Salzburg
Piste Reitlehen Sektion II ( 7,4 ha )	Salzburg
Piste Tellerlift Nr. 9	Salzburg
Reiteralm Bergbahnen - Ski amade	Salzburg
Sauscheidhörndl/Radstadt	Salzburg
Strubegg	Salzburg
Strussing	Salzburg
Verbindung Mahdlift - Roßwies	Salzburg
Dachstein Gletscher	Steiermark
Galsterbergalm - Ski amade	Steiermark
Hauser-Kaibling - Ski amade	Steiermark
Hochwurzten - Ski amade	Steiermark
Looser Altaussee	Steiermark
Planneralm	Steiermark
Ramsau/Dachstein - Ski amade	Steiermark
Reiteralm Bergbahnen - Ski amade	Steiermark
Riesneralm	Steiermark
Schladming/Planai - Ski amade	Steiermark
Stoderzinken - Ski amade	Steiermark
Tauplitz / Bad Mitterndorf	Steiermark

*Tabelle 4: Indikator „Skigebiete“: Ausgewählte Skipisten der Skigebiete nach Bundesland, generiert aus den verwendeten Geodatensätzen.*

Da der touristische Wert von Skigebieten für Regionen von deren räumlicher Nähe zu den Pisten abhängt, wurde diese als Vorgabe zur Berechnung der maßgeblichen Indexwerte bei

der Erstellung eines Rasterdatensatzes herangezogen. Dazu wurde mit der Software „ArcGIS 10.2 for Desktop“ von ESRI Inc. ein euklidisches Entfernungsraster (Environmental Systems Research Institute, Inc. 21.04.2016a) berechnet, wobei für jede Zelle die Distanz zwischen deren Mittelpunkt und dem nächsten Pisten-Polygon als Indexwert ermittelt wurde (Abbildung 29).

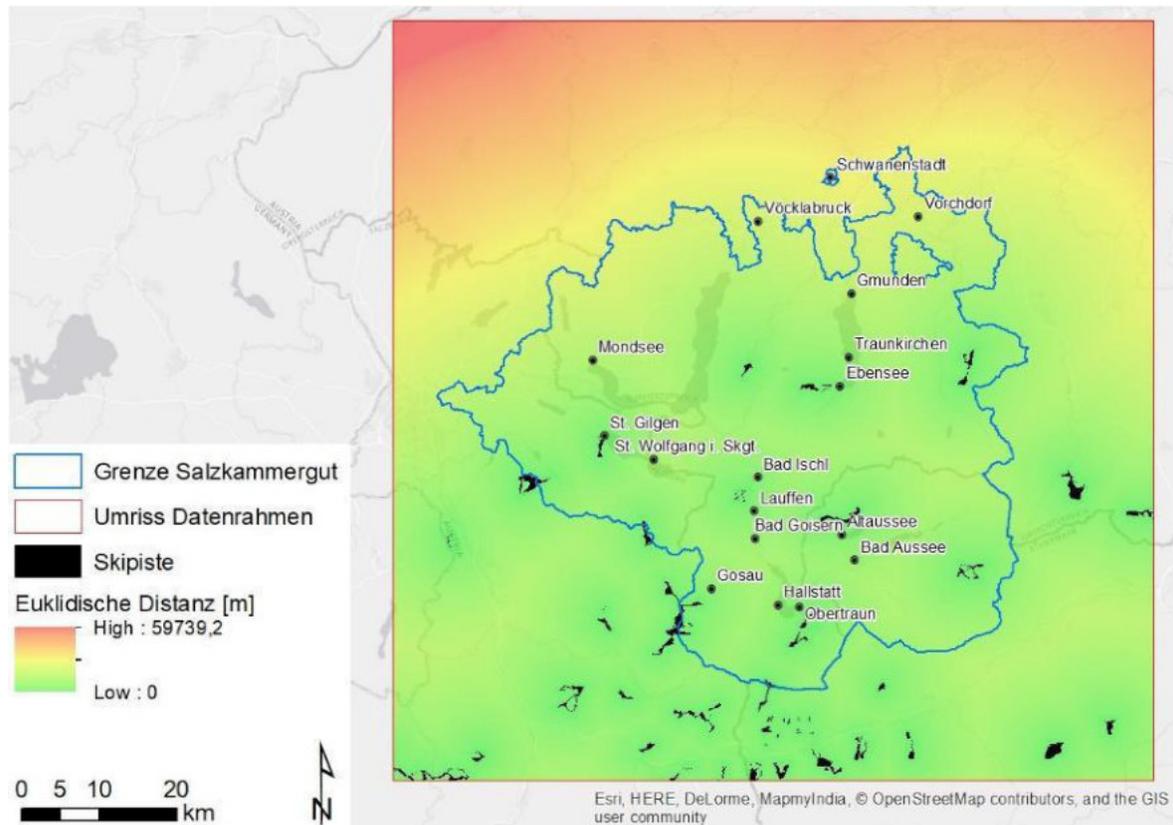


Abbildung 29: Indikator „Skigbiete“. Miteinbezogene Skipisten und euklidische Distanzoberfläche (Distanz zu den Skipisten). Grundkarte: World\_Light\_Gray\_Base.

Als nächster Schritt wurde der Rasterdatensatz auf die Grenze des Salzammergutes zugeschnitten. Die maximale Entfernung einer Rasterzelle zu einer Skipiste beträgt innerhalb des Salzammergutes demnach rund 28 km. Bevor die Normalisierung gemäß (Gl. 1) vorgenommen wurde, mussten die Distanzen wiederum invertiert werden (größte Entfernung = 0, geringste Entfernung = 255). Das Ergebnis der Normalisierung ist in Abbildung 30 dargestellt und zeigt den fertiggestellten Indikator „Skigebiete“.

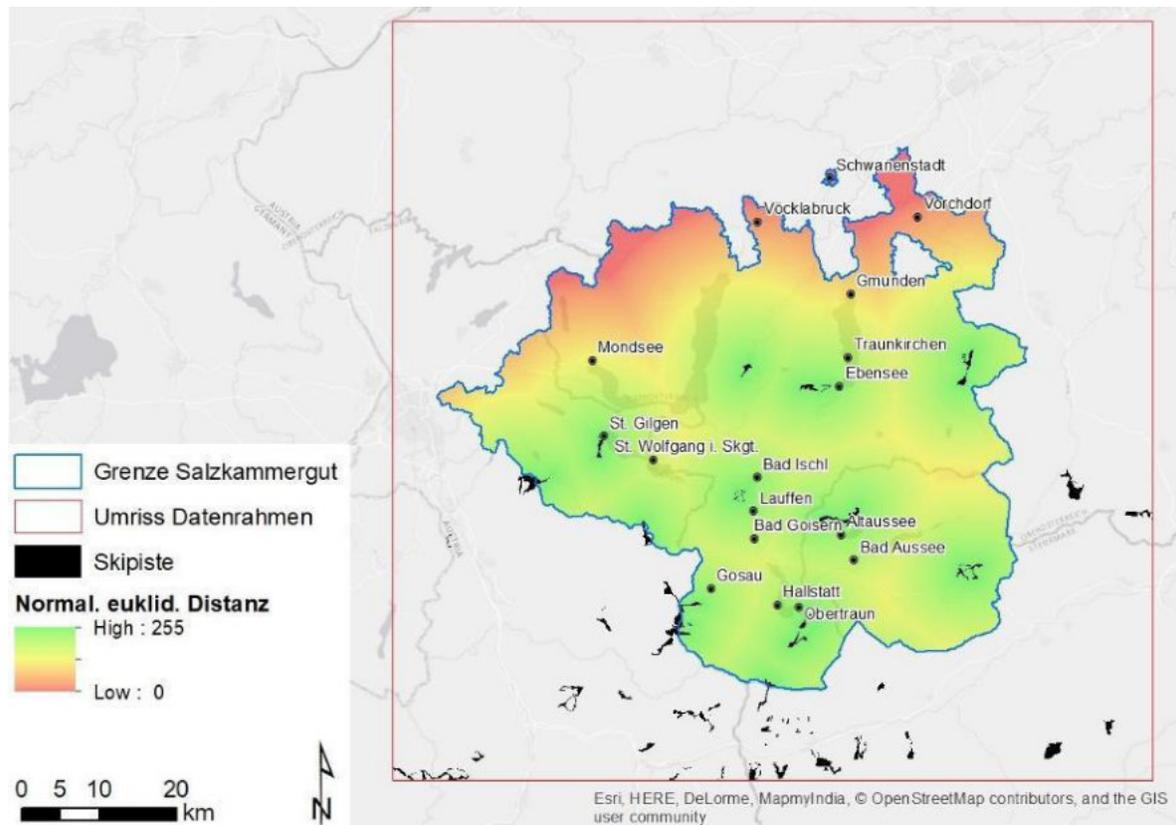


Abbildung 30: Normalisierter, auf die Grenzen des Salzammergutes zugeschnittener Indikator „Skigebiete“. Grundkarte: World\_Light\_Gray\_Base.

#### 4.2.3 Straßennetz

Betrachtet man die Entwicklung der Aufenthaltsdauer von Touristen im Salzammergut, so ist, vor allem während der Wintersaison, ein deutlicher Trend zu kürzeren Aufenthalten erkennbar (Müllechner 2014). Da den Touristen damit weniger Zeit zur Ausübung von Aktivitäten bleibt, ist eine zeitsparende, individuelle Mobilität von großer Bedeutung (Müllechner 2014). Diese kann durch ein gut ausgebautes Straßennetz, welches im Salzammergut vorhanden ist, erreicht werden. Auch wenn hinsichtlich der zu erreichenden Klimaschutzziele und auch der durch den Klimawandel zu befürchtenden Energie- und Treibstoffverknappung (Umweltbundesamt 09.01.2017a) der motorisierte Individualverkehr abnehmen könnte, ist das Straßennetz ein bedeutender Indikator zur Bemessung der Anpassungsfähigkeit an den Klimawandel. Zum einen ist der klimafreundlichere öffentliche Verkehr neben der schienengebundenen Bahn vor allem auf der Straße ausbaufähig. Zum anderen bewertet

der Indikator Straßennetz, neben der durch die Erstellung von euklidischen Distanzoberflächen dargestellten bloßen Nähe zu touristisch wertvollen Zielen wie Pisten oder Badeseen, auch deren tatsächliche Erreichbarkeit.

Als Datensatz wurde der von der Geofabrik GmbH online bereitgestellte OpenStreetMap-Datensatz „gis.osm\_roads\_free“ verwendet. Dieser beinhaltet Liniendaten im Format SHP. Der Datensatz wurde zunächst in die Projektion ETRS-LAEA (EPSG:3035) transformiert und auf die Grenzen der erweiterten Arbeitsausdehnung reduziert. Es folgte eine Bereinigung von nicht für den öffentlichen Kraftfahrzeug-Verkehr geeigneten Straßen (z.B. Forststraßen, Gehwege, Radwege, etc.). Daher umfasst das verwendete Straßennetz Autobahnen, Bundes- und Landesstraßen (Straßen 1. und 2. Ordnung) und sonstige Straßen, bei welchen es sich im Wesentlichen um Gemeinde- und Wohnstraßen handelt (Abbildung 31).

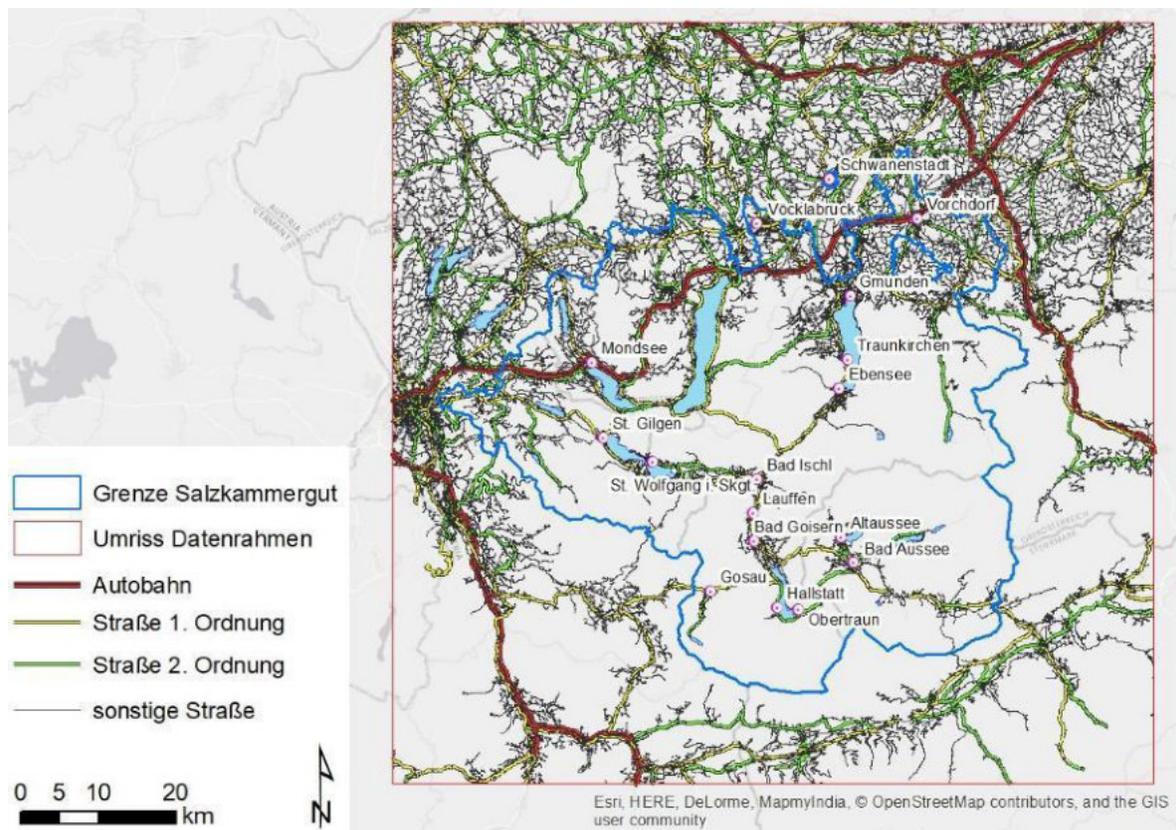


Abbildung 31: Bereinigter Straßennetz-Datensatz („gis.osm\_roads\_free“), zugeschnitten auf den Arbeitsbereich. Grundkarte: World\_Light\_Gray\_Base.

Das Straßennetz wurde weiter auf die Grenzen des Salzkammergutes reduziert. Auch hier erfolgte die Umwandlung in kontinuierliche Daten, indem mit der Software „ArcGIS 10.2 for Desktop“ von ESRI Inc. ein euklidisches Entfernungsraster (Environmental Systems Research Institute, Inc. 21.04.2016a) berechnet wurde, wobei in jeder Zelle die Distanz zwischen deren Mittelpunkt und der nächsten Straße als Indexwert enthalten ist (Abbildung 32). Der maximale Abstand von einer Zelle innerhalb des Salzkammergutes zu einer Straße beträgt demnach rund 9.900 m.

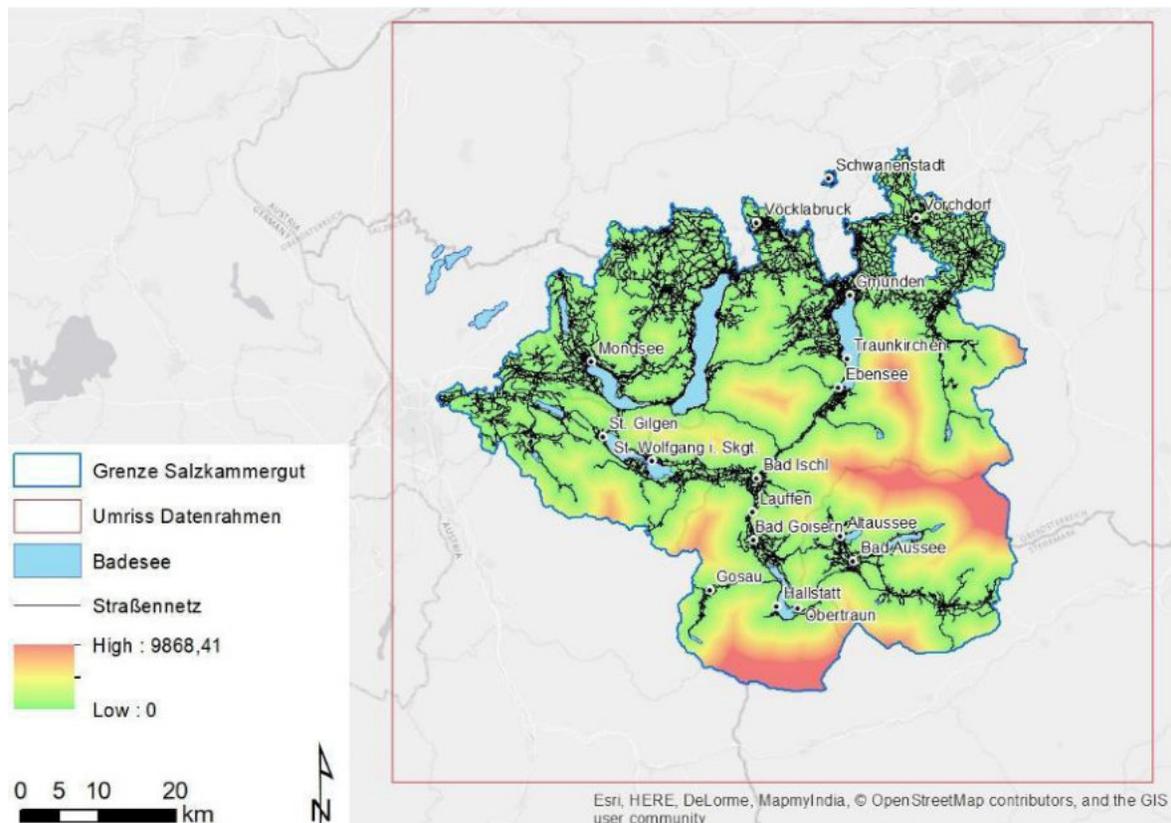


Abbildung 32: Indikator „Straßennetz“. Miteinbezogene Straßen und euklidische Distanzoberfläche (Distanz zu den Straßen). Grundkarte: World\_Light\_Gray\_Base.

Bevor die Normalisierung gemäß (Gl. 1) vorgenommen wurde, mussten die Distanzen auch hier invertiert werden (größte Entfernung = 0, geringste Entfernung = 255). Das Ergebnis der Normalisierung ist in Abbildung 33 dargestellt und zeigt den fertiggestellten Indikator „Straßennetz“.

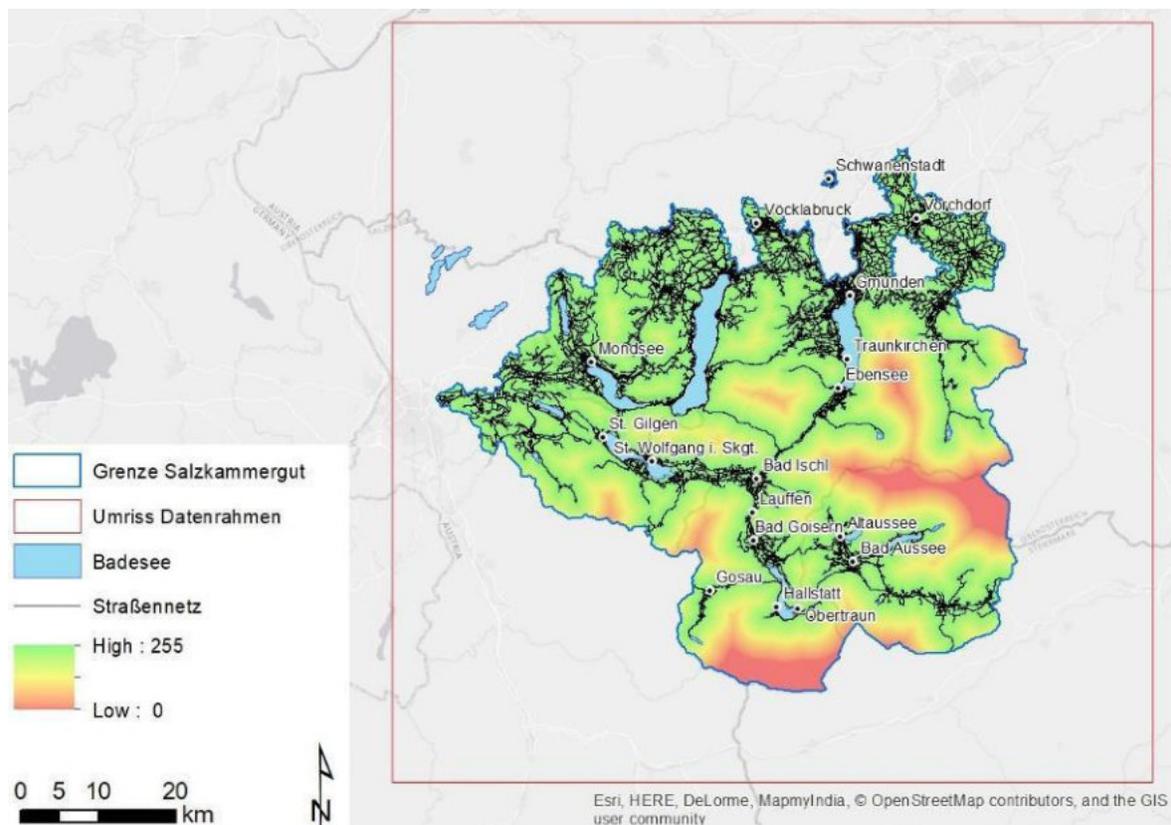


Abbildung 33: Normalisierter, auf die Grenzen des Salzammergutes zugeschnittener Indikator „Straßennetz“. Grundkarte: World\_Light\_Gray\_Base.

#### 4.2.4 Bahnanbindung

Die österreichische Strategie zur Anpassung an den Klimawandel sieht im Aktivitätsfeld „Verkehrsinfrastruktur und ausgewählte Aspekte der Mobilität“ im Ausbau des öffentlichen Verkehrs einen wichtigen Schritt zum Klimaschutz (Kronberger-Kießwetter *et al.* 2012b). Der öffentliche Verkehr ist neben Straßen auch an den Ausbau des Schienennetzes gebunden (Müllechner 2014). Die Erschließung des Salzammergutes mit der Bahn (Abbildung 34) erfolgt hauptsächlich über die im Norden verlaufende Westbahnstrecke mit den Bahnhöfen Attnang-Puchheim, Lambach, Vöcklabruck, Vöcklamarkt und Wels, und daran angebunden über folgende regionale Bahnverbindungen (Müllechner 2014):

- Salzammergutbahn (von Attnang-Puchheim nach Steinach-Irdning)
- Almtalbahn (von Wels nach Grünau im Almtal)
- Kammererbahn (von Vöcklabruck nach Kammer am Attersee)
- Vorchdorferbahn und Traunseebahn (von Lambach nach Gmunden Seebahnhof)

- Attergaubahn (von Vöcklmarkt nach Attersee am Attersee)

Als Datensatz wurde auch hier der von der Geofabrik GmbH online bereitgestellte OpenStreetMap-Datensatz „gis.osm\_railways\_free“ verwendet. Dieser beinhaltet Liniendaten im Format SHP. Der Datensatz wurde zunächst in die Projektion ETRS-LAEA (EPSG:3035) transformiert und Grenzen der erweiterten Arbeitsausdehnung wurden reduziert. Alleinstehende, nicht in das zusammenhängende Bahnnetz eingebundene Bahnstrecken, wie z.B. die Zahnradbahn, welche St. Wolfgang mit dem Gipfel des Schafberges verbindet, wurden aus dem Datensatz entfernt.

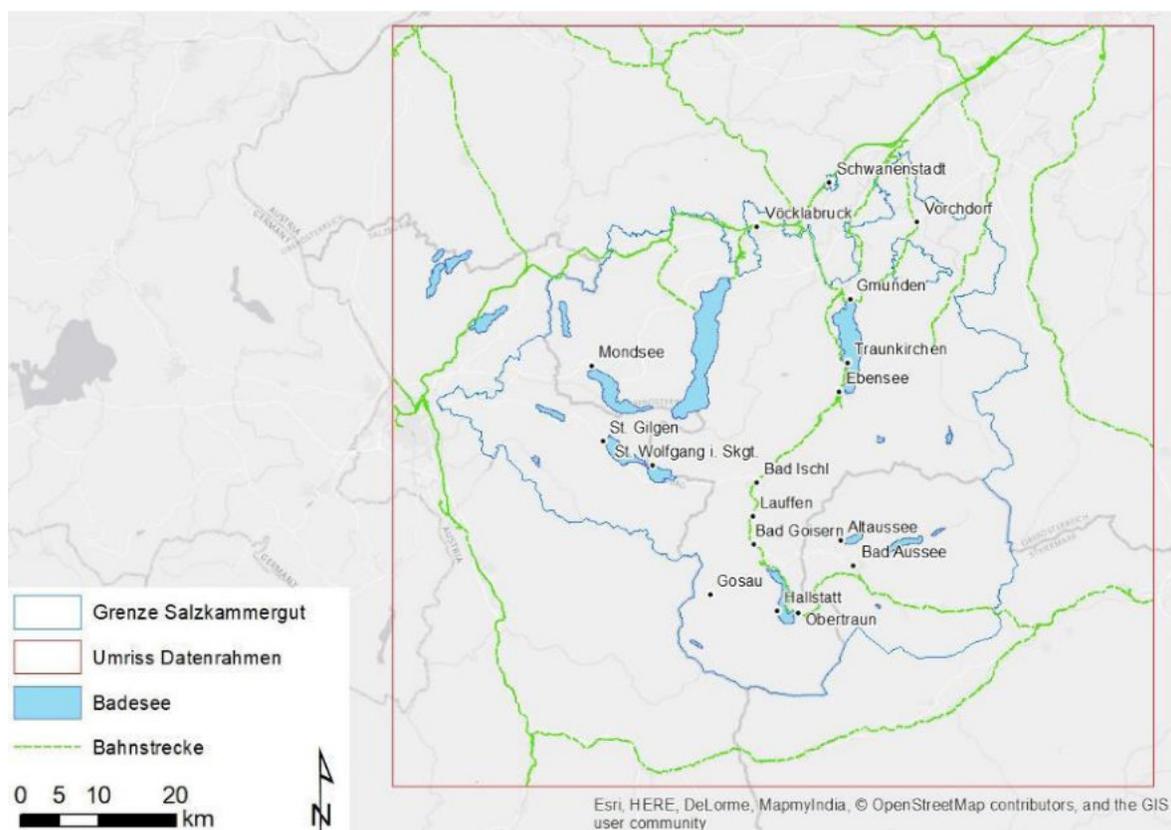


Abbildung 34: Bereinigter Schienennetz-Datensatz („gis.osm\_railways\_free“), zugeschnitten auf den Arbeitsbereich. Grundkarte: World\_Light\_Gray\_Base.

Während der Neubau von Bahnstrecken, besonders in einer gebirgigen Region wie dem Salzammergut sehr aufwändig erscheint, ist die Errichtung zusätzlicher Bahnhöfe/Haltestellen an bestehenden Bahnstrecken um vieles leichter realisierbar. Auch die Er-

schließung dieser Bahnhöfe/Haltestellen mit Straßen/Wegen wäre wohl in vielen Fällen möglich. Relevant sind daher die Entfernungen zu den Linienbauwerken „Schiene“. Zur Erstellung eines kontinuierlichen Rasterdatensatzes wurde daher auch hier mit der Software „ArcGIS 10.2 for Desktop“ von ESRI Inc. ein euklidisches Entfernungsraster (Environmental Systems Research Institute, Inc. 21.04.2016a) berechnet, wobei für jede Zelle die Distanz zwischen deren Mittelpunkt und der nächsten Bahnstrecke als Indexwert ermittelt wurde (Abbildung 35).

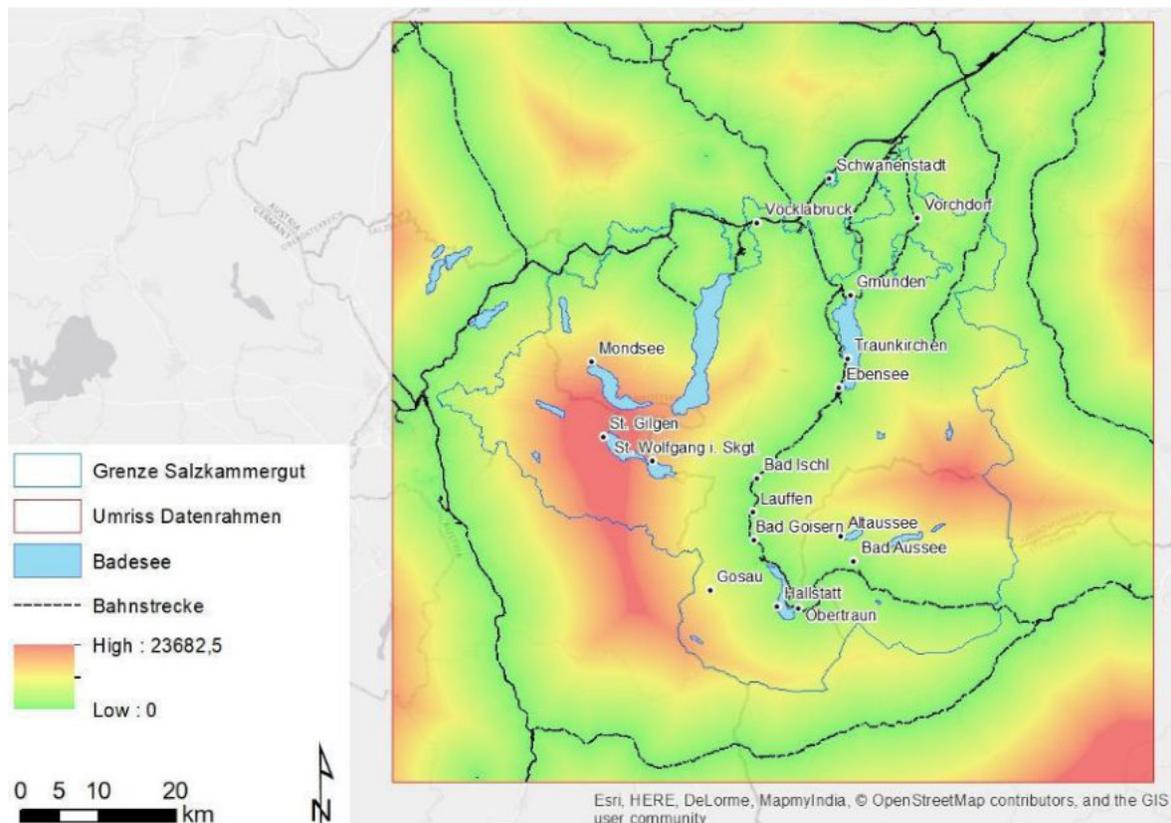


Abbildung 35: Indikator „Bahnbindung“. Miteinbezogene Bahnstrecken und euklidische Distanzoberfläche (Distanz zur nächsten Bahnstrecke). Grundkarte: World\_Light\_Gray\_Base.

Als nächster Schritt wurde der Rasterdatensatz auf die Grenze des Salzammergutes zugeschnitten. Die maximale Entfernung einer Rasterzelle zur nächsten Bahnstrecke beträgt innerhalb des Salzammergutes demnach rund 21 km. Bevor die Normalisierung gemäß (Gl. 1 vorgenommen wurde, mussten die Distanzen auch hier invertiert werden (größte Ent-

fernung = 0 , geringste Entfernung = 255). Das Ergebnis der Normalisierung ist in Abbildung 36 dargestellt und zeigt den fertiggestellten Indikator „Bahnanbindung“.

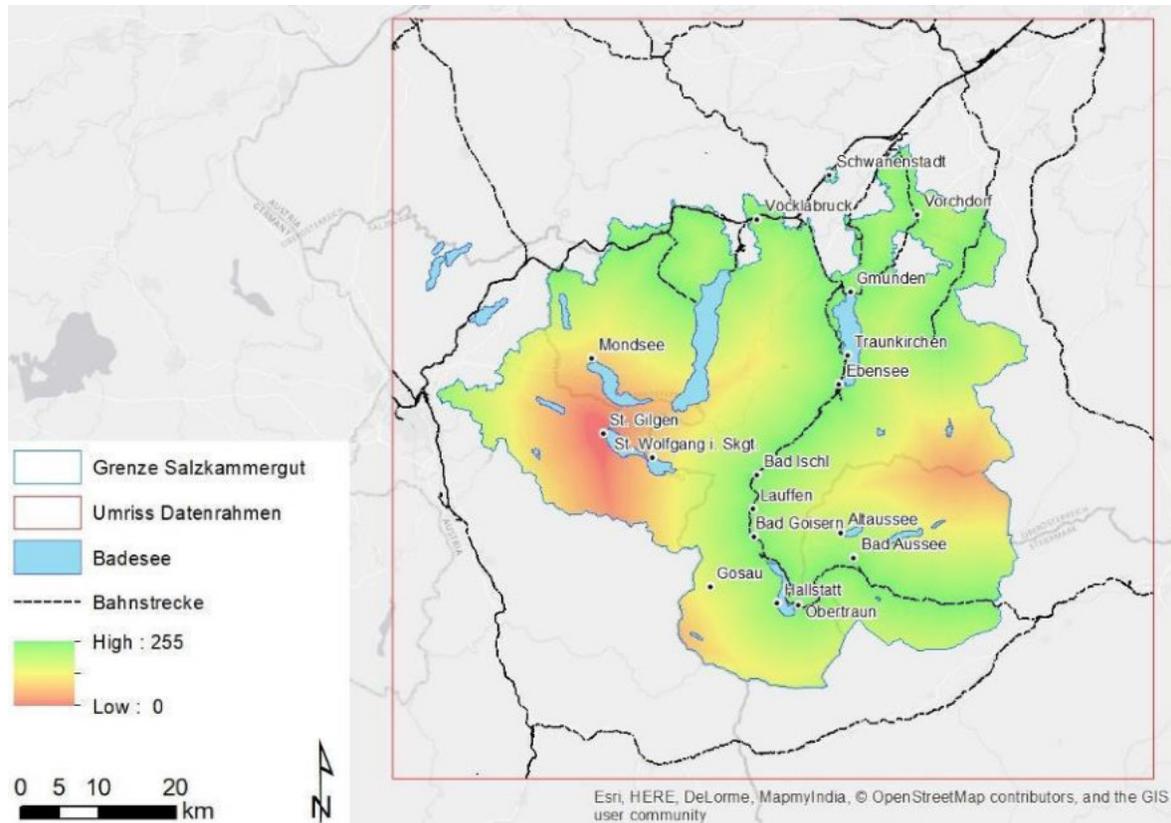


Abbildung 36: Normalisierter, auf die Grenzen des Salzammergutes zugeschnittener Indikator „Bahnanbindung“. Grundkarte: *World\_Light\_Gray\_Base*.

#### 4.2.5 Radwegenetz

Radfahren gilt im Allgemeinen als sanfte, klimafreundliche Mobilitätsform, die sich zunehmend an Beliebtheit erfreut. Radfahren kann hier einerseits als Sport, andererseits jedoch als alternative, bisher kaum berücksichtigte Form der Mobilität (Müllechner 2014) betrachtet werden. Als für viele Menschen stark wetterabhängige Form der Fortbewegung, welche vor allem bei Schnee und Eis nur sehr eingeschränkt genutzt wird, wird das Radfahren im Salzammergut vom Klimawandel durch häufigere und stabilere Schönwetterphasen und eine Verlängerung der Sommersaison wohl insgesamt stark profitieren (Kronberger-Kießwetter *et al.* 2012b; Formayer and Kromp-Kolb 2009; Gössinger-Wieser *et al.* 2015; Sperka *et al.* 2017; Amt der oberösterreichischen Landesregierung 2013).

Das Radwegenetz im Salzkammergut ist verhältnismäßig gut ausgebaut. Natürlich kann der größte Teil des Straßennetzes ebenfalls mit dem Fahrrad befahren werden, dies wird von den meisten Nutzern jedoch weit weniger gut angenommen. Da Radfahren auf Forststraßen in Österreich entgegen dem allgemeinen Trend und im Gegensatz zu den meisten Nachbarländern noch immer generell verboten ist, konnten diese nicht in das Radwegenetz miteinbezogen werden. Der bedeutendste Radweg des Salzkammergutes ist der Salzkammergutradweg, welcher die Stadt Salzburg über das Seengebiet, das gesamte Salzkammergut durchlaufend, mit dem Ennstalradweg verbindet (Müllechner 2014). Als weiterer wichtiger Radweg sei der Traunradweg genannt, welcher der Traun von Gmunden bis zur Donaumündung folgt und auch das Almtal erschließt (Müllechner 2014).

Das verhältnismäßig gut ausgebaute und in Zukunft an Bedeutung gewinnenden Radwegenetz im Salzkammergut stellt einen aussagekräftigen Indikator zur Anpassungsfähigkeit an die Folgen des Klimawandels dar.

Zur Erstellung des Indikators wurden drei von den Ämtern der Bundesländer Oberösterreich, Steiermark und Salzburg zur Verfügung gestellte Radwege-Datensätze (Land Oberösterreich: „Radwege“, Land Steiermark: „Radwege“, Land Salzburg: „Touristische\_Radwege“) mit Liniendaten im Format SHP verwendet. Die Datensätze wurden in die Projektion ETRS-LAEA (EPSG:3035) transformiert, zusammengefügt und auf die Grenzen der erweiterten Arbeitsausdehnung reduziert (Abbildung 37).

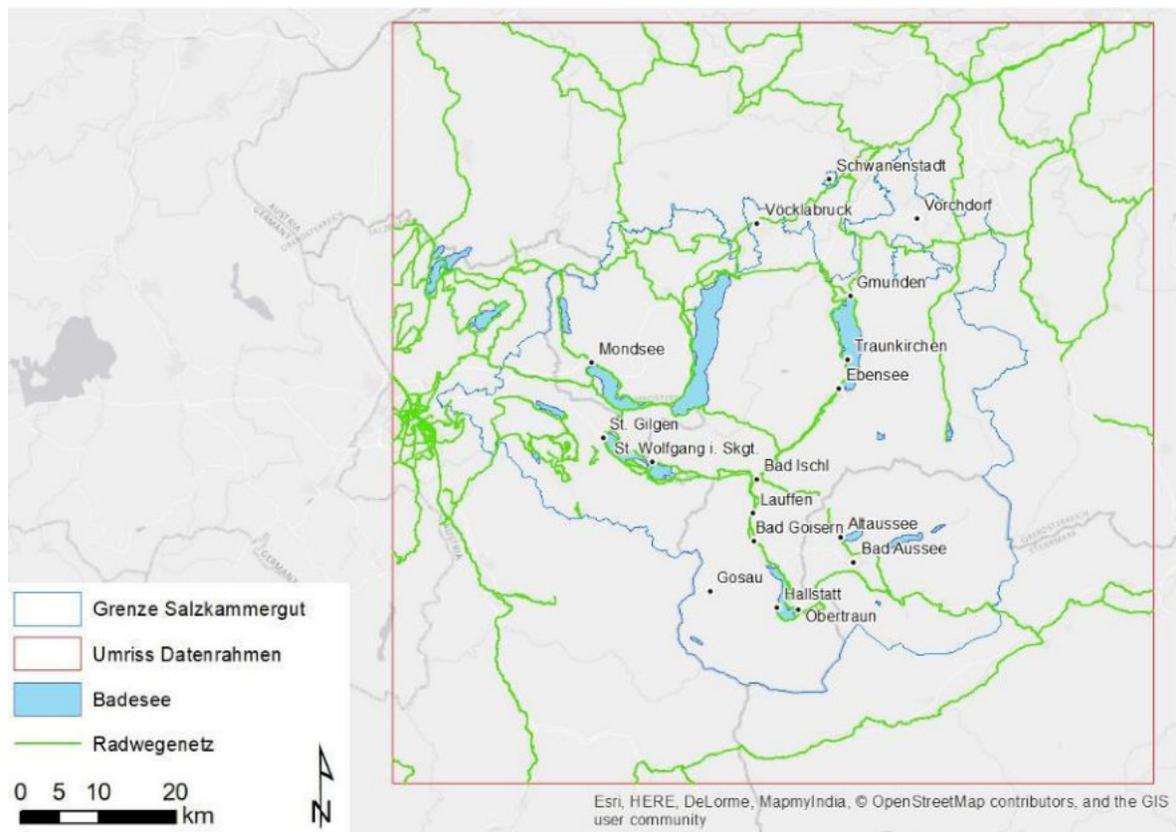


Abbildung 37: Zusammgefügte Radwege-Datensätze, zugeschnitten auf den Arbeitsbereich.  
Grundkarte: World\_Light\_Gray\_Base.

Auch in diesem Fall wurde zur Erstellung eines kontinuierlichen Rasterdatensatzes mit der Software „ArcGIS 10.2 for Desktop“ von ESRI Inc. ein euklidisches Entfernungsraster (Environmental Systems Research Institute, Inc. 21.04.2016a) berechnet, wobei für jede Zelle die Distanz zwischen deren Mittelpunkt und dem nächsten Radweg als Indexwert ermittelt wurde (Abbildung 38).

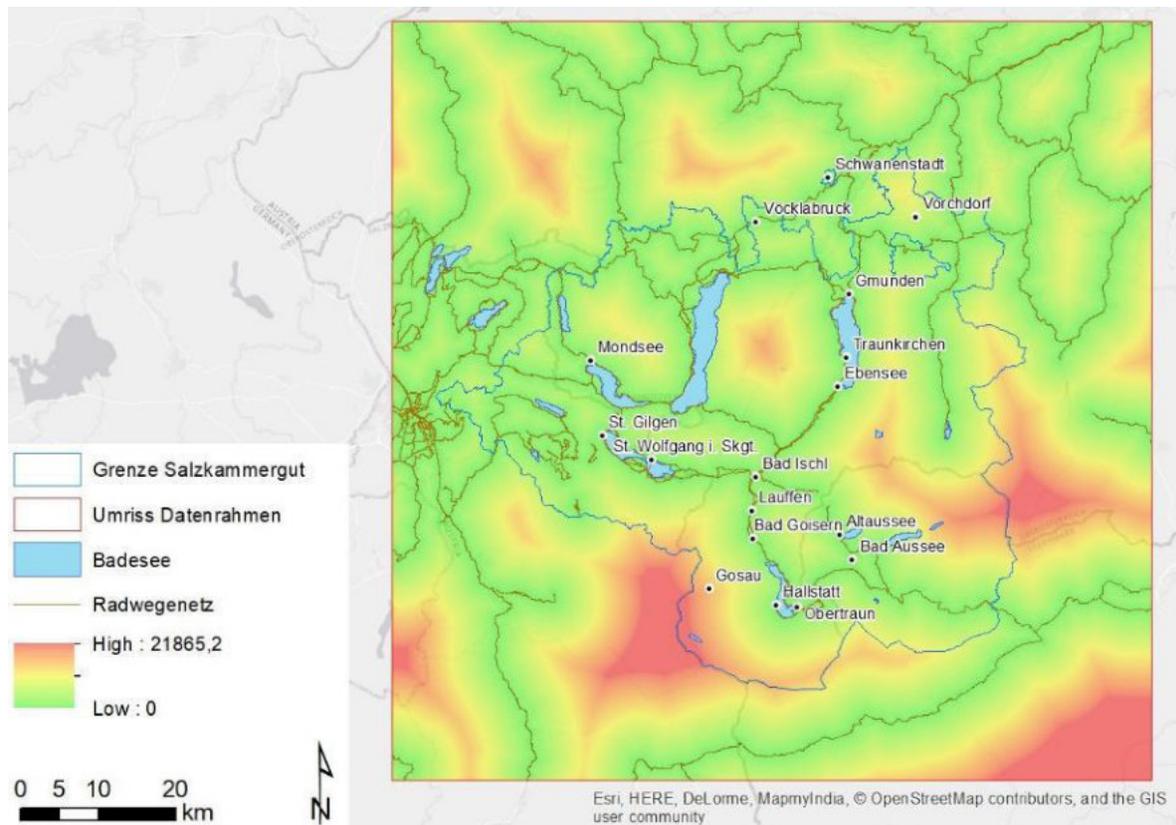


Abbildung 38: Indikator „Radwegenetz“. Miteinbezogene Radwege und euklidische Distanzoberfläche (Distanz zum nächsten Radweg). Grundkarte: World\_Light\_Gray\_Base.

Als nächster Schritt wurde der Rasterdatensatz auf die Grenze des Salzkammergutes zugeschnitten. Die maximale Entfernung einer Rasterzelle zur nächsten Bahnstrecke beträgt innerhalb des Salzkammergutes demnach rund 13 km. Bevor die Normalisierung gemäß (Gl. 1) vorgenommen wurde, mussten die Distanzen auch hier invertiert werden (größte Entfernung = 0, geringste Entfernung = 255). Das Ergebnis der Normalisierung ist in Abbildung 39 dargestellt und zeigt den fertiggestellten Indikator „Bahnanbindung“.

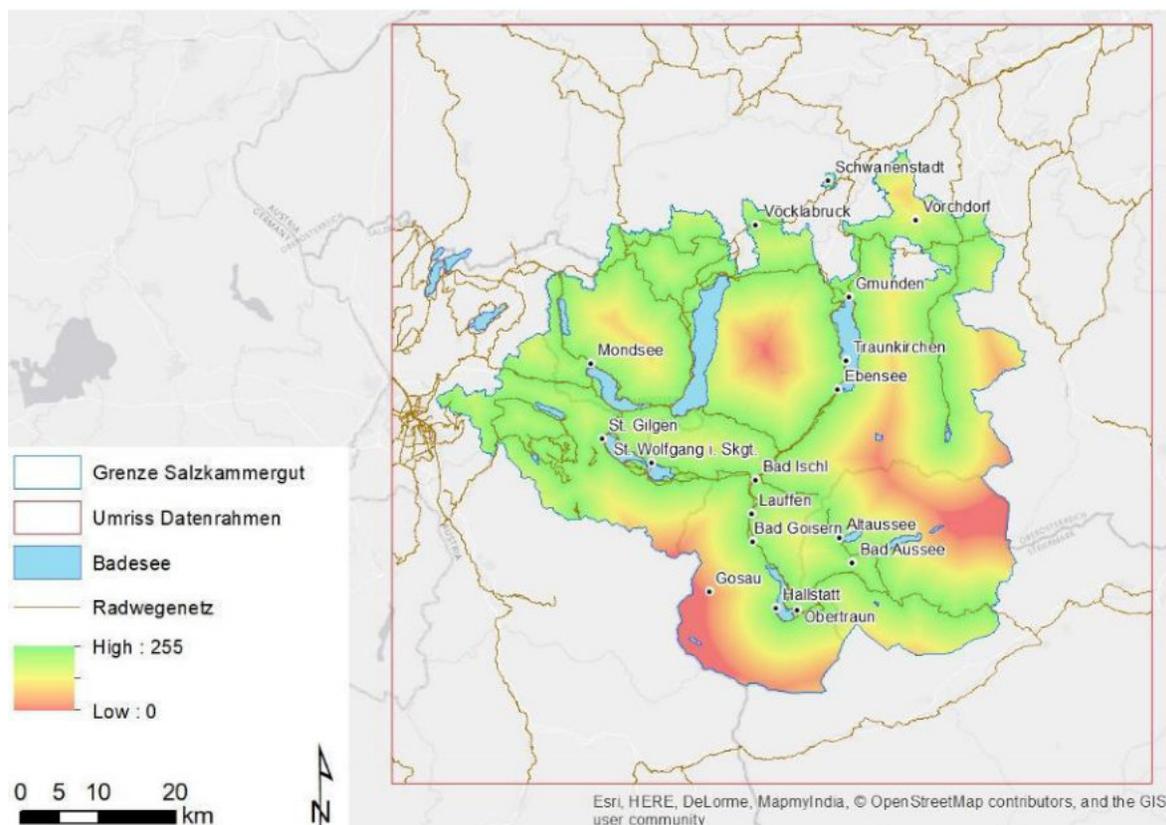


Abbildung 39: Normalisierter, auf die Grenzen des Salzammergutes zugeschnittener Indikator „Radwegenetz“. Grundkarte: World\_Light\_Gray\_Base.

#### 4.2.6 Sommertage

Betrachtet man die saisonalen Ankunfts- und Nächtigunzzahlen im Salzammergut, so ist festzustellen, dass 70% der Nächtigungen und Ankünfte während der Sommersaison und lediglich 30% in der Wintersaison stattfinden. Die touristische Bedeutung der Sommersaison ist für das Salzammergut also entsprechend groß. Durch die steigenden Temperaturen, welche der Klimawandel mit sich bringen wird, wird die Anzahl der Sommertage, also Tage an denen die Tageshöchsttemperatur einen Wert von 25°C übersteigt, zunehmen (Chimani *et al.* 2016). Dies wird sich positiv auf die für das Salzammergut so wichtigen Sommeraktivitäten wie z.B. Wandern, Radfahren oder Baden auswirken (Amt der oberösterreichischen Landesregierung 2013; Gössinger-Wieser *et al.* 2015; Sperka *et al.* 2017).

Im Rahmen des Projektes „ÖKS15 – Klimaszenarien für Österreich“ (Chimani *et al.* 2016) werden unter anderem Rasterdaten (Auflösung 1000 x 1000 m) zur Verfügung gestellt,

welche die durchschnittliche Anzahl der Sommertage im Zeitraum zwischen 1971 und 2000 enthalten. Da davon ausgegangen wird, dass die Anzahl der Sommertage bei gleichbleibender räumlicher relativer Verteilung zunimmt, wurden diese Daten als Grundlage für den Indikator „Sommertage“ verwendet.

Die Datengrundlage „su2519712000annualmean“ wurde zunächst vom Format NetCDF in das Format TIFF konvertiert, in die Projektion ETRS-LAEA (EPSG:3035) transformiert und auf die Grenzen des Salzkammergutes reduziert (Abbildung 40). Die Anzahl der durchschnittlichen jährlichen Sommertage reicht hier von keinem in den hoch gelegenen Regionen, bis knapp 52 in den Tieflagen.

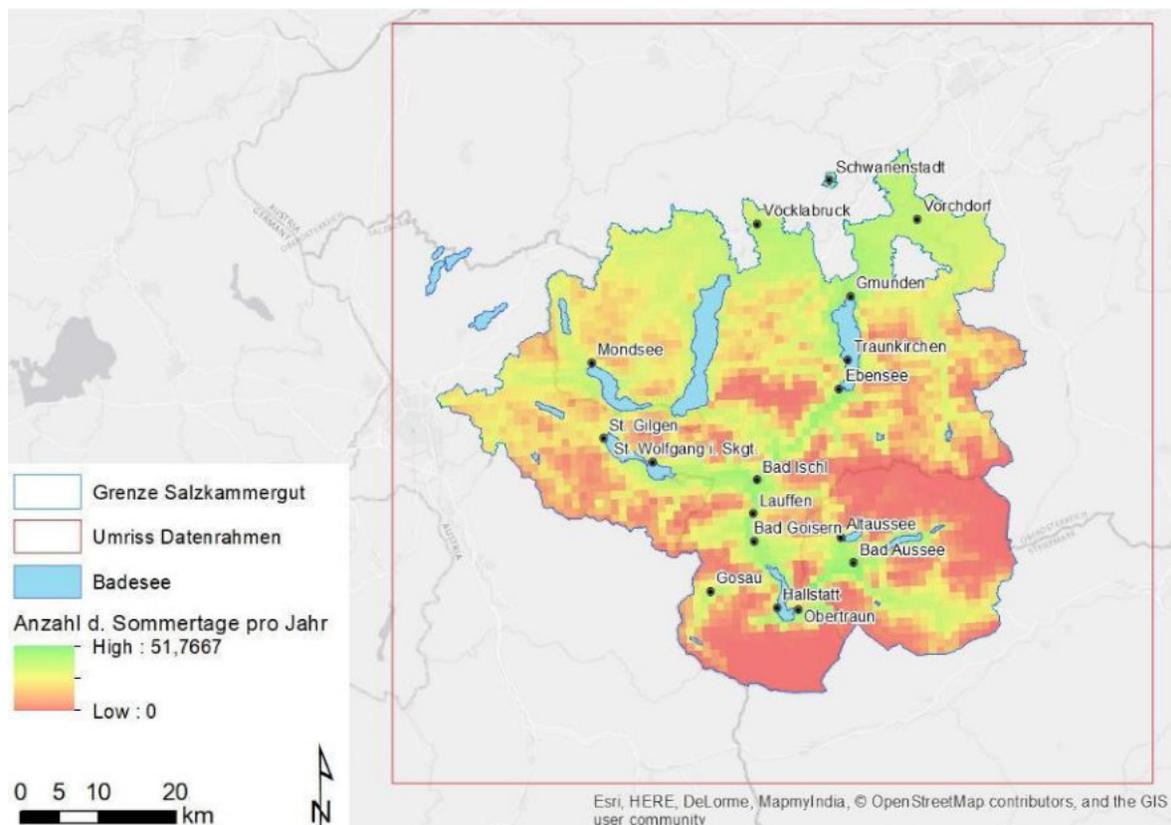


Abbildung 40: Auf die Grenzen des Salzkammergutes zugeschnittener Datensatz „su2519712000annualmean“, Auflösung 1 x 1 km. Grundkarte: World\_Light\_Gray\_Base.

Als nächster Schritt wurde unter Verwendung der Software „ArcGIS 10.2 for Desktop“ von ESRI Inc. durch Resampling die Zellengröße auf 10 x 10 m reduziert. Dazu wurde die Methode der bilinearen Interpolation genutzt. Hier wird der Wert der vier dichtesten Eingabe-

zellzentren herangezogen, um einen neuen Index Wert zu bestimmen. Dieser Wert ist ein gewichteter Durchschnitt der vier Werte, wobei die Entfernung der Zellen zum Zentrum der Ausgabezelle berücksichtigt wird (Environmental Systems Research Institute, Inc. 18.07.2017). Das Environmental Systems Research Institute, Inc. (18.07.2017) empfiehlt die Methode der bilinearen Interpolation vor allem für kontinuierliche Oberflächen, da das Ergebnis eine deutlich glatter aussehende Oberfläche, als beispielsweise die „Nächster-Nachbar“-Methode, zeigt.

Die so gewonnenen Daten wurden gemäß (Gl. 1) normalisiert, wobei die höchste Anzahl an Sommertagen den Wert „255“, die kleinste Anzahl den Wert „0“ erhielt. Das Ergebnis der Normalisierung ist in Abbildung 41 dargestellt und zeigt den fertiggestellten Indikator „Sommertage“.

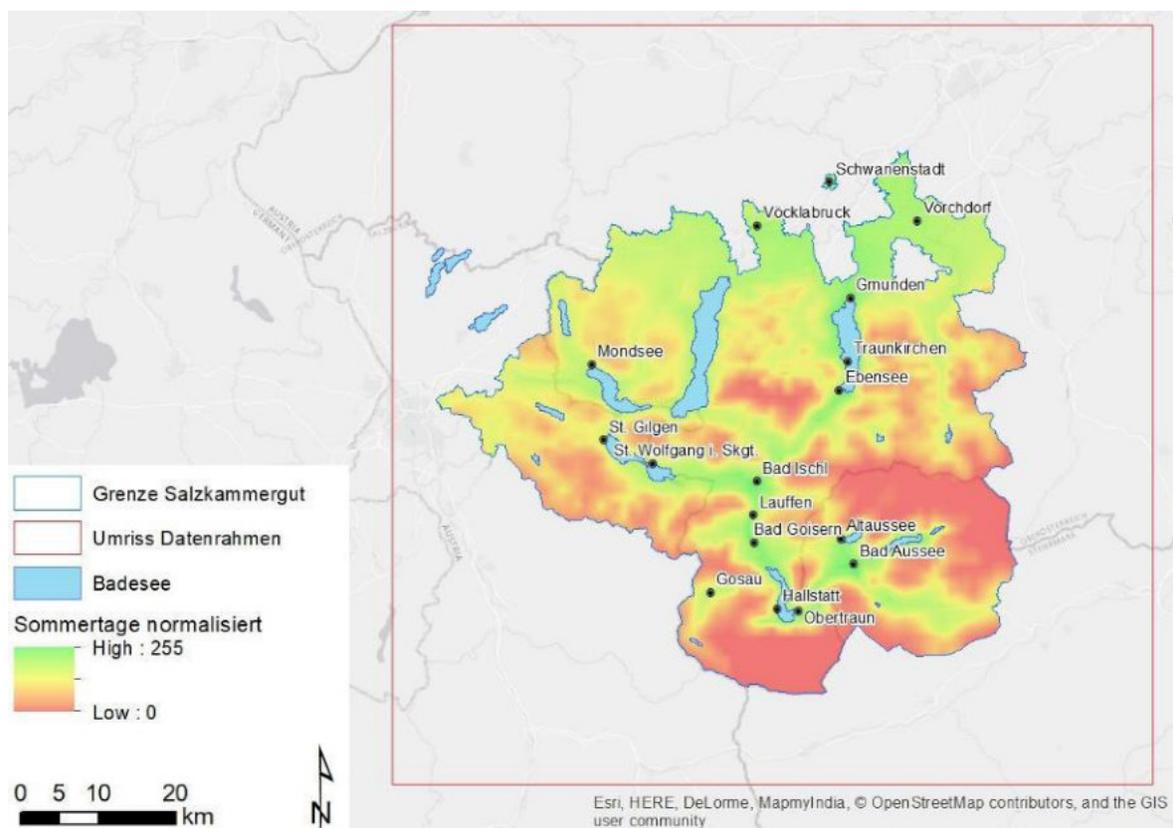


Abbildung 41: Normalisierter, auf eine Auflösung von 10 x 10 m resampelter Indikator „Sommertage“. Grundkarte: World\_Light\_Gray\_Base.

#### 4.2.7 Eistage

Die durchschnittliche jährliche Anzahl von Eistagen, also Tagen an denen die Tageshöchsttemperatur 0°C nicht übersteigt, wird mit der im Zuge des Klimawandels stattfindenden allgemeinen Erwärmung abnehmen (Chimani *et al.* 2016). Dies hat einerseits negative Auswirkungen auf die Dauer der Wintersaison und eine stabile Schneedecke, andererseits ist wegen der fortschreitenden Gletscherschmelze und dem Auftauen von Permafrostböden zusätzlich mit einer Gefährdung von Wanderwegen und anderer touristischer Infrastruktur durch Steinschlag und Muren zu rechnen (Formayer and Kromp-Kolb 2009). Die Abnahme von Eistagen ist daher mit negativen Folgen für den Tourismus im Salzkammergut verknüpft.

Im Rahmen des Projektes „ÖKS15 – Klimaszenarien für Österreich“ (Chimani *et al.* 2016) werden unter anderem Rasterdaten (Auflösung 1000 x 1000 m) zur Verfügung gestellt, welche die durchschnittliche Anzahl der Eistage im Zeitraum zwischen 1971 und 2000 enthalten. Da davon ausgegangen wird, dass die Anzahl der Eistage bei gleichbleibender räumlicher relativer Verteilung abnimmt, wurden diese Daten als Grundlage für den Indikator „Eistage“ verwendet.

Die Datengrundlage „id019712000annualmean“ wurde zunächst vom Format NetCDF in das Format TIFF konvertiert, in die Projektion ETRS-LAEA (EPSG:3035) transformiert und auf die Grenzen des Salzkammergutes reduziert (Abbildung 42). Die Anzahl der durchschnittlichen jährlichen Eistage reicht hier von 22 in den Tieflagen, bis 187 in den hoch gelegenen Regionen.

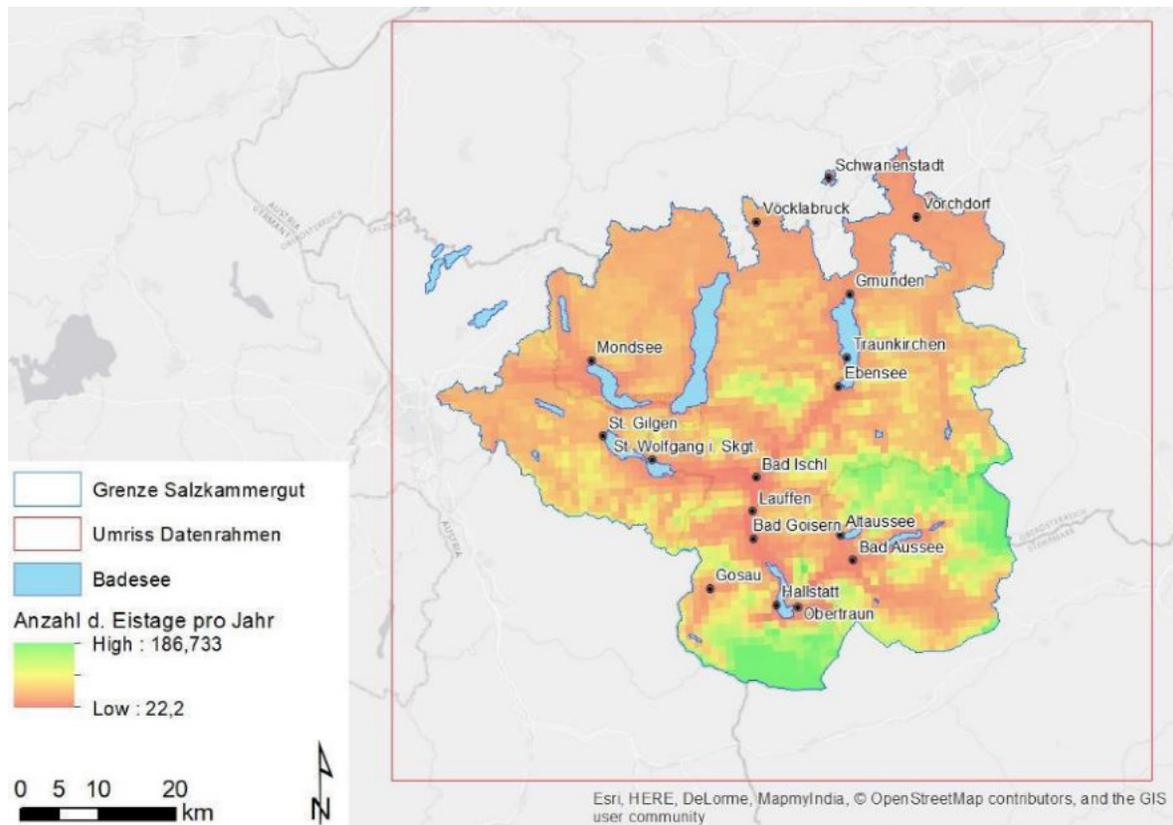


Abbildung 42: Auf die Grenzen des Salzammergutes zugeschnittener Datensatz „id019712000annualmean“, Auflösung 1 x 1 km. Grundkarte: World\_Light\_Gray\_Base.

Als nächster Schritt wurde unter Verwendung der Software „ArcGIS 10.2 for Desktop“ von ESRI Inc. durch Resampling die Zellengröße auf 10 x 10 m reduziert. Abermals wurde dazu die Methode der bilinearen Interpolation genutzt.

Die so gewonnenen Daten wurden gemäß (Gl. 1) normalisiert, wobei die höchste Anzahl an Eistagen den Wert „255“, die kleinste Anzahl den Wert „0“ erhielt. Das Ergebnis der Normalisierung ist in Abbildung 43 dargestellt und zeigt den fertiggestellten Indikator „Eistage“.

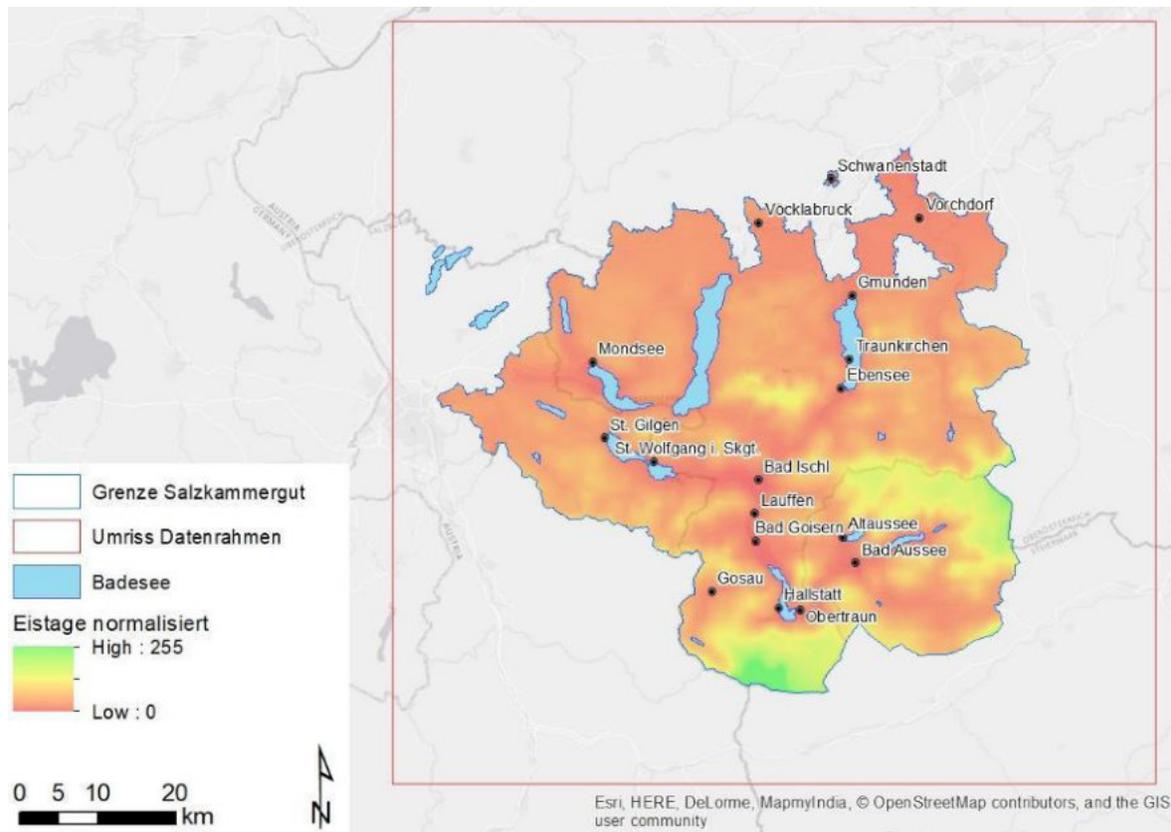


Abbildung 43: Normalisierter, auf eine Auflösung von 10 x 10 m resampelter Indikator „Eistage“. Grundkarte: World\_Light\_Gray\_Base.

#### 4.2.8 Regentage

Während sich laut Klimaszenarien des ÖKS15-Projektes (Chimani *et al.* 2016) im Sommer kaum Änderung der Niederschlagsmengen zeigen, ist im Winter mit einer Zunahme des Niederschlags im Norden Österreichs, die nördlichen Kalkalpen und das nördliche Alpenvorland mit eingeschlossen, zu rechnen. Dies trifft auch auf das Salzkammergut zu. Da hier im Winter bis Mitte des 21. Jahrhunderts ab einer Seehöhe von 1.100 m ü. Adria der Niederschlag noch überwiegend als Schnee fallen wird (Formayer and Kromp-Kolb 2009), wird diese Zunahme positive Auswirkungen auf den Wintersport haben.

Im Rahmen des Projektes „ÖKS15 – Klimaszenarien für Österreich“ (Chimani *et al.* 2016) werden Rasterdaten (Auflösung 1000 x 1000 m) zur Verfügung gestellt, welche die durchschnittliche Anzahl der Regentage (Tage, an denen die Niederschlagssumme mindestens 1 mm erreicht, 98 Perzentil) im Zeitraum zwischen 1971 und 2000 enthalten. Da davon

ausgegangen wird, dass die Anzahl der Regentage bei gleichbleibender räumlicher relativer Verteilung im Sommer gleichbleibt und im Winter zunimmt, wurden diese Daten als Grundlage für den Indikator „Regentage“ verwendet.

Die Datengrundlage „rr19819712000annualmean“ wurde zunächst vom Format NetCDF in das Format TIFF konvertiert, in die Projektion ETRS-LAEA (EPSG:3035) transformiert und auf die Grenzen des Salzkammergutes reduziert (Abbildung 44). Die Anzahl der durchschnittlichen jährlichen Regentage reicht von rund 23 bis 65 Tagen im Jahr.

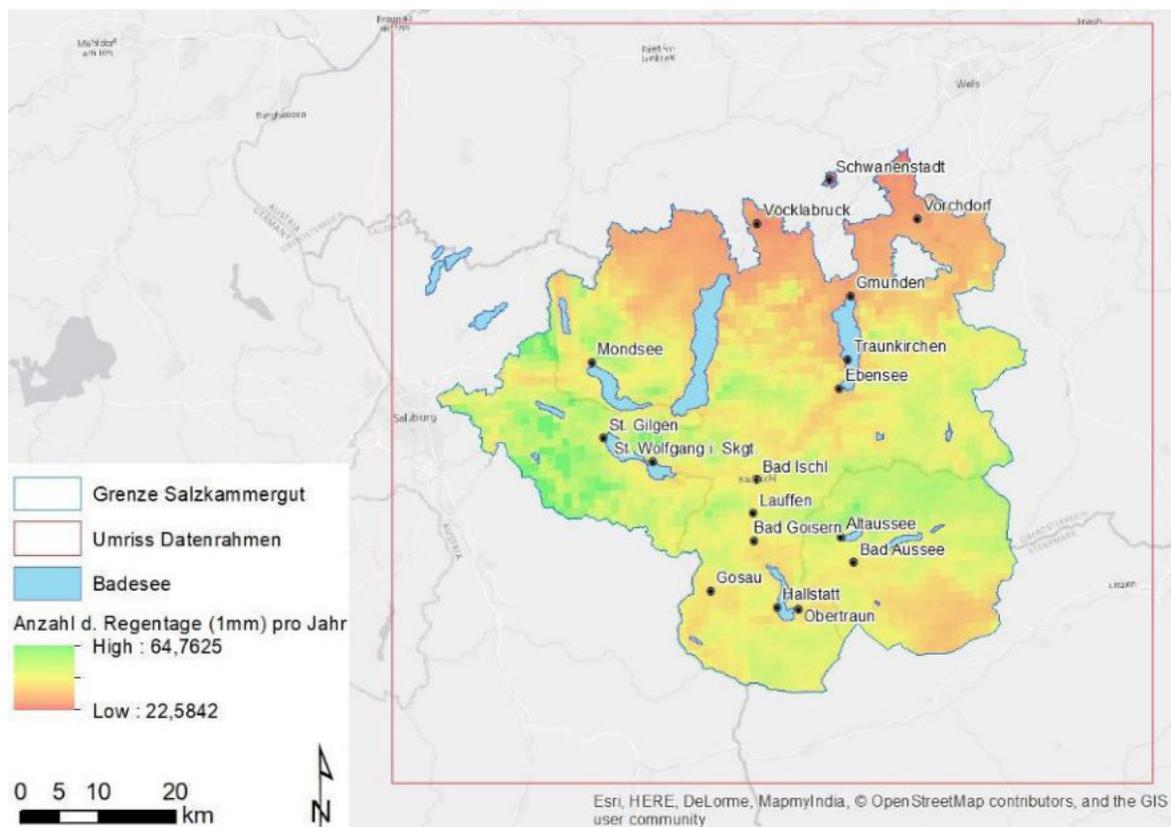


Abbildung 44: Auf die Grenzen des Salzkammergutes zugeschnittener Datensatz „rr19819712000annualmean“, Auflösung 1 x 1 km. Grundkarte: World\_Light\_Gray\_Base.

Als nächster Schritt wurde unter Verwendung der Software „ArcGIS 10.2 for Desktop“ von ESRI Inc. durch Resampling die Zellengröße auf 10 x 10 m reduziert. Dazu wurde, wie schon bei den beiden zuvor beschriebenen Indikatoren, die Methode der bilinearen Interpolation genutzt.

Die so gewonnenen Daten wurden gemäß (Gl. 1 normalisiert, wobei die höchste Anzahl an Regentagen den Wert „255“, die kleinste Anzahl den Wert „0“ erhielt. Das Ergebnis der Normalisierung ist in Abbildung 45 dargestellt und zeigt den fertiggestellten Indikator „Regentage“.

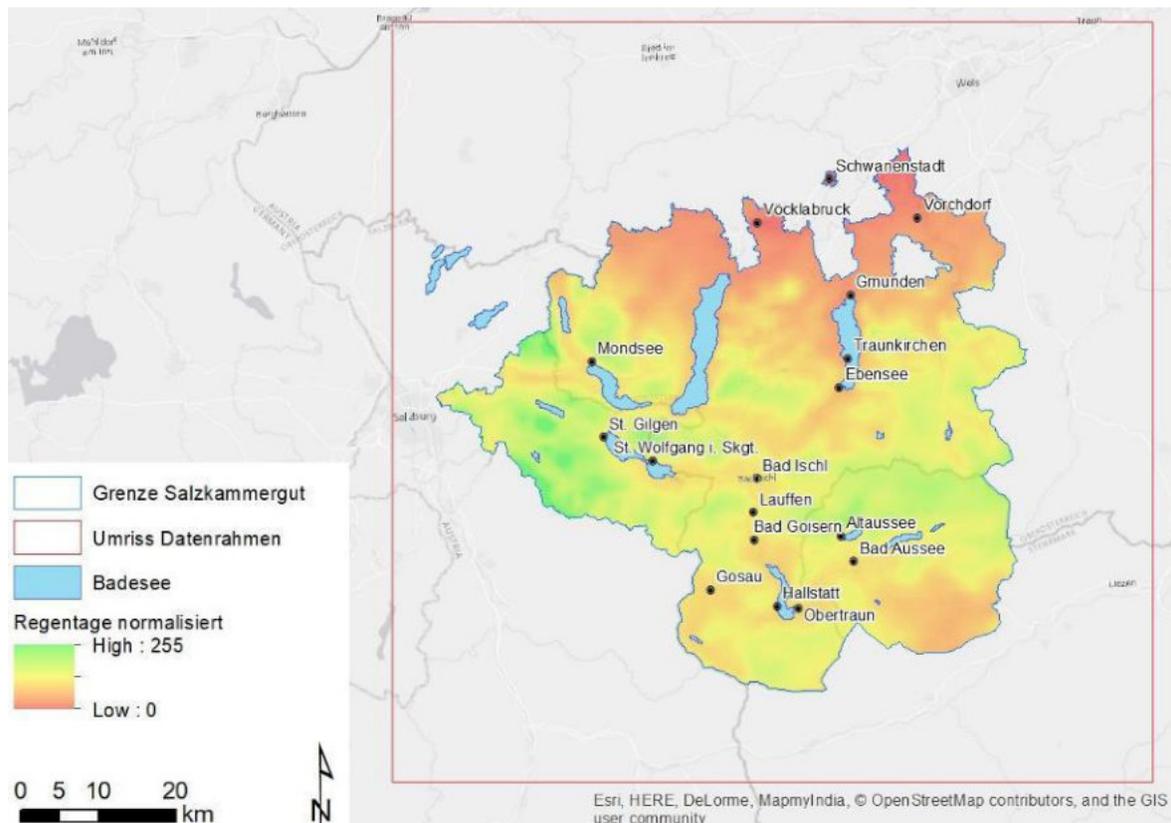


Abbildung 45: Normalisierter, auf eine Auflösung von 10 x 10 m resampelter Indikator „Regentage“. Grundkarte: World\_Light\_Gray\_Base.

#### 4.2.9 Temperaturanstieg (Klimamodell)

Einen sehr aussagekräftigen Indikator bietet natürlich der zu erwartende Temperaturanstieg, der die Triebfeder der durch den Klimawandel verursachten, im Kapitel 2.4 beschriebenen, Folgen darstellt. Demnach kann ein starker Anstieg der Lufttemperatur insgesamt als negative Grundlage für die Anpassungsfähigkeit einer Region an den Klimawandel und dessen Folgen bewertet werden.

Das Projekt „ÖKS15 – Klimaszenarien für Österreich“ (Chimani *et al.* 2016) stellt Rasteroberflächen mit den prognostizierten Temperaturanstiegen für nahe (2012-2050) und ferne

(2071-2100) Zukunft in den Szenarien RCP4.5 und RCP8.5 zur Verfügung. Zur Erstellung des Indikators „Temperaturanstieg“ wurde jener Datensatz verwendet, welcher den Temperaturanstieg in ferner Zukunft im RCP8.5-Szenario beinhaltet, da hier die regionalen Auswirkungen am deutlichsten dargestellt werden.

Die Datengrundlage „tmrcp85abs-ccs2071-2100--1971-2000annual“ wurde vom Format NetCDF in das Format TIFF konvertiert, in die Projektion ETRS-LAEA (EPSG:3035) transformiert und auf die Grenzen des Salzkammergutes reduziert (Abbildung 46). Der für die ferne Zukunft im Szenario RCP8.5 prognostizierte Temperaturanstieg wird im Salzkammergut demnach zwischen 3,7°C und 4,1°C liegen, wobei der Temperaturanstieg im südlich gelegenen Bergland am stärksten ausfallen wird.

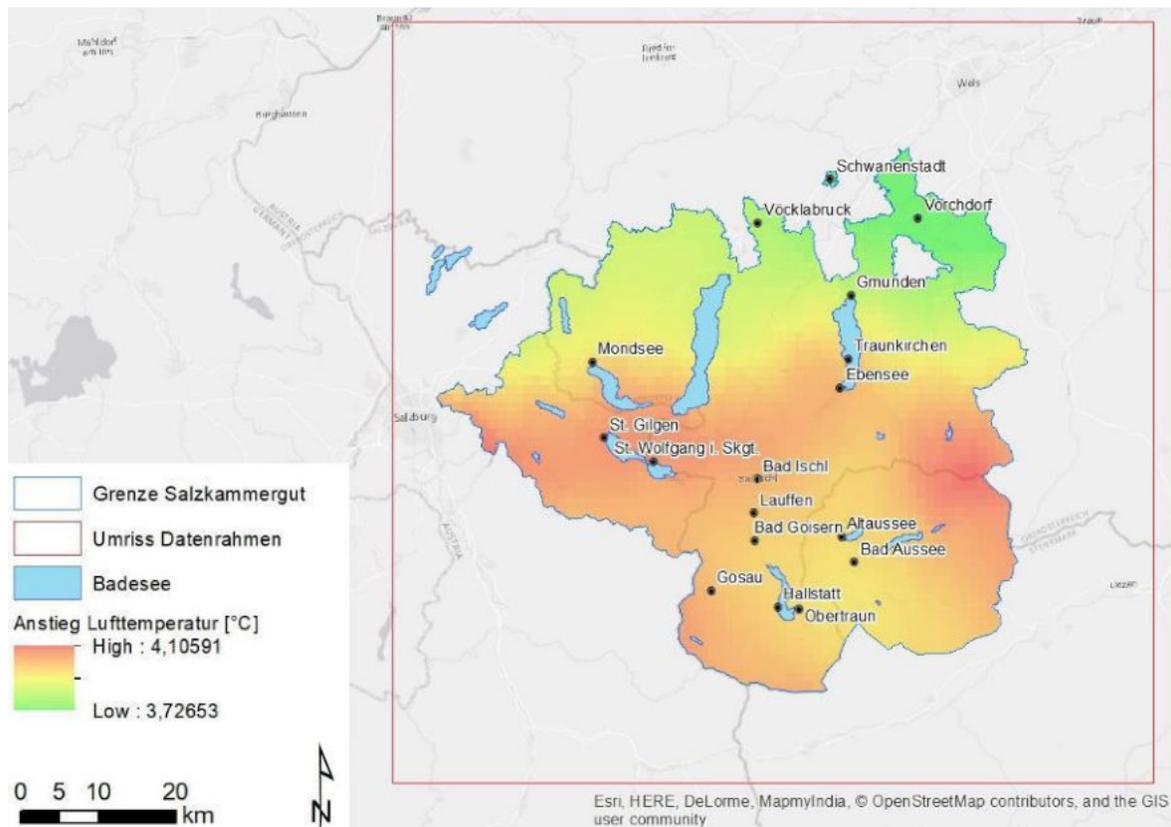


Abbildung 46: Auf die Grenzen des Salzkammergutes zugeschnittener Datensatz „tmrcp85abs-ccs2071-2100--1971-2000annual“, Auflösung 1 x 1 km. Grundkarte: World\_Light\_Gray\_Base.

Als nächster Schritt wurde unter Verwendung der Software „ArcGIS 10.2 for Desktop“ von ESRI Inc. durch Resampling die Zellengröße auf 10 x 10 m reduziert. Dazu wurde abermals die Methode der bilinearen Interpolation genutzt.

Die so gewonnenen Daten wurden invertiert und gemäß (Gl. 1) normalisiert, wobei der geringste Temperaturanstieg „255“, der stärkste den Wert „0“ erhielt. Das Ergebnis der Normalisierung ist in Abbildung 47 dargestellt und zeigt den fertiggestellten Indikator „Temperaturanstieg“.

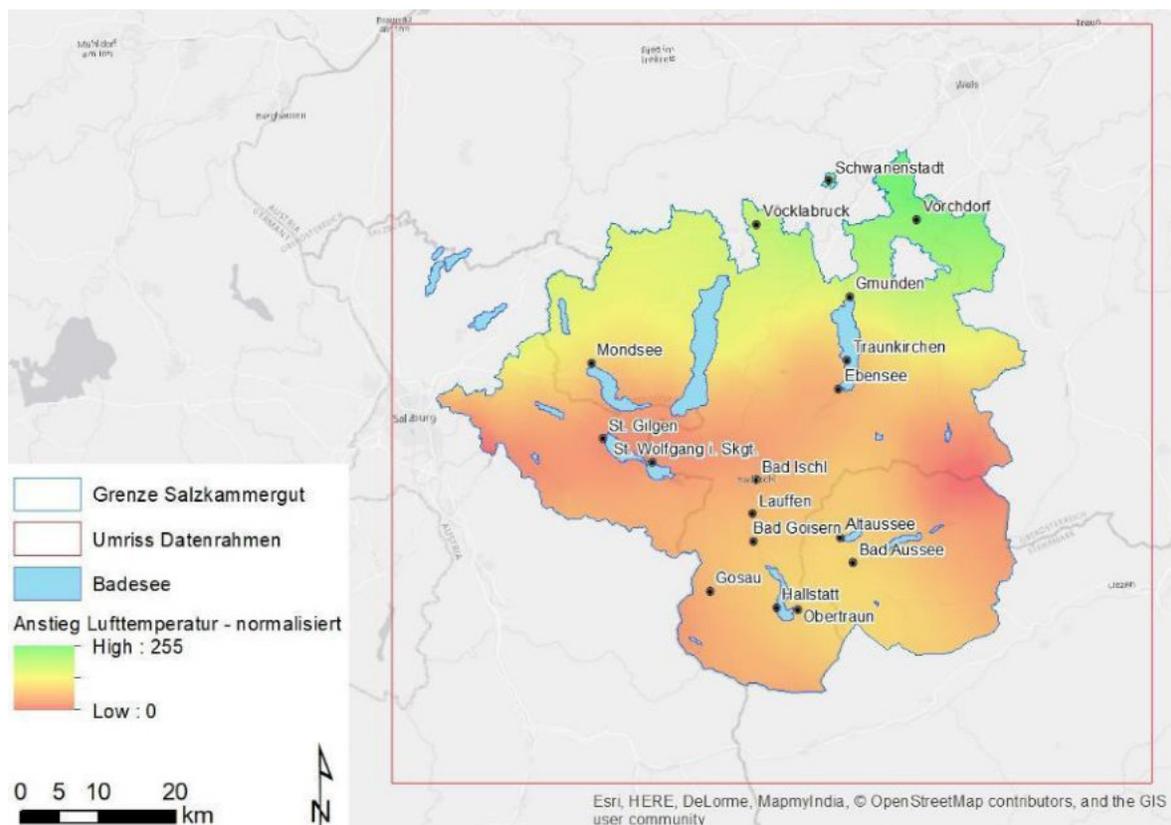


Abbildung 47: Normalisierter, auf eine Auflösung von 10 x 10 m resampelter Indikator „Temperaturanstieg“. Grundkarte: World\_Light\_Gray\_Base.

#### 4.2.10 Seehöhe

Da die durchschnittlichen Lufttemperaturen mit steigender absoluter Höhe abnehmen, sind diese in Bezug auf die Anpassungsfähigkeit an die Folgen des Klimawandels von Bedeutung. Wintersport wird in Regionen mit größeren, hochgelegenen Flächen daher deutlich länger ausgeübt werden können. Im Salzkammergut wird bis Mitte des 21. Jahrhunderts ab

einer Seehöhe von 1.100 m ü. Adria selbst bei einem Temperaturanstieg von 1°C bis 2°C noch für eine geschlossene Schneedecke ausreichend Niederschlag in Form von Schnee fallen (Formayer and Kromp-Kolb 2009). Ein weiterer Vorteil von höher gelegenen, kühleren Regionen besteht in deren intensiveren Nutzungsmöglichkeiten während in Zukunft häufiger vorkommender Hitzewellen (Formayer and Kromp-Kolb 2009).

Als Datengrundlage wurde das digitale Höhenmodell „dhm\_lamb\_10m“ von Geoland.at mit einer Auflösung von 10x10m verwendet. Die Index-Werte des Rasterdatensatzes beinhalten absolute Höhen in m ü. Adria.

Das digitale Höhenmodell (Format TIFF) wurde in die Projektion ETRS-LAEA (EPSG:3035) transformiert und auf die Grenzen des Salzkammergutes reduziert (Abbildung 48). Die Absoluthöhen des Salzkammergutes liegen demnach zwischen 335 und 2989 m ü. Adria.

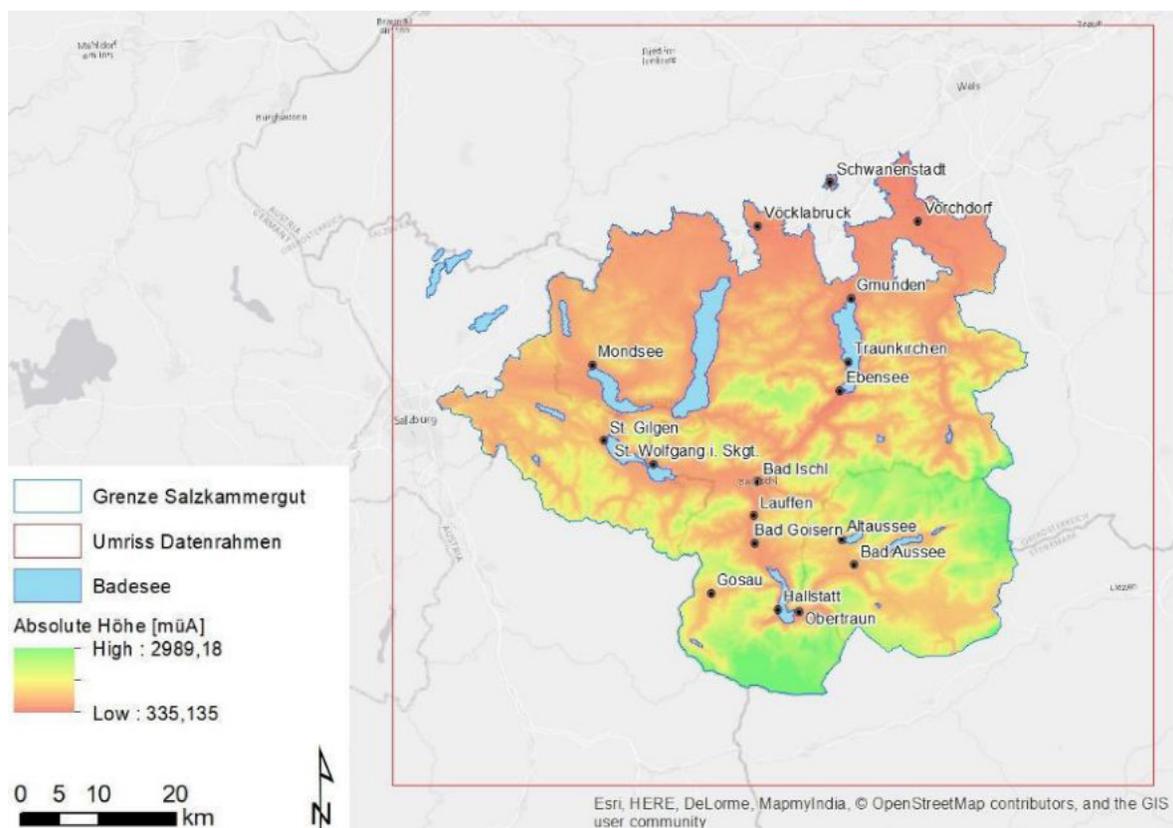


Abbildung 48: Auf die Grenzen des Salzkammergutes zugeschnittener Datensatz „dhm\_lamb\_10m“, Auflösung 10 x 10 m. Grundkarte: World\_Light\_Gray\_Base.

Die gewonnenen Daten wurden gemäß (Gl. 1 normalisiert, wobei die größten Höhen den Wert „255“, die geringsten den Wert „0“ erhielten. Das Ergebnis der Normalisierung ist in Abbildung 49 dargestellt und zeigt den fertiggestellten Indikator „Seehöhe“.

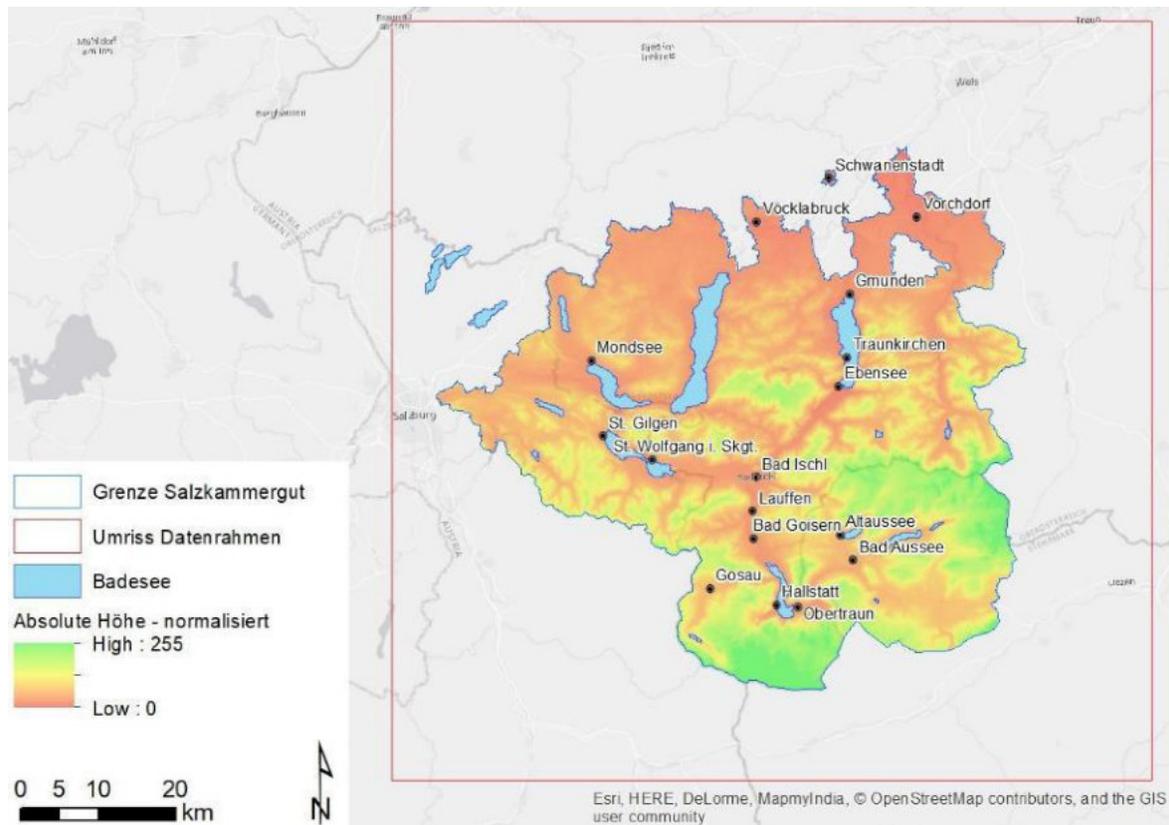


Abbildung 49: Normalisierter Indikator „Seehöhe“. Grundkarte: *World\_Light\_Gray\_Base*.

#### 4.2.11 Hangneigung

Durch den Klimawandel verursachte, steigende Temperaturen, häufiger auftretende extreme Niederschlagsereignisse und Temperaturschwankungen werden auch im Aktivitätsfeld Tourismus ein erhöhtes Risiko durch gravitative Massenbewegungen (European Environment Agency 23.02.2017; Umweltbundesamt 09.01.2017a; Formayer and Kromp-Kolb 2009), wie Steinschlag, Rutschungen oder Muren, verursachen. Besonders betroffen sind davon Bereiche mit großen Hangneigungen. Die Hangneigung wurde daher als Indikator in die gegenständliche Arbeit aufgenommen, wobei davon ausgegangen wird, dass sich große Hangneigungen negativ auf die Anpassungsfähigkeit an die Folgen des Klimawandels auswirken.

Als Datengrundlage diente auch hier das digitale Höhenmodell „dhm\_lamb\_10m“ von Geoland.at mit einer Auflösung von 10x10m. Das digitale Höhenmodell (Format TIFF) wurde in die Projektion ETRS-LAEA (EPSG:3035) transformiert und auf die Grenzen des Salzkammergutes reduziert. Unter Verwendung der Software „ArcGIS 10.2 for Desktop“ von ESRI Inc. wurde eine Rasteroberfläche mit den Hangneigungen in Grad als Indexwerte erstellt. Das Environmental Systems Research Institute Inc. (21.04.2016b) verwendet dazu den wie folgt beschriebenen Neigungsalgorithmus:

„Die Änderungsraten (Delta) der Oberfläche in der horizontalen ( $dz/dx$ ) und der vertikalen ( $dz/dy$ ) Richtung von der Mittelzelle bestimmen die Neigung. Der Basisalgorithmus zum Berechnen der Neigung lautet:  $\text{slope\_radians} = \text{ATAN}(\sqrt{[dz/dx]^2 + [dz/dy]^2})$ . Die Neigung wird in der Regel unter Verwendung des folgenden Algorithmus in Einheiten von Grad gemessen:  $\text{slope\_degrees} = \text{ATAN}(\sqrt{[dz/dx]^2 + [dz/dy]^2}) * 57.29578$ .“ (Environmental Systems Research Institute, Inc. 21.04.2016b:o.S.)

Die daraus resultierenden Hangneigungen liegen zwischen  $0^\circ$  und  $86^\circ$  (Abbildung 50).

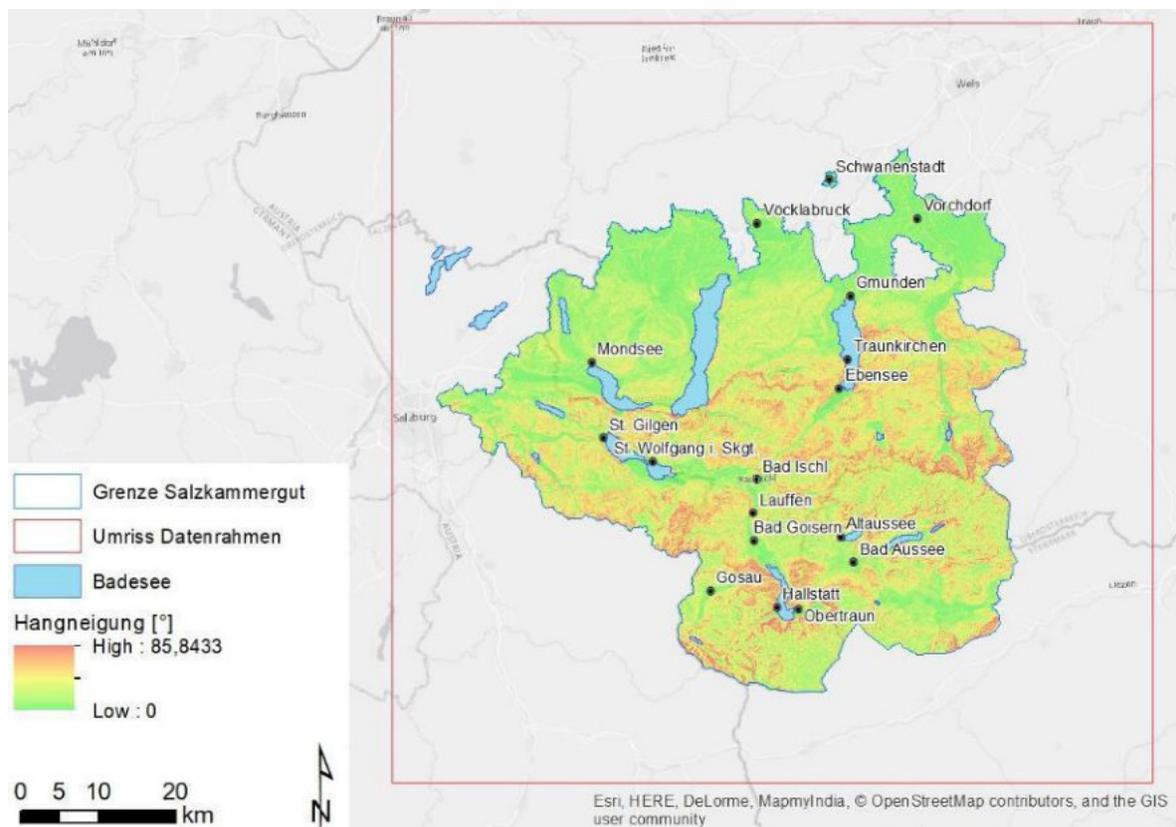


Abbildung 50: Aus dem Datensatz „dhm\_lamb\_10m“ erstellter und auf die Grenzen des Salzkammergutes zugeschnittener Hangneigungsraaster. Grundkarte: World\_Light\_Gray\_Base.

Die gewonnenen Daten wurden als nächster Schritt invertiert und gemäß (Gl. 1) normalisiert, wodurch die geringsten Hangneigungen den Wert „255“, die größten den Wert „0“ erhielten. Das Ergebnis der Normalisierung ist in Abbildung 51 dargestellt und zeigt den fertiggestellten Indikator „Hangneigung“.

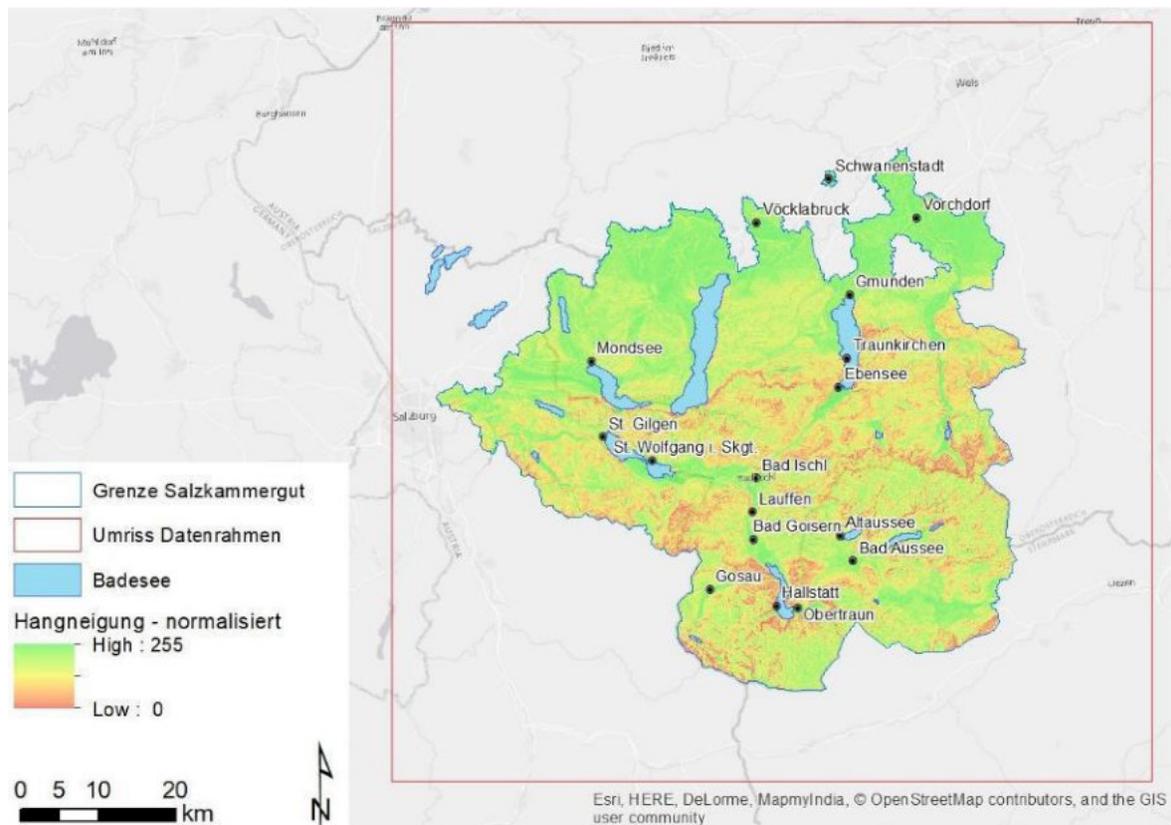


Abbildung 51: Normalisierter Indikator „Hangneigung“. Grundkarte: World\_Light\_Gray\_Base.

#### 4.2.12 Kulturerbe

Sowohl die Salzkammergut-Tourismus-Marketing GmbH (Salzkammergut Tourismus GmbH 19.11.2017a) als auch ein Forschungsbericht zum Klimawandel und Tourismus in Oberösterreich im Auftrag des OÖ Umweltlandesrates Rudi Anschöber und der Landes-Tourismusorganisation Oberösterreich (Formayer and Kromp-Kolb 2009) sehen das Thema ‚Kultur‘ als saison- und wetterunabhängiges Ganzjahresthema an, welches vom Klimawan-

del nur sehr schwach negativ beeinflusst wird. Das kulturelle Erbe des Salzkammergutes ist daher für dessen Fähigkeit, sich an die Folgen des Klimawandels anpassen zu können, ein wichtiger Indikator.

Jeschke (2006) führt folgende historisch-kulturelle und damit touristisch bedeutende Orte im Salzkammergut an:

- Altaussee
- Bad Aussee
- Bad Goisern
- Bad Ischl
- Ebensee
- Gmunden
- Gosau
- Hallstatt
- Lauffen
- Mondsee
- Obertraun
- Schwanenstadt
- St. Gilgen
- St. Wolfgang i. Skgt.
- Traunkirchen
- Vöcklabruck
- Vorchdorf

Die Punktdaten der oben angeführten touristisch bedeutenden Orte wurden dem von der Geofabrik GmbH online bereitgestellte OpenStreetMap-Datensatz „gis.osm\_places\_free“ entnommen. Die Datensätze wurden in die Projektion ETRS-LAEA (EPSG:3035) transformiert und auf die Grenzen des Salzkammergutes reduziert.

Die Ämter der Bundesländer Oberösterreich, Steiermark und Salzburg stellen ergänzend Datensätze mit Burgen und Schlössern (Land Oberösterreich: „Burgen\_Schloesser“, Land Steiermark: „burgen\_und\_schloesser“, Land Salzburg: „Burgen\_und\_Schloesser\_Shapefile“) als Punktdaten im Format SHP zur Verfügung.

Cumberland	Roith
Ebenzweier	Schäferleiten
Eggenberg	Schloss Fuschl
Grub	Schloss Hüttenstein
Hochhaus	Schöndorf
Kammer	Seeau
Kogl	Seeling
Lasseregg	Stauf
Lindach	Traunsee
Litzlberg	Urach
Messenbach	Wagrein
Mondsee	Walchen
Nieder-Seisenburg	Walkering
Oberweis	Weyer
Ort	Wildenegg
Pettenbach	Wimsbach
Pflindsberg, Lichtersberg	Wunderburg

*Tabelle 5: Burgen und Schlösser im Salzkammergut, entnommen aus den im Text genannten Datensätzen der Länder.*

Daraus wurden die innerhalb des Salzkammergutes liegenden Punktdaten für Burgen und Schlösser entnommen (Tabelle 5), in die Projektion ETRS-LAEA (EPSG:3035) transformiert, zusammengefügt und auf die Grenzen des Salzkammergutes reduziert. Der nächste Schritt stellte das Vereinen der Punktdaten der touristisch bedeutenden Orte mit jenen der Burgen und Schlösser dar (Abbildung 52).

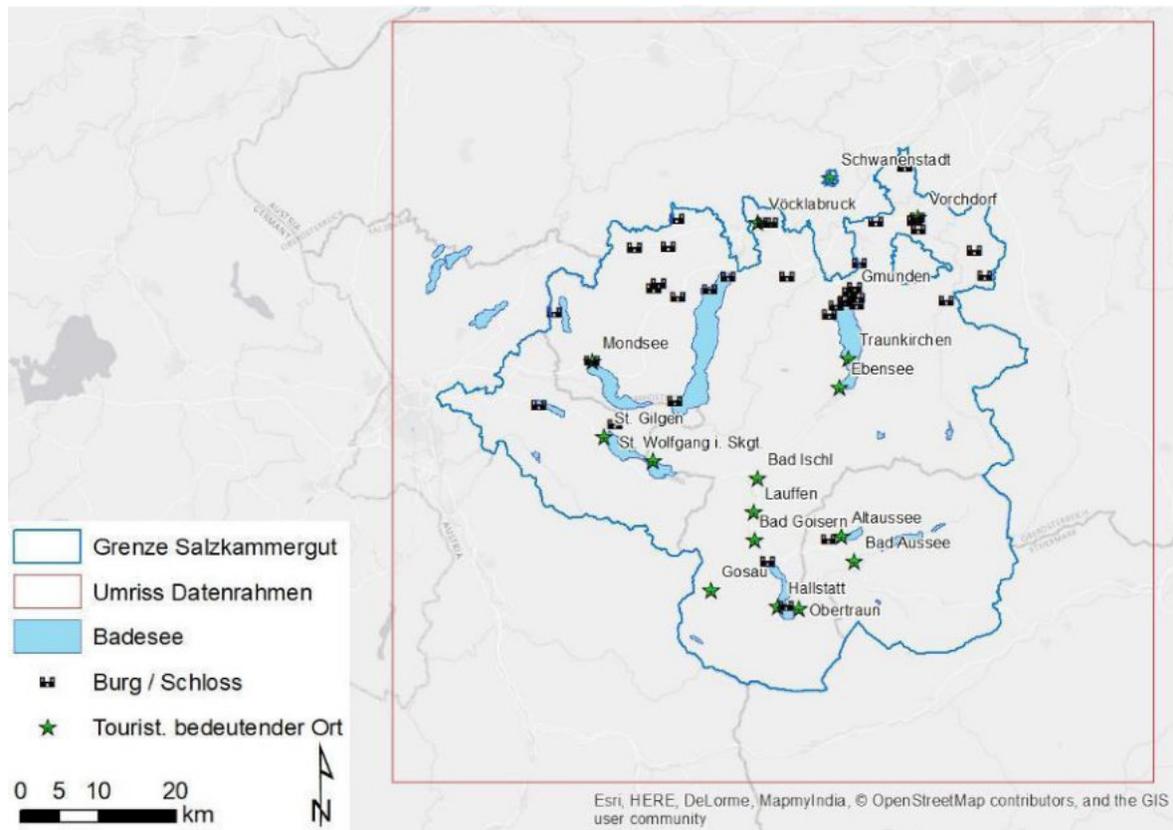


Abbildung 52: Aus den im Text genannten Geodaten zusammengesetzte kulturelle Orte, Burgen und Schlösser, zugeschnitten auf die Grenzen des Salzkammergutes. Grundkarte: World\_Light\_Gray\_Base.

Zur Erstellung eines kontinuierlichen Rasterdatensatzes wurde mit der Software „ArcGIS 10.2 for Desktop“ von ESRI Inc. ein euklidisches Entfernungsraster (Environmental Systems Research Institute, Inc. 21.04.2016a) berechnet, wobei für jede Zelle die Distanz zwischen deren Mittelpunkt und Punkt „kulturelles Erbe“ als Indexwert ermittelt wurde (Abbildung 53). Der maximale Abstand von einer Zelle innerhalb der erweiterten Arbeitsausdehnung zu einem touristisch bedeutsamen historisch-kulturellen Ort beträgt demnach rund 22.500 m.

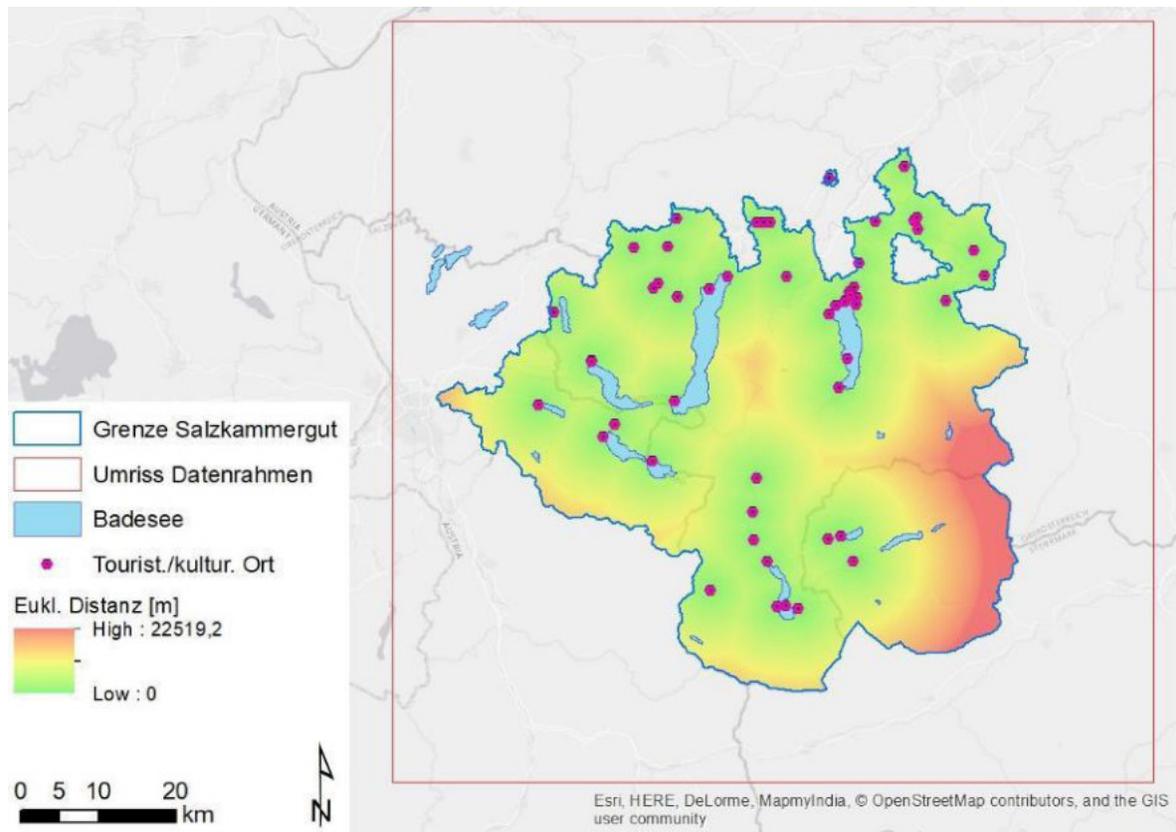


Abbildung 53: Indikator „Radwegenetz“. Miteinbezogene Radwege und euklidische Distanzoberfläche (Distanz zum nächsten Radweg). Grundkarte: World\_Light\_Gray\_Base.

Bevor die Normalisierung gemäß (Gl. 1) vorgenommen wurde, mussten die Distanzen invertiert werden (größte Entfernung = 0, geringste Entfernung = 255). Das Ergebnis der Normalisierung ist in Abbildung 54 dargestellt und zeigt den fertiggestellten Indikator „kulturelles Erbe“.

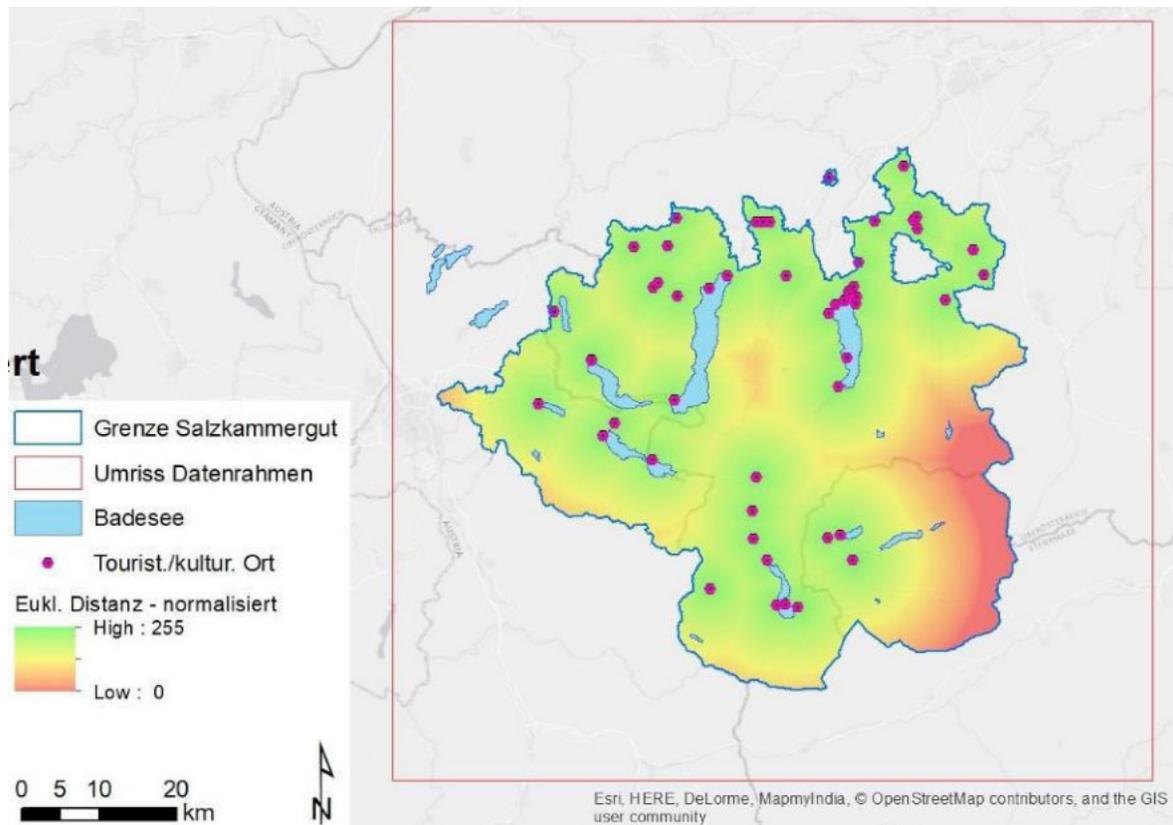


Abbildung 54: Normalisierter, auf die Grenzen des Salzammergutes zugeschnittener Indikator „kulturelles Erbe“. Grundkarte: World\_Light\_Gray\_Base.

### 4.3 Regionalisierung

Die Regionalisierung der zwölf Indikatoren wurde im vorliegenden Fall mit der Software „eCognition Developer 9“ von Trimble Inc. durchgeführt.

Zunächst wurden dabei im Trial-and-Error-Verfahren Multiresolution-Segmentierungen durchgeführt, wobei neben dem wichtigsten Parameter, dem „Scale-Parameter“, auch die Homogenitätskriterien „shape“ und „compactness“ verändert wurden. Die Ergebnisse der durchgeführten Parameter Varianten sind im Anhang 1 kartographisch dargestellt, die verwendeten Parameter in Tabelle 6 aufgelistet.

	Scale Parameter	Shape	Compactness
<b>Trial-and-Error Verfahren, Variante 1</b>	50	0,1	0,5
<b>Trial-and-Error Verfahren, Variante 2</b>	200	0,1	0,5
<b>Trial-and-Error Verfahren, Variante 3</b>	500	0,1	0,5
<b>Trial-and-Error Verfahren, Variante 4</b>	800	0,1	0,5
<b>Trial-and-Error Verfahren, Variante 5</b>	500	0,8	0,2
<b>Trial-and-Error Verfahren, Variante 6</b>	500	0,5	0,5

Tabelle 6: Parameter der vier in eCognition Developer 9 durchgeführten Trial-and-Error Regionalisierungsprozesse.

Weitere Regionalisierungen wurden unter Verwendung des Tools „ESP 2 (Estimation of Scale Parameters 2“ (Drăguț *et al.* 2010) durchgeführt. Dazu wurde in drei Maßstabsebenen jeweils ein anfänglicher Scale-Parameter von „1“ gewählt, die Werte der Schrittgrößen betragen in Level 1 „1“, in Level 2 „10“ und in Level 3 „100“ (Abbildung 55). Als Werte für Shape und Compactness wurden die Standardeinstellungen „0,1“ und „0,5“ verwendet. Die Regionalisierung erfolgte ohne Gewichtung der zwölf verschiedenen Indikatoren (Bildebenen). Die Ermittlung von drei Maßstäben (Scale Parameter), in welchen das Bild am passendsten segmentiert werden kann, erfolgte über die Änderungsraten der Schwellenwerte der lokalen Varianzen (Drăguț *et al.* 2010). Die drei von ESP2 vorgeschlagenen Maßstabsebenen liegen bei „248“ (Level 1), „811“ (Level 2) und „811“ (Level 3). Ein Diagramm, in welchem lokale Varianz und Änderungsrate gegen die Scale-Parameter dargestellt wurden (LV Graph), wurde vom ESP2-Tool trotz mehrmaliger Versuche nicht ausgegeben. Die Rechenzeit für die Regionalisierung (100 Loops, 12 Indikatoren, Auflösung 10 x 10 m, Fläche Arbeitsgebiet 3030 km<sup>2</sup> / 2,6 GHz dual core processor, 16 GB RAM) betrug ca. 60 Stunden. Die Ergebnisse der drei mit dem ESP2-Tool in eCognition durchgeführten Regionalisierungen sind im Anhang 1 kartographisch dargestellt.

Algorithm parameters	
Parameter	Value
Select map	main
Use of Hierarchy (0=no; 1=yes)	0
Hierarchy: TopDown=0 or BottomUp=1 ?	1
Starting scale_Level 1	1
Step size_Level 1	1
Starting scale_Level 2	1
Step size_Level 2	10
Starting scale_Level 3	1
Step size_Level 3	100
Shape (between 0.1 and 0.9)	0.1
Compactness (between 0.1 and 0.9)	0.5
Produce LV Graph (0=no; 1=yes)	1
Number of Loops	100

Feature	Value
<b>Scene Related Features</b>	
<b>Scene features</b>	<b>Scene variables</b>
CountLoops	100
Current scale_Level 1	248
Current scale_Level 2	811
Current scale_Level 3	1701
Current scale_LV_graph	100
<b>Scene features</b>	<b>Scene-related</b>
Number of image layers	12

Abbildung 55: ESP2-Tool in eCognition Developer 9: Links: Gewählte Parameter (Screenshot). Rechts: Ergebnis der Regionalisierung mit ESP2, Maßstabsebenen 1 bis 3 (Screenshot).

## 5 Ergebnisse

Die durch die Anwendung des Trial-and-Error-Verfahrens und des ESP2-Tools regionalisierten Geone liegen im Anhang in kartographischer Darstellung bei. Die auf Werte zwischen 0 und 1 normalisierten Anpassungsfähigkeiten wurden jeweils in folgende zehn bzw. fünf die Anpassungsfähigkeit indizierende, äquidistante Klassen unterteilt, wobei 1 jeweils die beste Anpassungsfähigkeit bedeutet:



Abbildung 56: Index der Anpassungsfähigkeit („IDA“), dargestellt in zehn bzw. fünf äquidistanten Klassen.

Der „Index der Anpassungsfähigkeit“ wird in weiterer Folge teilweise mit „IDA“ abgekürzt.

Nach optischer Beurteilung der Ergebnisse ist festzustellen, dass erst ab einem Scale-Parameter von „200“ ein gut lesbares Ergebnis vorliegt, kleinere Scale-Parameter (Abbildung 58) erwirken zu kleine Geone, die kaum les- und nutzbar sind. Die aussagekräftigsten Darstellungen bieten die mit dem ESP-Tool in Level 1 erstellten Geone (Scale-Parameter „248“), sowie die durch Trial-and-Error entstandenen Varianten 3 und 4. Geone, welche mit einem Scale-Parameter über „500“ erstellt wurden, wirken im Allgemeinen sehr grobauflösend, decken sich sehr stark gut mit den morphologischen Eigenschaften einer Region. In Abbildung 57 sind die beiden ESP2-Levels „1“ und „3“ im Bereich Traunkirchen-Ebensee vergleichend dargestellt. In beiden Levels sind, wie erwartet, die Regionen im ebenen, wenig von naturgefahren bedrohten Bereich mit Nähe zum Traunsee und guter Infrastrukturanbindung als gut anpassungsfähig klassifiziert. In beiden Levels verlaufen die Grenzen der Geone außerdem völlig unabhängig von den Gemeindegrenzen. Die Geongrenzen in Level 3 zeigen eine gewisse Kongruenz mit morphologisch abgrenzbaren Regionen. So bildet der sehr steile, felsige Gipfelbereich westlich von Ebensee ein Geon aus. Die etwas flacheren, darunter liegenden Abschnitte, sowie die Talebene mit dem Traunsee sind ebenfalls klar voneinander abgegrenzt.

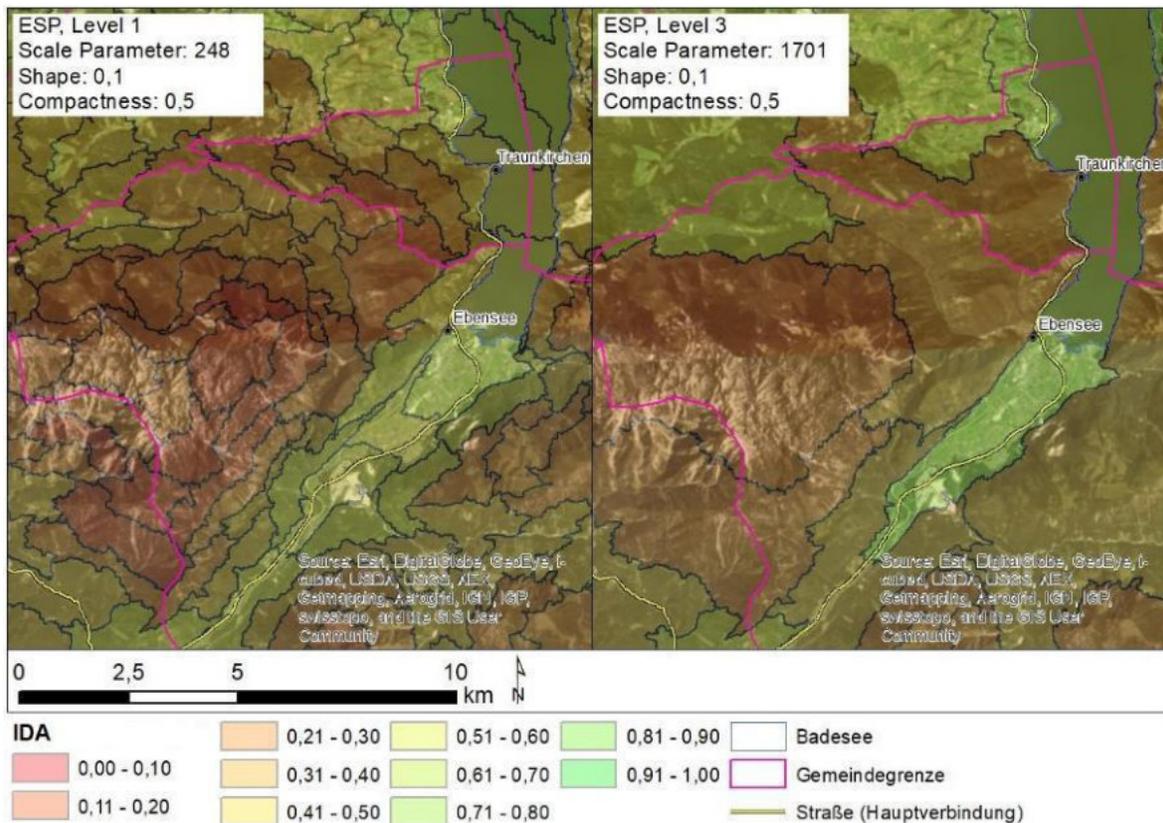


Abbildung 57: Die von ESP2 vorgeschlagenen Levels 1 und 3 im Vergleich.

Stark auffällig ist ein Bereich mit sehr kleinen Polygonen (10 x 10 m) auf Pixelebene der zwölf eingesetzten Indikatoren zwischen Bad Goisern und Hallstatt, welcher, unabhängig von den gewählten Parametern Scale-Parameter, Shape und Compactness auftritt (Abbildung 58).

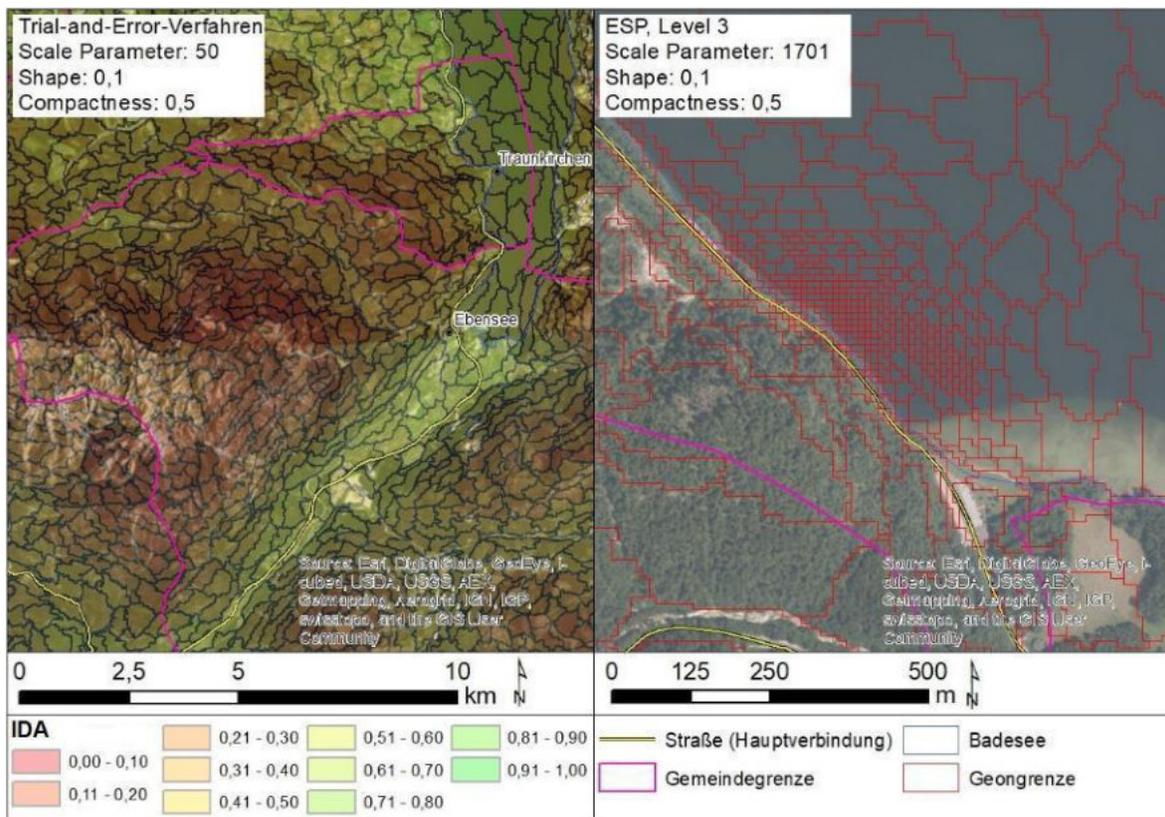


Abbildung 58: Links: Bei einem Scale-Parameter von 50 generierte, sehr kleine Geone. Rechts: Bildung von Geonen in Pixelgröße der Ausgangsindikatoren (10 x 10 m) auch bei dem größten verwendeten Scale-Parameter von 1701.

Eine besonders gute Anpassungsfähigkeit liegt im nordöstlichen Salzkammergut vor. Die Anpassungsfähigkeit im nördlichen Flachland ist insgesamt höher. Schlechter fallen die Ergebnisse für die höheren Lagen des gebirgigen mittleren und südlichen Salzkammergutes aus. Durchwachsen scheinen die Anpassungsfähigkeiten für die Talregionen. Während die Region St. Gilgen – St. Wolfgang eher als schlechter anpassungsfähig hervorgeht, zeigen die Talregionen um Altaussee, Bad Aussee und Hallstatt deutlich günstigere Bedingungen (Abbildung 59).

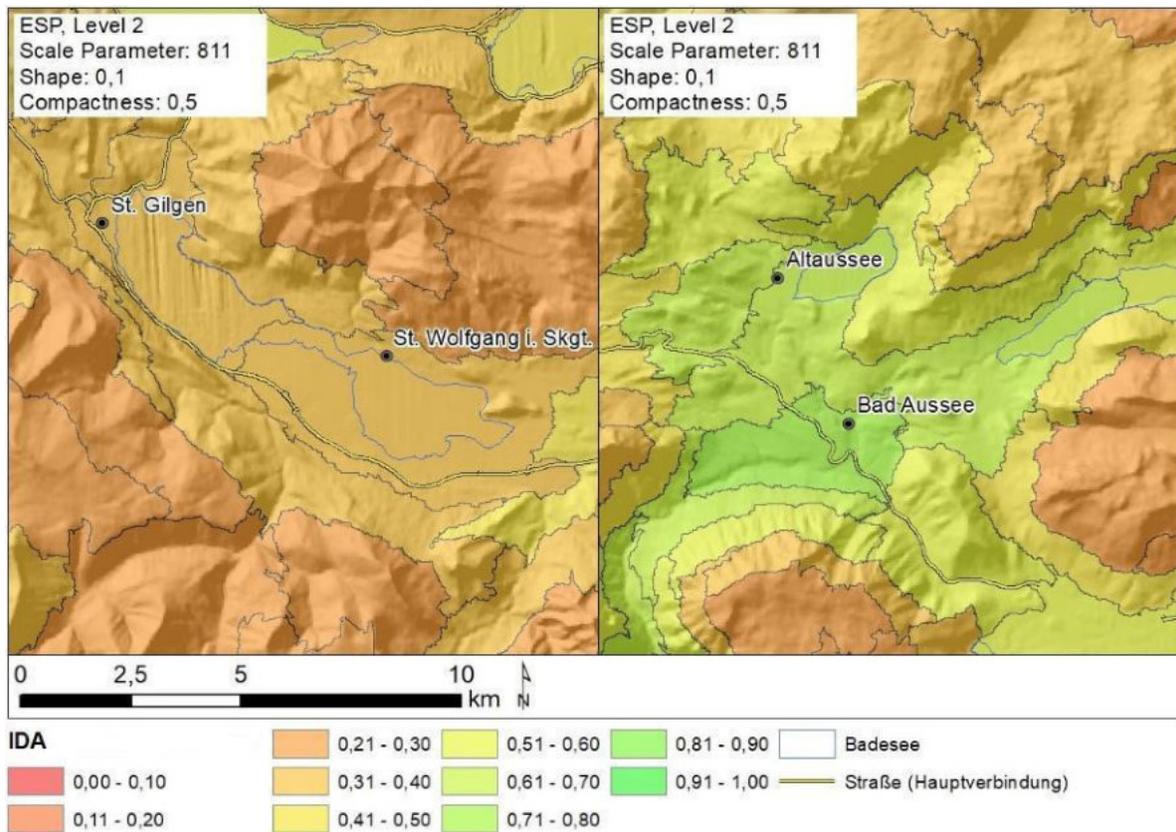


Abbildung 59: Regionale Unterschiede in der Anpassungsfähigkeit von gut erschlossenen Talbereichen mit Badeseen.

Die regionale Anpassungsfähigkeit ist, unabhängig vom Regionalisierungsmaßstab, häufig als sehr ähnlich zu bezeichnen (Abbildung 60). Eine leichte Tendenz zur Klassifizierung in Geone mit geringeren Anpassungsfähigkeiten ist jedoch bei niedrigeren Maßstabsparametern zu erkennen (Abbildung 60). Diese Regionen kommen besonders im Osten und Südwesten des Salzkammergutes vor.

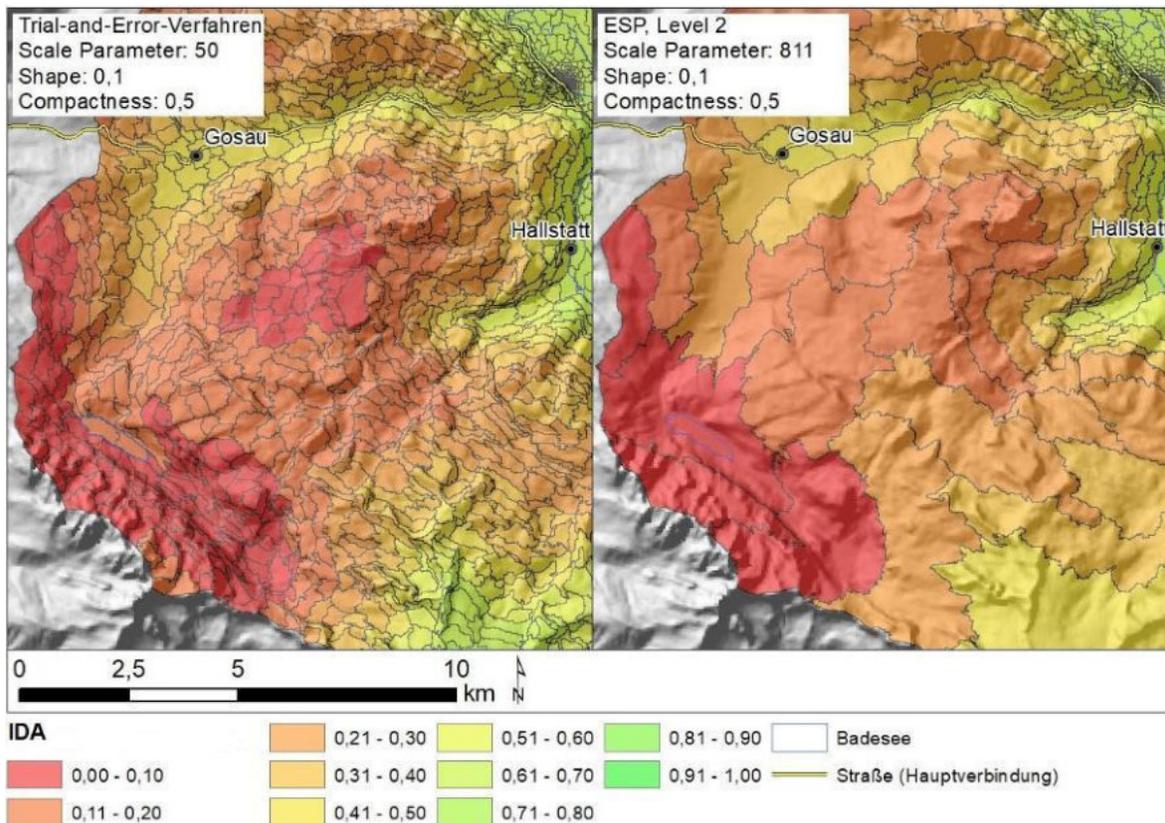


Abbildung 60: Index der Anpassungsfähigkeit bei unterschiedlichen Scale-Parametern im Südwesten des Salzkammergutes.

Einen Überblick über die formbezogenen Maßzahlen Asymmetrie, Shape-Index und Kompaktheit, sowie Flächenmaße der entstandenen Geone und die mittleren Anpassungsfähigkeiten gibt Tabelle 7.

	Scale Parameter	Shape	Compactness	Asymmetrie			Shape Index			Kompaktheit			Fläche [m <sup>2</sup> ]			Mittlerer IDA (0-1)
				Min.	Max.	MW	Min.	Max.	MW	Min.	Max.	MW	Min.	Max.	MW	
T/E Var. 1	50	0,1	0,5	0,00	1,00	0,57	1,00	7,29	1,78	1,00	29,31	1,88	100	890200	195385	0,45
T/E Var. 2	200	0,1	0,5	0,00	1,00	0,51	1,00	5,65	1,68	1,00	7,80	1,66	100	5801700	819453	0,53
T/E Var. 3	500	0,1	0,5	0,00	1,00	0,47	1,00	4,46	1,54	1,00	7,80	1,55	100	23679800	1206997	0,57
T/E Var. 4	800	0,1	0,5	0,00	1,00	0,47	1,00	4,37	1,49	1,00	7,80	1,52	100	44368800	1290203	0,58
T/E Var. 5	500	0,8	0,2	0,00	1,00	0,41	1,00	4,20	1,36	1,00	5,78	1,38	100	45509600	1522103	0,58
T/E Var. 6	500	0,5	0,5	0,00	1,00	0,42	1,00	4,42	1,36	1,00	8,41	1,41	100	29365500	1309107	0,57
ESP2 Lev. 1	248	0,1	0,5	0,00	1,00	0,50	1,00	4,77	1,64	1,00	9,42	1,63	100	8739700	908054	0,54
ESP2 Lev. 2	811	0,1	0,5	0,00	1,00	0,47	1,00	4,77	1,49	1,00	9,42	1,52	100	35479100	1261228	0,58
ESP2 Lev. 3	1701	0,1	0,5	0,00	1,00	0,46	1,00	4,77	1,46	1,00	9,42	1,50	100	100872400	1302962	0,58

Tabelle 7: Regionalisierungsergebnisse: Überblick über formbezogene Maßzahlen und mittlere Anpassungsfähigkeiten.

Die in Tabelle 7 angegebenen formbezogenen Maßzahlen Asymmetrie, Shape-Index und Kompaktheit wurden mit der Software eCognition ermittelt. Angaben zu Flächen und mittleren Anpassungsfähigkeiten wurden in ArcGIS berechnet.

Aus Tabelle 7 geht hervor, dass die durchschnittliche Asymmetrie der Geone mit steigendem Scale-Parameter abnimmt. Der Einfluss der Parameter „Shape“ und „Compactness“ auf die Symmetrie der Patches geht ebenfalls klar hervor. Insgesamt lässt sich feststellen, dass größere Geone eine symmetrischere Form aufweisen als kleinere.

Eine weitere Möglichkeit, die Formen von Polygonen zu beschreiben, bietet der Shape-Index (Lang and Blaschke 2007). Er wurde von Forman and Godron (1986) entwickelt, um der Landschaftsökologie ein standardisiertes Gestaltmaß zu liefern. Charakterisiert wird die Abweichung von der optimalen Kreisform, welche im Wert „1“ festgelegt wurde (Lang and Blaschke 2007) und unabhängig von der absoluten Fläche ist. Der Vergleich der mittleren Shape-Indizes in Tabelle 7 zeigt die Annäherung an die optimale Kreisform mit steigendem Scale-Parameter. Eine „manuelle“ Verbesserung der Shape-Indizes kann, wie die Ergebnisse zeigen, zusätzlich mit Erhöhung der Parameter „Shape“ und „Compactness“ erreicht werden. Patches mit Shape-Indizes  $\leq 1,4$  können als relativ kompakt bezeichnet werden (Lang and Blaschke 2007). In Abbildung 61 sind die Shape-Indizes der Geone bei unterschiedlichen Maßstabs-Parametern („200“ und „800“) dargestellt. Daraus geht, abweichend zur rein statistischen Betrachtung in Tabelle 7, hervor, dass der Anteil an relativ kompakten Polygonen (Shape Index  $< 1,4$ ) bei niedrigerem Scale-Parameter deutlich höher ist. Der hohe Mittelwert für kleinere Patches geht aus deren deutlich höheren maximalen Shape-Indizes hervor.

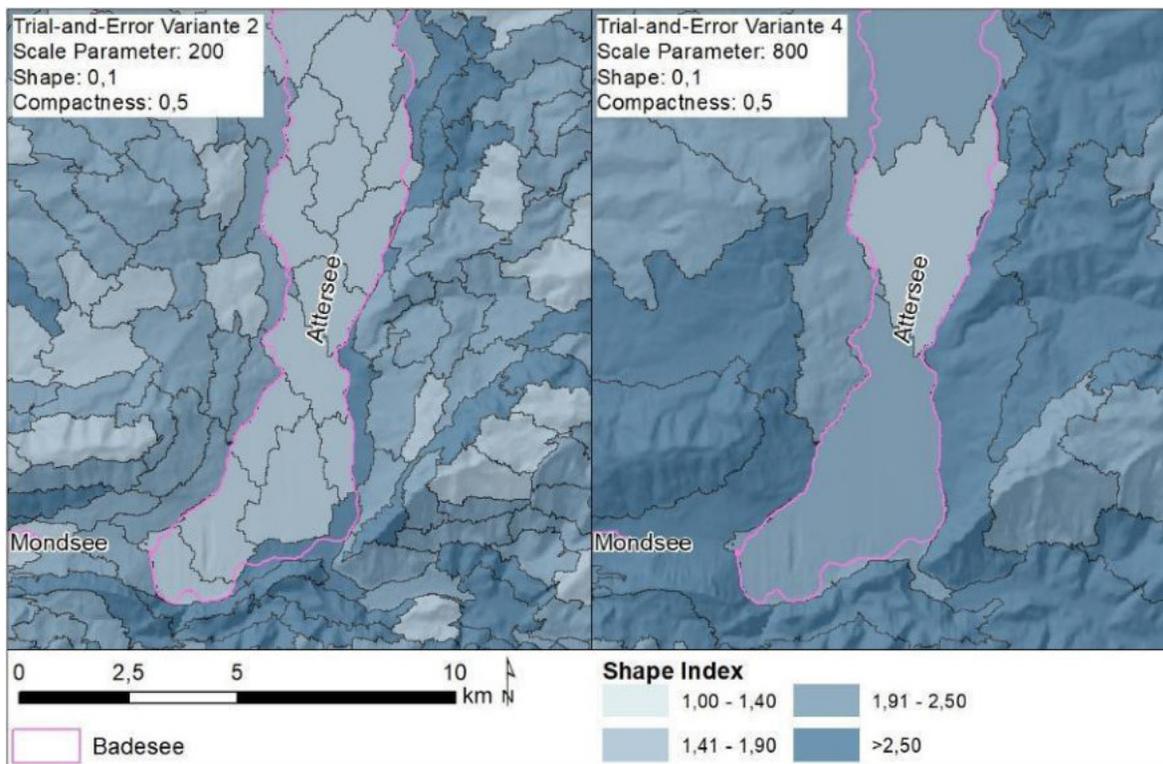


Abbildung 61: Shape Indizes bei unterschiedlichen Scale-Parametern im Bereich des Attersees.

Die Betrachtung der Kompaktheit (nach eCognition) zeichnet ein ähnliches Bild wie der Shape Index. Während die mittlere Kompaktheit in Tabelle 7 mit steigendem Scale-Parameter zunimmt, geht aus Abbildung 62 hervor, dass die Variante mit geringerem Scale-Parameter („200“) insgesamt einen höheren Anteil an Fläche mit relativ kompakten Geonen einnimmt, als jener mit höherem Scale-Parameter („800“). Eine „manuelle“ Verbesserung der Kompaktheit kann, wie die Ergebnisse in Tabelle 7 zeigen, zusätzlich mit Erhöhung des Parameters „Shape“ und natürlich besonders der des Parameters „Compactness“ erreicht werden.

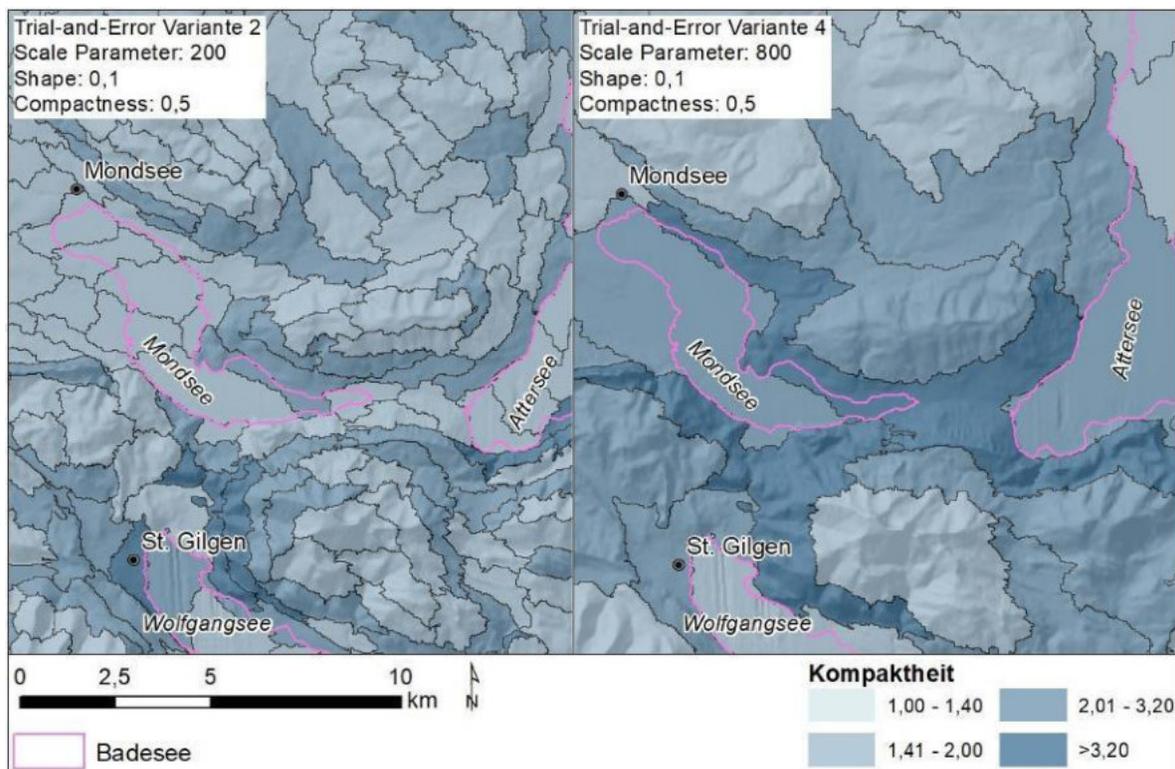


Abbildung 62: Kompaktheitsmaße bei unterschiedlichen Scale-Parametern im Bereich zwischen Mondsee und St. Gilgen.

Die in Tabelle 7 aufgelisteten durchschnittlichen Flächengrößen der Geone richten sich, ohne Anpassung von „Shape“ und „Compactness“, natürlich zunächst ausschließlich nach der Höhe des Scale-Parameters. Betrachtet man die Varianten 3, 5 und 6 des Trial-and-Error Verfahrens, in welchen stets ein Maßstabsparameter von „500“ bei variablen Parametern „Shape“ und „Compactness“ angewandt wurde, so erschließt sich deren Einfluss auf die Flächenmaße.

Die minimalen Flächengrößen liegen in sämtlichen durchgeführten Regionalisierungsprozessen bei 100 m<sup>2</sup>, was der Auflösung der Rasteroberflächen der Indikatoren entspricht. Die maximalen Größen der Einheiten betragen zwischen 0,89 km<sup>2</sup> (Scale-Parameter „50“) und 100,87 km<sup>2</sup> (Scale-Parameter „1701“). Interessant ist auch die Betrachtung der Häufigkeitsverteilung der Größen der Patches (Abbildung 63). Diese zeigt, dass die größte Anzahl der Patches in die Klasse von 100 m<sup>2</sup> fällt, was der Rasterauflösung der Indikatoren ent-

spricht und auf die Heterogenität der betreffenden Bereiche zurückgeführt werden kann (vgl. Kienberger *et al.* 2009).

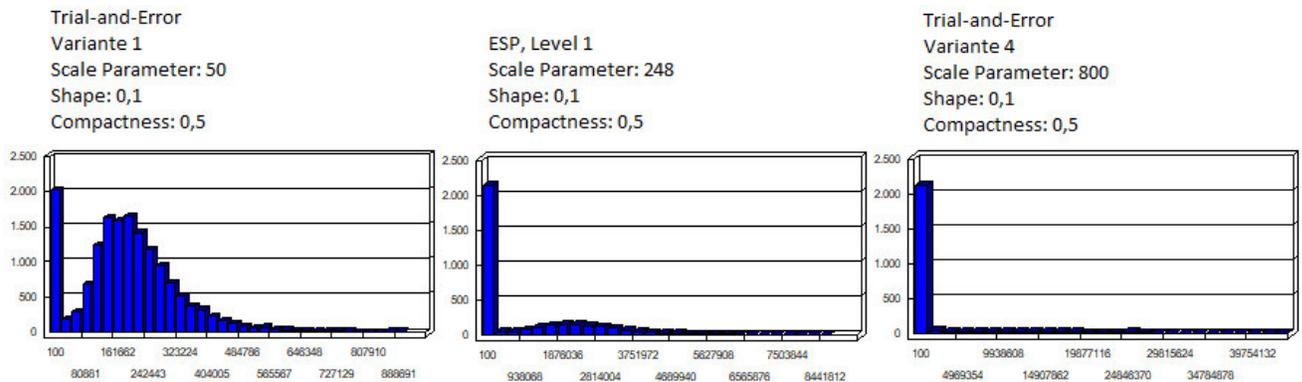


Abbildung 63: Diagramme der Häufigkeitsverteilungen der Flächen der Geone bei verschiedenen Scale-Parametern.

Die in Abbildung 64 in Diagrammen dargestellten Häufigkeitsverteilungen der auf Werte zwischen 0 und 1 normalisierten Anpassungsfähigkeiten der Geone zeigen eine bimodale Verteilung auf die zehn Anpassungsfähigkeitsklassen. Besonders viele Patches besitzen demnach Anpassungsfähigkeiten welche in die Klassen 2 und 3, sowie 6 und 7 fallen. Besonders wenige Patches fallen in die äußersten Klassen 1 und 10, was im Prinzip einer Normalverteilung entspricht (vgl. Kienberger *et al.* 2009).

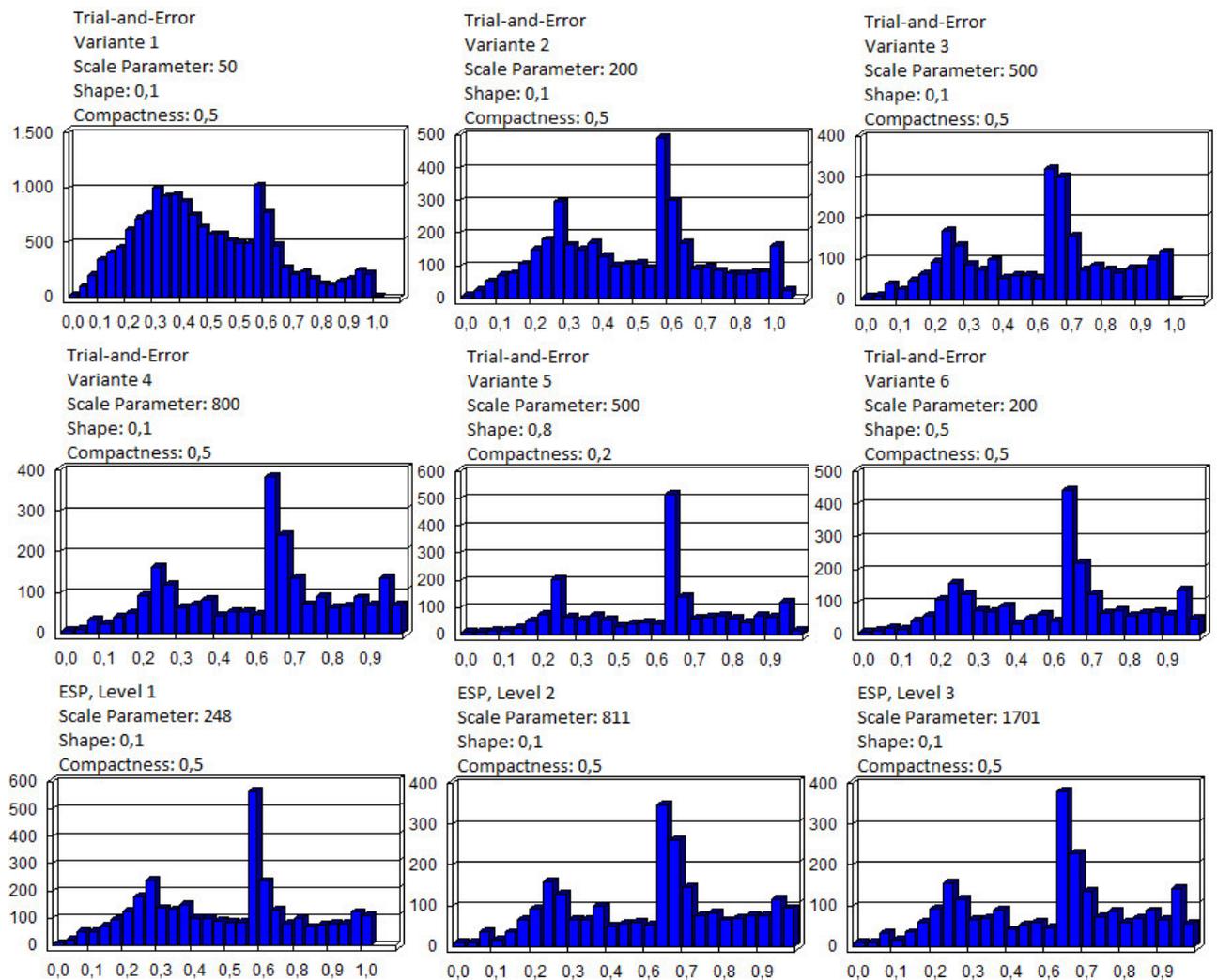


Abbildung 64: Anzahl der Einheiten pro Anpassungsfähigkeitsklasse bei den verschiedenen Scale-Parametern.

Als weitere Möglichkeit die gewonnenen Daten zu analysieren nennen Lang *et al.* (2014) den Shannon Index (SI) (Shannon and Weaver 1949). Der Shannon Index, ursprünglich eine Kennzahl zur Bestimmung der biologischen Vielfalt (Chao and Shen 2003), kann Aufschluss darüber geben, ob viele oder eher weniger Indikatoren an der Bildung eines Geons beteiligt sind und ob die Verteilung der Indikatoren im Zuge der Regionalisierung gleichmäßig erfolgt ist (Lang *et al.* 2014). Der Shannon Index wird mit der folgenden Formel beschrieben:

$$(Gl. 2) \quad H = - \sum_{i=1}^m P_i \cdot \ln P_i \quad (\text{Lang and Blaschke 2007})$$

wobei  $H$  = Shannon Index (Diversität),  $P$  = Bedeckungsgrad der Klasse  $i$ ,  $m$  = Klassenanzahl

Die Berechnung des Shannon-Index erfolgte mit dem vektorbasierenden Landschaftsanalysetool V-LATE 2.0 beta (als Extension für ArcGIS) (Lang and Tiede 2003). Dazu wurde zuvor die Anzahl an Geonen pro Anpassungsfähigkeitsklasse (1 – 10) aufsummiert. Mit V-LATE 2.0 beta wurden auch die Diversitätsmaße Dominanz und Äquität (nach Shannon and Weaver 1949) ermittelt. Während die Dominanz die Abweichung vom maximalen Diversitätswert beziffert, beschreibt die Äquität die durch den maximalen Diversitätswert standardisierte Diversität und damit die Ähnlichkeit der Flächenanteile (Lang and Blaschke 2007). Die Ergebnisse sind in Tabelle 8 dargestellt.

	Scale Parameter	Shape	Compactness	Shannon-Index	Äquität	Dominanz
<b>Trial-and-Error Verfahren, Variante 1</b>	50	0,1	0,5	2,111	0,917	0,191
<b>Trial-and-Error Verfahren, Variante 2</b>	200	0,1	0,5	2,102	0,913	0,200
<b>Trial-and-Error Verfahren, Variante 3</b>	500	0,1	0,5	2,086	0,906	0,216
<b>Trial-and-Error Verfahren, Variante 4</b>	800	0,1	0,5	2,040	0,886	0,262
<b>Trial-and-Error Verfahren, Variante 5</b>	500	0,8	0,2	2,058	0,894	0,245
<b>Trial-and-Error Verfahren, Variante 6</b>	500	0,5	0,5	2,063	0,896	0,240
<b>ESP2, Level 1</b>	248	0,1	0,5	2,095	0,910	0,207
<b>ESP2, Level 2</b>	811	0,1	0,5	2,041	0,886	0,262
<b>ESP2, Level 3</b>	1701	0,1	0,5	2,019	0,877	0,283

Tabelle 8: Diversitätsmaße Shannon-Index, Äquität und Dominanz.

Die maximale Diversität, ermittelt aus der Summe von Shannon-Index und Dominanz, liegt bei jeweils 2,3. Die Fülle wird in allen in Tabelle 8 aufgelisteten Fällen mit dem Wert „10“ beschrieben und entspricht den zehn gewählten Anpassungsfähigkeitsklassen.

Der Shannon Index nimmt mit steigendem Scale-Parameter ab (Tabelle 8, Abbildung 65). Höhere Werte bedeuten, dass eine höhere Anzahl von Indikatoren bei relativ gleicher Verteilung in den Regionalisierungsprozess miteinbezogen wurden (Lang *et al.* 2014). Daraus kann geschlossen werden, dass die Anzahl der miteinbezogenen Indikatoren bei steigendem Scale-Parameter, also größeren resultierenden Geonen, abnimmt. Abbildung 65 zeigt außerdem, dass die Ähnlichkeit der Flächenanteile (Äquität) mit steigendem Scale-Parameter abnimmt. Die Dominanz nimmt bei abnehmendem Shannon-Index natürlich zu.

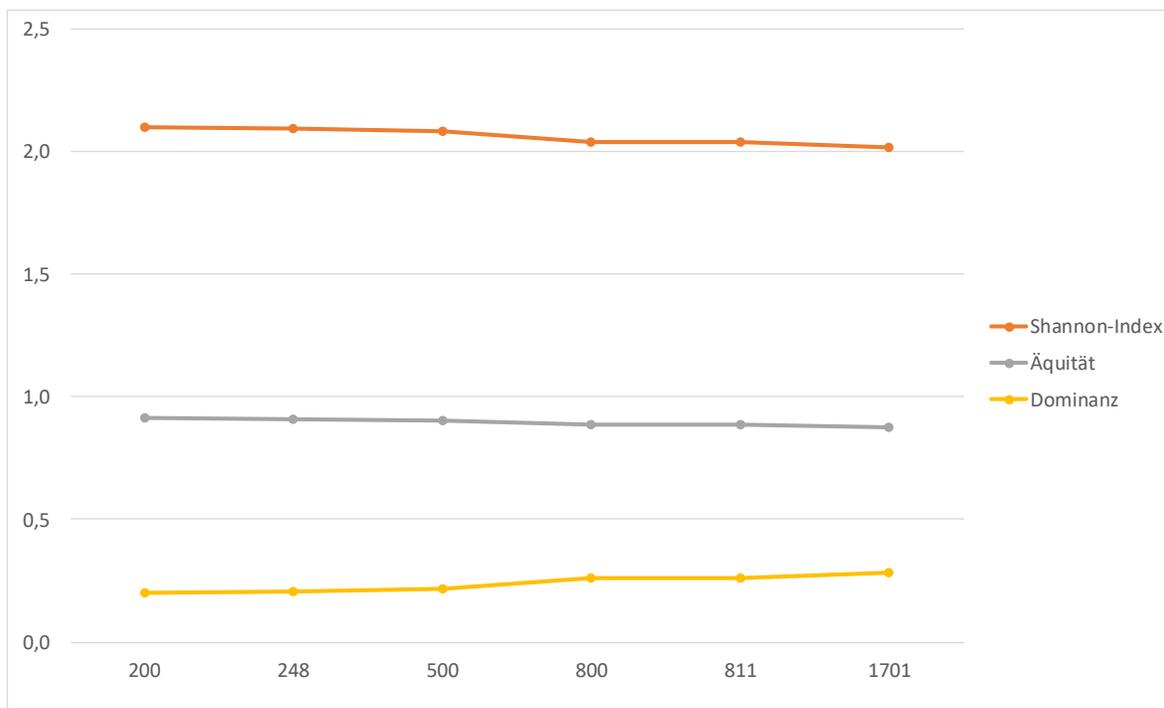


Abbildung 65: Diagramm: Diversitätsmaße versus bei der Regionalisierung verwendete Scale-Parameter. Eingabewerte für Shape stets 0,1, für Compactness stets 0,5.

## 6 Diskussion

### 6.1 Schlussfolgerung

#### 6.1.1 Inhaltliche Plausibilitätsprüfung

Die Ergebnisse scheinen, bei Vergleich der kartographischen Darstellungen (Anhang) mit den verwendeten Indikatoren und den in den Kapiteln 2.1.3, 2.1.4 und 2.2 beschriebenen Auswirkungen des Klimawandels, plausibel. Hohe Lagen im Gebirge sind durch schlechtere Infrastrukturanbindung, größere Verwundbarkeit durch gravitative Naturgefahren und höher prognostizierten Temperaturanstieg benachteiligt. Der am besten anpassungsfähige Bereich im nordöstlichen Salzkammergut hat laut Prognosen (Chimani *et al.* 2016) auch mit dem geringsten Temperaturanstieg zu rechnen. Auch in den gut anpassungsfähigen Talregionen Altaussee – Bad Aussee und Hallstatt fällt der Temperaturanstieg moderat aus. Hinzu wirken sich in beiden Bereichen die gute Infrastrukturanbindung und die Nähe zu touristischen Attraktionen positiv aus. Die Region um den Wolfgangsee (St. Gilgen – St.

Wolfgang) weist beispielsweise eine etwas schlechtere Anpassungsfähigkeit auf, was auch auf das Fehlen einer Bahnanbindung und den relativ hohen prognostizierten Temperaturanstieg, welcher im Sommer während zunehmender Hitzewellen Outdooraktivitäten und im Winter das Skifahren auf dem Zwölferhorn negativ beeinflussen wird, zurückgeführt werden kann.

### 6.1.2 Maßstabswahl

Das Ziel der Geonerstellung liegt auch darin, möglichst aussagekräftige und übersichtliche Darstellungen zur, in diesem Fall, Anpassungsfähigkeit an die Folgen des Klimawandels liefern zu können, welche beispielsweise politischen Entscheidungsträgern helfen sollen, geeignete Maßnahmen zu treffen (Lang *et al.* 2008). Besonders der bei der Regionalisierung gewählte Maßstab beeinflusst die Übersichtlichkeit und Lesbarkeit wesentlich. Welcher Maßstab letztendlich gewünscht ist, wird häufig nur sehr schwer abschätzbar sein. Eine gut „verwaltbare“ durchschnittliche Patchgröße könnte dabei möglicherweise bereits bestehende, bewährte Verwaltungseinheiten liefern. Im Salzkammergut liegt die durchschnittliche Fläche einer Gemeinde bei rund 51 km<sup>2</sup>. Aufgrund der vielen Patches mit sehr kleinen Flächen (s. Häufigkeitsverteilung Abbildung 63) ist dies jedoch kaum umsetzbar. Filtert man kleine Patches, so entspricht das ESP2 -Level 3 (Scale Parameter 1701) am ehesten den durchschnittlichen Gemeindeflächen (Abbildung 66).

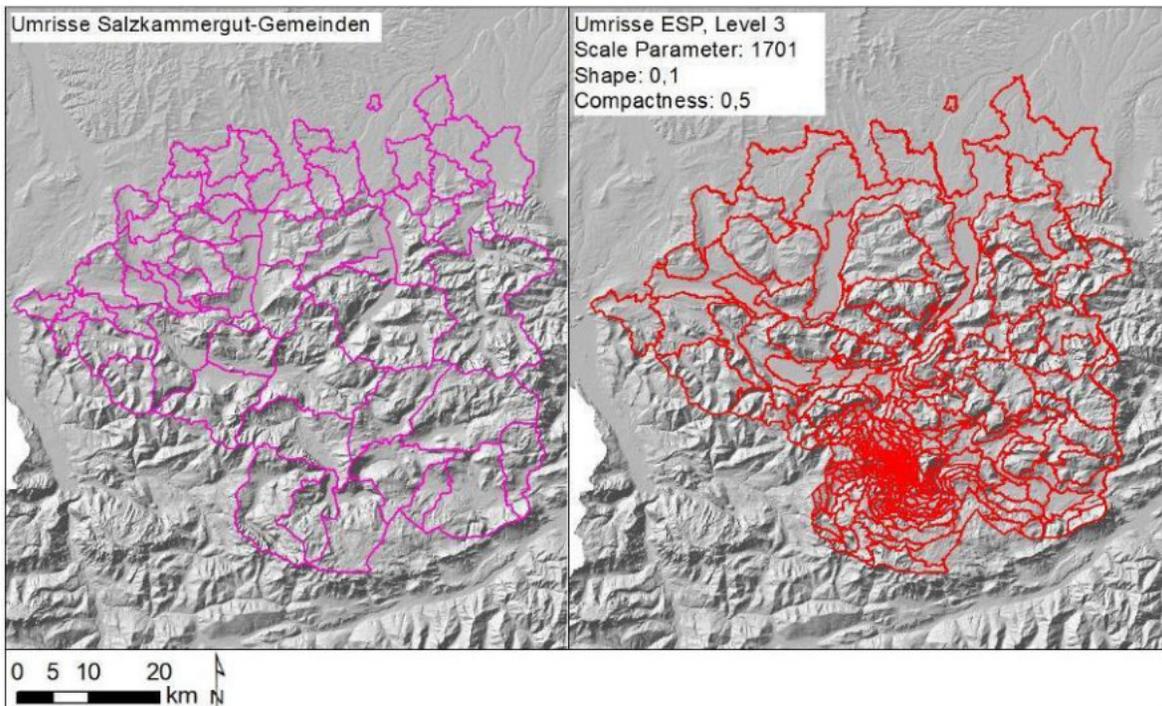


Abbildung 66: Vergleich der Größe von Gemeinde- und Geonflächen bei Scale-Parameter 1701.

### 6.1.3 Geometrischer Vergleich

Die Betrachtung der formbezogenen Maßzahlen ergab, dass durch höhere Scale-Parameter erzeugte, größere Geone insgesamt weniger kompakt sind. Generell sind die Größen der Geonflächen, unabhängig vom Maßstab bimodal normalverteilt. Die extremen Anpassungsklassen 1 und 10 kommen nur sehr selten vor. Am häufigsten besitzen Patches Anpassungsfähigkeiten, welche in die Klassen 2 und 3, sowie 6 und 7 fallen.

Der Shannon-Index zeigt, dass der Anteil an miteinbezogenen Indikatoren und die Ähnlichkeit der Flächenanteile (Äquität) mit der Erhöhung des Scale-Parameters und damit bei daraus resultierenden größeren Geonen abnehmen.

Eine sämtliche Maßstäbe betreffende Auffälligkeit, ein Bereich mit sehr kleinen Polygonen (10 x 10 m) zwischen Bad Goisern und Hallstatt, kann vermutlich auf die recht hoch gewählte Auflösung der Indikatoren zurückgeführt werden. Diese liegt bei 10 x 10 m Pixelgröße.

## 6.2 Ausblick

Die Anpassungsfähigkeit an die Folgen des Klimawandels beschreibenden Geone geben die Gesamtheit der eingebrachten Indikatoren plausibel wieder. Die Indikatoren wurden gut verteilt in den Regionalisierungsprozess miteinbezogen. Die Übertragung des hier für das Salzkammergut im Aktivitätsfeld Tourismus angewandten Konzeptes auf andere Regionen und Aktivitätsfelder sollte sehr gut möglich sein und kann in Zukunft als gute Grundlage zur Maßnahmensetzung für politische Entscheidungsträger dienen.

Die bereits angesprochene Frage des geeigneten Maßstabes (Geongrößen), hängt letztendlich in hohem Maße vom Nutzer der fertigen Darstellungen ab. Es empfiehlt sich daher, wenn sich dadurch, wie im vorliegenden Fall, keine wesentlichen Änderungen in der räumlichen Angrenzung der Anpassungsfähigkeit ergeben, mehrere Maßstäbe zu erarbeiten und zur Verfügung zu stellen, aus welchen wiederum gemeinsam eine geeignete Auflösung ausgewählt werden kann.

Von großer Bedeutung wird natürlich auch die Einbindung von Experten zu den einzelnen verwendeten Indikatoren sein. Dadurch kann nicht nur die Genauigkeit und Plausibilität der Daten erhöht werden, sondern auch eine Indikatorengewichtung erarbeitet werden. Eine Gewichtung der Indikatoren ist sicherlich eine wichtige Basis für ein aussagekräftiges, optimal realistisches Ergebnis.

Gezeigt hat sich außerdem, dass die ungefähre gewünschte Größe der Geone, wenn möglich, bereits bei der Erstellung der Indikatoren berücksichtigt werden könnte. Bereiche mit sehr kleinen Polygonen (10 x 10 m) wie jene zwischen Bad Goisern und Hallstatt, könnten somit vermieden werden. Genauigkeitsverlust und niedrigst mögliche Auflösung sollten sich dabei jedoch in Waage halten.

## Literaturverzeichnis

- Allex, B., *et al.*, 2011. "Hot town, summer in the city". Die Auswirkungen von Hitzetagen auf das Freizeit- und Erholungsverhalten sowie das Besichtigungsprogramm von StädtetouristInnen - dargestellt am Beispiel Wiens. In: BMLFUW, *et al.*, eds. *Endbericht Start-Clim2010: Anpassung an den Klimawandel: Weitere Beiträge zur Erstellung einer Anpassungsstrategie für Österreich*. Wien.
- Amt der oberösterreichischen Landesregierung, 2013. *Oö. Klimawandel-Anpassungsstrategie*. 1st ed. Linz.
- Anderegg, W.R.L., *et al.*, 2010. Expert credibility in climate change. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, 107 (27), 12107–12109.
- Anderl, M., *et al.*, 2016. *Klimaschutzbericht 2016*. Wien: Umweltbundesamt GmbH.
- Auer, I., *et al.*, 2007. HISTALP—historical instrumental climatological surface time series of the Greater Alpine Region. *International Journal of Climatology*, 27 (1), 17–46.
- Auer, I., *et al.*, 2014. Vergangene Klimaänderung in Österreich. In: H. Kromp-Kolb, K. Steiniger, and N. Nakicenovic, eds. *Österreichischer Sachstandsbericht Klimawandel 2014*. Wien: Verlag der Österreichischen Akademie der Wissenschaften, 227–299.
- Baatz, M., and Schäpe, A., 2000. Multiresolution Segmentation: An Optimization Approach for High Quality Multi-Scale Image Segmentation. *Angewandte Geographische Informationsverarbeitung (XII)*, 12–21.
- Balas, M., *et al.*, 2010. *Klimaänderungsszenarien und Vulnerabilität. Aktivitätsfelder Gesundheit, Natürliche Ökosysteme und Biodiversität, Verkehrsinfrastruktur, Energie, Bauen und Wohnen*. Wien: Umweltbundesamt.
- Berry, B.J.L., 1967. *Grouping and regionalizing. An approach to the problem using multivariate analysis*. Evanston, Ill.: Northwestern Univ. Press.
- Biederman, I., 1987. Recognition-by-components. A theory of human image understanding. *Psychological Review Vol. 94(2)*, 115–147.

- Birkmann, J., 2006. Measuring Vulnerability to Promote Disaster-Resilient Societies: Conceptual Frameworks and Definitions. In: J. Birkmann, ed. *Measuring vulnerability to natural hazards. Towards disaster resilient societies*. Tokyo: United Nations Univ. Press, 9–54.
- Blaschke, T., 2010. Object based image analysis for remote sensing. *ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing*, 65 (1), 2–16.
- Blaschke, T., and Strobl, J., 2001. What's wrong with pixels? Some recent developments interfacing remote sensing and GIS. *Zeitschrift für Geoinformationssysteme* 14 (6), 12–17.
- Böhm, R., 2008. Schnee im Klimawandel. Snow an Climate Change. In: Museum Kitzbühel, ed. *Snow Affairs 2008*, 60–87.
- Böhm, R., 2012. Changes of regional climate variability in central Europe during the past 250 years. *The European Physical Journal Plus*, 127 (5), 17.
- Bojanowski, A., 2014. *Missglückter Forscher-Aufruf zum Uno-Klimagipfel: Die 97-Prozent-Falle* [online]. Available from: <http://www.spiegel.de/wissenschaft/natur/klimawandel-97-prozent-konsens-bei-klimaforschern-in-der-kritik-a-992213.html> [Accessed 8 October 2017].
- Branky, F., 1925. *Unser Salzkammergut*. Gmunden: Lorenz.
- Butler, J., and Montzka, S., 2017. *The NOAA annual greenhouse gas index (AGGI)* [online]. Available from: <https://www.esrl.noaa.gov/gmd/aggi/aggi.html> [Accessed 7 October 2017].
- Callendar, G.S., 1938. The artificial production of carbon dioxide and its influence on temperature. *Quarterly Journal of the Royal Meteorological Society*, 64 (275), 223–240.
- Chao, A., and Shen, T.-J., 2003. Nonparametric estimation of Shannon's index of diversity when there are unseen species in sample. *Environmental and Ecological Statistics*, 10 (4), 429–443.
- Chimani, B., et al., 2016. *ÖKS15 - Klimaszenarien für Österreich. Daten, Methoden und Klimaanalyse. Projektendbericht*.

- Cook, J., *et al.*, 2013. Quantifying the consensus on anthropogenic global warming in the scientific literature. *Environmental Research Letters*, 8 (2), 24024. Available from: <http://iopscience.iop.org/article/10.1088/1748-9326/8/2/024024/pdf>.
- Dokulil M.T., 2009. *Abschätzung der klimabedingten Temperaturänderungen bis zum Jahr 2050 während der Badesaison*. [online]. ÖBF. Available from: [http://www.bundesforste.at/uploads/publikationen/Klimastudie\\_Seen\\_2009\\_Dokulil.pdf](http://www.bundesforste.at/uploads/publikationen/Klimastudie_Seen_2009_Dokulil.pdf).
- Drăguț, L., Tiede, D., and Levick, S.R., 2010. ESP. A tool to estimate scale parameter for multiresolution image segmentation of remotely sensed data. *International Journal of Geographical Information Science*, 24 (6), 859–871.
- Edenhofer, O., Pichs-Madruga, R., and Sokona, Y., 2014a. *Climate change 2014. Mitigation of climate change : Working Group III contribution to the Fifth assessment report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*. Cambridge.
- Edenhofer, O., Pichs-Madruga, R., and Sokona, Y., 2014b. Summary for policymakers. In: IPCC, ed. *Climate change 2014. Mitigation of climate change : Working Group III contribution to the Fifth assessment report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*. Cambridge: Cambridge University Press.
- Environmental Systems Research Institute, Inc., 2016a. *Euklidische Entfernung* [online]. Available from: <http://desktop.arcgis.com/de/arcmap/10.3/tools/spatial-analyst-toolbox/euclidean-distance.htm> [Accessed 17 December 2017].
- Environmental Systems Research Institute, Inc., 2016b. *Funktionsweise des Werkzeugs "Neigung"—Hilfe | ArcGIS for Desktop* [online]. Available from: <http://desktop.arcgis.com/de/arcmap/10.3/tools/spatial-analyst-toolbox/how-slope-works.htm> [Accessed 3 January 2018].
- Environmental Systems Research Institute, Inc., 2017. *Zellengröße und Resampling bei der Analyse—ArcGIS Help | ArcGIS Desktop* [online]. Available from: <https://desktop.arcgis.com/de/arcmap/latest/extensions/spatial-analyst/performing-analysis/cell-size-and-resampling-in-analysis.htm> [Accessed 31 December 2017].

- European Commission, 2009. *Impact assessment on the White Paper on adapting to climate change. Commission Staff Working Document accompanying the WHITE PAPER Adapting to climate change: Towards a European framework for action*. Brüssel.
- European Commission, 2013. *The EU Strategy on adaptation to climate change. Strengthening Europe's resilience to the impacts of climate change*. Brüssel.
- European Commission, 2017. *European Climate Adaption Platform. Country Information - Climate-ADAPT* [online]. Available from: <http://climate-adapt.eea.europa.eu/countries-regions/countries> [Accessed 5 November 2017].
- European Environment Agency, 2017. *Key observed and projected climate change and impacts for the main regions in Europe* [online]. Available from: <https://www.eea.europa.eu/data-and-maps/figures/key-past-and-projected-impacts-and-effects-on-sectors-for-the-main-biogeographic-regions-of-europe-5> [Accessed 5 November 2017].
- Field, C.B., ed., 2012. *Managing the risks of extreme events and disasters to advance climate change adaption*. Cambridge: Cambridge University Press.
- Fischer, A., 2016. Gletscherbericht 2014/15. Sammelbericht über die Gletschermessungen des Österreichischen Alpenvereins im Jahre 2015. *Bergauf* (02), 6–13. Available from: [https://www.alpenverein.at/portal\\_wAssets/docs/museum-kultur/Gletschermessdienst/Gletscherbericht-2014\\_2015\\_-\\_Bergauf-02-2016.pdf](https://www.alpenverein.at/portal_wAssets/docs/museum-kultur/Gletschermessdienst/Gletscherbericht-2014_2015_-_Bergauf-02-2016.pdf).
- Fischer, A., 2017. Gletscherbericht 2015/16. Sammelbericht über die Gletschermessungen des Österreichischen Alpenvereins im Jahre 2017. *Bergauf* (02), 18–25. Available from: [http://www.alpenverein.at/portal\\_wAssets/docs/museum-kultur/Gletschermessdienst/Gletscherbericht-2015\\_2016\\_-\\_Bergauf-02-2017.pdf](http://www.alpenverein.at/portal_wAssets/docs/museum-kultur/Gletschermessdienst/Gletscherbericht-2015_2016_-_Bergauf-02-2017.pdf).
- Fleischhacker, V., et al., 2009. *Auswirkungen des Klimawandels auf das künftige Reiseverhalten im österreichischen Tourismus am Beispiel einer repräsentativen Befragung der österreichischen Urlaubsreisenden*. Wien.
- Fleischhacker, V., et al., 2015. *Klimawandel und Tourismus in Österreich 2030. Auswirkungen; Chancen & Risiken; Optionen & Strategien*.

- Folke, C., 2006. Resilience. The emergence of a perspective for social–ecological systems analyses. *Global Environmental Change*, 16 (3), 253–267.
- Forman, R.T.T., and Godron, M., 1986. *Landscape ecology*. New York, NY <etc.>: Wiley.
- Formayer, H., and Kromp-Kolb, H., 2009. *Klimawandel und Tourismus in Oberösterreich (Endbericht im Auftrag der Oberösterreichischen Landesregierung und von Oberösterreich Tourismus)* [online]. Universität für Bodenkultur. Available from: [http://www.anschober.at/fileadmin/user\\_upload/Bilder/Umwelt/Downloads/4\\_Tourismus\\_BOKU2009.pdf](http://www.anschober.at/fileadmin/user_upload/Bilder/Umwelt/Downloads/4_Tourismus_BOKU2009.pdf).
- Freistetter, F., 2015. *Den Klimawandel gibt's nicht* [online]. Available from: <http://derstandard.at/2000011234003/Verleugnung-des-Klimawandels> [Accessed 8 October 2017].
- Freyer, W., 2006. *Tourismus. Einführung in die Fremdenverkehrsökonomie*. 8th ed. München, Wien: Oldenbourg.
- Geuter, K.P., 1913. *Illustrierter Führer durch das Salzkammergut und Salzburg mit Umgebung*. Linz a. d. Donau.
- Goddard Institute of Space Studies at NASA, 2017. *GHCN-v3 1880-08/2017 + SST: ERSST v5 1880-08/2017* [online]. Available from: [https://data.giss.nasa.gov/gistemp/tabledata\\_v3/GLB.Ts+dSST.txt](https://data.giss.nasa.gov/gistemp/tabledata_v3/GLB.Ts+dSST.txt) [Accessed 7 October 2017].
- Gössinger-Wieser, A., Prutsch, A., and Balas, M., 2015. *Klimawandelanpassung-Strategie Steiermark 2050*. Graz.
- Guo, D., 2008. Regionalization with dynamically constrained agglomerative clustering and partitioning (REDCAP). *International Journal of Geographical Information Science*, 22 (7), 801–823.
- Haas, W., et al., 2008. *Identifikation von Handlungsempfehlungen zur Anpassung an den Klimawandel in Österreich: 1. Phase, 2008. Bericht im Auftrag des Lebensministeriums*. Wien: Klimaforschungsinitiative AustroClim.

- Hagenlocher, M., *et al.*, 2014. Modeling Hotspots of Climate Change in the Sahel Using Object-Based Regionalization of Multidimensional Gridded Datasets. *IEEE Journal of Selected Topics in Applied Earth Observations and Remote Sensing*, 7 (1), 229–234.
- Hancock, J.R., 1993. Multivariate Regionalization: An approach using interactive statistical visualization. *Proceedings of the international symposium on computer-assisted cartography. Auto Carto 11.*, 218–227.
- HISTALP Management, 2017. *Historical instrumental climatological surface time series of the greater alpine region* [online]. Department of Climate Research, Central Institute for Meteorology and Geodynamics. Available from: <http://www.zamg.ac.at/histalp/index.php> [Accessed 10 October 2017].
- Höller, H., 2016. Klimawandelanpassung. In: Klimabündnis Österreich GmbH, ed. *Leitfaden "Klimaschutz in Gemeinden"*.
- Jeschke, H.P., 2006. *Der Kern des Inneren Salzkammergutes in der „Arche Noah“ der Kulturdenkmäler und Naturparadiese der Welt von Morgen. Die historische Kulturlandschaft Hallstatt - Dachstein / Salzkammergut - ein Juwel der UNESCO-Schatzkammer der Menschheit.* Hallstatt.
- Jones, P.D., *et al.*, 2012. Hemispheric and large-scale land-surface air temperature variations. An extensive revision and an update to 2010. *Journal of Geophysical Research: Atmospheres*, 117 (D5), n/a-n/a.
- Keul, A., Prinz, T., and Lang, S., 2007. *The Salzburg QOL-GIS Interface: Spatial analysis of 293 urban QOL interviews. ERSA-ASRDLF session on 'Analyzing Urban Quality of Life'.* Salzburg: University of Salzburg, ARC Research Studio iSPACE.
- Kienberger, S., *et al.*, 2013. A WebGIS tool for visualizing and exploring socioeconomic vulnerability to dengue fever in Cali, Colombia. *Geospatial Health* 8 (1), 313–316.
- Kienberger, S., *et al.*, 2014. *Integrated Geons: Spatially explicit modelling of latent phenomena* [online]. University of Salzburg - Department of Geoinformatics – Z\_GIS. Available from: <http://research.stefankienberger.at/wp->

- content/uploads/2014/09/Kienbergeretal\_IntegratedGeon\_GIScience14.pdf [Accessed 26 November 2017].
- Kienberger, S., Lang, S., and Tiede, D., 2008. *Socio-economic vulnerability units – modelling meaningful spatial units. Proceedings of GISRUK 2008*. Manchester.
- Kienberger, S., Lang, S., and Zeil, P., 2009. Spatial vulnerability units – expert-based spatial modelling of socio-economic vulnerability in the Salzach catchment, Austria. *Nat. Hazards Earth Syst. Sci.*, 2009 (9), 767–778.
- Kommission der Europäischen Gemeinschaften, 2007. *Grünbuch der Kommission an den Rat, das europäische Parlament, den europäischen Wirtschafts- und Sozialausschuss und den Ausschuss der Regionen. Anpassung an den Klimawandel in Europa - Optionen für Maßnahmen der EU*. Brüssel.
- Kromp-Kolb, H., ed., 2014. *Österreichischer Sachstandsbericht Klimawandel 2014. Austrian Panel on Climate Change (APCC)*. Wien: Verl. der Österreichischen Akademie der Wissenschaften.
- Kronberger-Kießwetter, B., Balas, M., and Prutsch, A., 2012a. *Die österreichische Strategie zur Anpassung an den Klimawandel. Teil 1 – Kontext*. Wien: Bundesministerium für Land- und Forstwirtschaft, Umwelt und Wasserwirtschaft.
- Kronberger-Kießwetter, B., Balas, M., and Prutsch, A., 2012b. *Die österreichische Strategie zur Anpassung an den Klimawandel. Teil 2 – Aktionsplan, Handlungsempfehlungen für die Umsetzung*. Wien: Bundesministerium für Land- und Forstwirtschaft, Umwelt und Wasserwirtschaft.
- Kurz, M., 2006. Von der Grundherrschaft zur Tourismusdestination - 350 Jahre Salzkammergut. *Österreichische Heimatblätter* (60(3/4)), 139–153.
- Kyselý, J., 2004. Mortality and displaced mortality during heat waves in the Czech Republic. *International journal of biometeorology*, 49 (2), 91–97.
- Lang, S., et al., 2008. Geons - policy-relevant geo-objects for monitoring high-level indicators. In: Car, A. et al. (eds.): *Proceedings of GI-Forum Salzburg*,: Wichmann: Heidelberg.

- Lang, S., *et al.*, 2014. Geons – domain-specific regionalization of space. *Cartography and Geographic Information Science*, 41 (3), 214–226.
- Lang, S., 2015. *Z\_GIS - Theses: Climate change adaptability - a meta-indicator approach in "Adaptavia"* [online]. Available from: <http://zgis-theses.blogspot.co.at/2014/11/climate-change-adaptability-meta.html> [Accessed 27 April 2015].
- Lang, S., and Blaschke, T., 2007. *Landschaftsanalyse mit GIS. 20 Tabellen*. 1st ed. Stuttgart: Ulmer.
- Lang, S., and Csillik, O., 2017. ETRS Grid-constrained Superpixel Generation in Urban Areas Using Multi-Sensor very High Resolution Imagery. *GI\_Forum*, 1, 244–252.
- Lang, S., and Langanke, T., 2004. Monitoring von Verbuschungs- und Verwaldungsstadien im Natura-2000 Gebiet Wenger Moor: objektbasierte Bildanalyse und GIS. In: U. Walz, *et al.*, eds. *Landschaftsstruktur im Kontext von naturräumlicher Vorprägung und Nutzung - Datengrundlagen, Methoden und Anwendungen*. Dresden: Leibniz-Inst. für ökologische Raumentwicklung e.V, 191–203.
- Lang, S., and Tiede, D., 2003. vLATE Extension für ArcGIS – vektorbasiertes Tool zur quantitativen Landschaftsstrukturanalyse. *EEUC Konferenz Innsbruck* [Accessed 28 June 2015].
- Lifton, R.J., 2017. *Our Changing Climate Mind-Set* [online]. Available from: <https://www.nytimes.com/2017/10/07/opinion/sunday/hurricanes-climate-public-opinion.html> [Accessed 8 October 2017].
- Long, J., Nelson, T., and Wulder, M., 2010. Regionalization of landscape pattern indices using multivariate cluster analysis. *Environmental management*, 46 (1), 134–142.
- Met Office Hadley Centre, 2016. *Met Office Hadley Centre observations datasets* [online]. Available from: <https://www.metoffice.gov.uk/hadobs/hadcrut3/diagnostics/comparison.html> [Accessed 7 October 2017].
- Miller, F., *et al.*, 2010. *Resilience and Vulnerability: Complementary or Conflicting Concepts?*: Resilience Alliance.

- Moldan, B., and Dahl, A.L., 2007. Challenges to Sustainability Indicators. In: T. Hák, B. Moldan, and A.L. Dahl, eds. *Sustainability indicators. A scientific assessment*. Washington, DC: Island Press, 1–26.
- Müllechner, S., 2014. *Roadmap zur Tourismusmobilität im Salzkammergut. Einsatz von regionalen Planungsinstrumenten in einem interdisziplinären Prozess*. Wien: Technische Universität Wien.
- National Centers for Environmental Information, 2017. *Merged Land–Ocean Surface Temperature Analysis | National Centers for Environmental Information (NCEI) formerly known as National Climatic Data Center (NCDC)* [online]. Available from: <https://www.ncdc.noaa.gov/data-access/marineocean-data/mlost> [Accessed 7 October 2017].
- Ng, R.T., and Jiawei Han, 2002. CLARANS. A method for clustering objects for spatial data mining. *IEEE Transactions on Knowledge and Data Engineering*, 14 (5), 1003–1016.
- Oreskes, N., 2014. *The scientific consensus on climate change. How do we know we're not wrong?* [Bellingham, Wash.]: Western Washington University.
- Oschischnig, U., and Hauth, A., 2017. *Statistisches Jahrbuch 2017*. Wien.
- Pachauri, R.K., and Mayer, L., eds., 2015. *Climate change 2014. Synthesis report*. Geneva, Switzerland: Intergovernmental Panel on Climate Change.
- Parry, M., et al., 2007. *Climate change 2007. Impacts, adaptation and vulnerability : contribution of Working Group II to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*. Cambridge, New York: Cambridge University Press for the Intergovernmental Panel on Climate Change.
- Paulinyi, Á., 1989. *Industrielle Revolution. Vom Ursprung der modernen Technik*. Reinbek bei Hamburg: Rowohlt.
- Pazdernik, K., et al., 2016. *Austria's National Inventory Report 2016. Submission under the United Nations Framework Convention on Climate Change and the Kyoto Protocol*. Wien.

- Press, F., Siever, R., and Schweizer, V., eds., 2006. *Allgemeine Geologie. Einführung in das System Erde*. 3rd ed. Heidelberg: Spektrum Akad. Verl.
- Randall, D.A., et al., 2007. Climate Models and their evaluation. In: . *Climate change 2007 - the physical science basis. Contribution of Working Group I to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*. Cambridge [u.a.]: Cambridge Univ. Press, 589–662.
- Salzkammergut Tourismus GmbH, 2013. *Das Salzkammergut* [online]. Available from: <http://www.salzkammergut.at/detail/article/das-salzkammergut.html> [Accessed 9 November 2015].
- Salzkammergut Tourismus GmbH, 2017a. *Aktivitäten im Salzkammergut. Sommer - Winter - Das ganze Jahr* [online]. Available from: <https://www.salzkammergut.at/> [Accessed 19 November 2017].
- Salzkammergut Tourismus GmbH, 2017b. *Allgemeine Informationen zum Salzkammergut - Statistikdaten* [online]. Available from: [https://www.salzkammergut.at/fileadmin/user\\_upload/salzkammergut/PDF/Allgemeine\\_Informationen\\_Skgt.2017.pdf](https://www.salzkammergut.at/fileadmin/user_upload/salzkammergut/PDF/Allgemeine_Informationen_Skgt.2017.pdf) [Accessed 19 November 2017].
- Schmidt, R., Matulla, C., and Psenner, R., 2009. *Klimawandel in Österreich – Die letzten 20.000 Jahre ... und ein Blick voraus*. Innsbruck: innsbruck university press.
- Shannon, C.E., and Weaver, W., 1949. *The mathematical theory of communication*. Urbana, Ill.: The Univ. of Illinois Press.
- Sperka, G., et al., 2017. *Strategie zur Anpassung an den Klimawandel in Salzburg im Rahmen der Klima- und Energiestrategie Salzburg 2050*. Salzburg.
- Statistik Austria, 2017. *Regionalstatistische Rastereinheiten* [online]. Available from: <https://www.data.gv.at/katalog/dataset/ca996648-ed34-3dcd-a99f-68619f680241> [Accessed 10 December 2017].
- Stocker, T., Alexander, L., and Allen, M., 2013. *Climate change 2013. The physical science basis ; Working Group I contribution to the fifth assessment report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*. Geneva: WMO IPCC.

- Tiede, D., *et al.*, 2010. Object-based Class Modeling for Cadastre-constrained Delineation of Geo-objects. *Photogrammetric Engineering & Remote Sensing*, 76 (2), 193–202.
- Umweltbundesamt, 2017a. *Was sind die Folgen der Klimaänderung?* [online]. Available from:  
[http://www.klimawandelanpassung.at/ms/klimawandelanpassung/de/kwa\\_oesterreich/kwa\\_folgen/](http://www.klimawandelanpassung.at/ms/klimawandelanpassung/de/kwa_oesterreich/kwa_folgen/) [Accessed 26 October 2017].
- Umweltbundesamt, 2017b. *Wie hat sich das Klima bereits geändert?* [online]. Available from:  
[http://klimawandelanpassung.at/ms/klimawandelanpassung/de/kwa\\_oesterreich/kwa\\_aenderung/](http://klimawandelanpassung.at/ms/klimawandelanpassung/de/kwa_oesterreich/kwa_aenderung/) [Accessed 7 October 2017].
- Umweltbundesamt, 2017c. *Wie kommt es zur globalen Klimaerwärmung?* [online]. Available from:  
[http://www.klimawandelanpassung.at/ms/klimawandelanpassung/de/kwa\\_oesterreich/kwa\\_ursache/](http://www.klimawandelanpassung.at/ms/klimawandelanpassung/de/kwa_oesterreich/kwa_ursache/) [Accessed 7 October 2017].
- Umweltbundesamt, 2017. *Anpassungsaktivitäten der Bundesländer* [online]. Available from:  
[http://www.klimawandelanpassung.at/ms/klimawandelanpassung/de/nationaleanpassungsstrategie/kwa\\_laender/](http://www.klimawandelanpassung.at/ms/klimawandelanpassung/de/nationaleanpassungsstrategie/kwa_laender/) [Accessed 30 October 2017].
- Umweltbundesamt, 2017. *Internationale Ebene* [online]. Available from:  
[http://www.klimawandelanpassung.at/ms/klimawandelanpassung/de/kwa\\_politik/kwa\\_internationale\\_ebene/](http://www.klimawandelanpassung.at/ms/klimawandelanpassung/de/kwa_politik/kwa_internationale_ebene/) [Accessed 4 November 2017].
- Umweltbundesamt, 2017. *Aktivitäten der Europäischen Union* [online]. Available from:  
[http://www.klimawandelanpassung.at/ms/klimawandelanpassung/de/kwa\\_politik/kwa\\_eu/](http://www.klimawandelanpassung.at/ms/klimawandelanpassung/de/kwa_politik/kwa_eu/) [Accessed 5 November 2017].
- Umweltdachverband, 2016. Neobiota - "Aliens" auf dem Vormarsch. *facten.lage - Umweltwissen für EntscheidungsträgerInnen* (04), 1–4.
- United Nations Framework Convention on Climate Change, ed., 1997. *Report of the conference of the parties on its third session, held at Kyoto from 1 to 11 December 1997. Part two: Action taken by the conference of the parties at its third session.*

- United Nations Framework Convention on Climate Change, ed., 2015. *Adoption of the Paris agreement*.
- Wallner, J., et al., 2008. *Medienpaket "Tourismus & Freizeitwirtschaft"*. Wien.
- Weinberg, G.M., 1975. *An introduction to general systems thinking*. New York: Wiley.
- Wise, S., Haining, R., and Ma, J., 2001. Providing spatial statistical data analysis functionality for the GIS user. The SAGE project. *International Journal of Geographical Information Science*, 15 (3), 239–254.
- World Bank, 2012. *Turn Down the Heat. Why a 4°C Warmer World Must Be Avoided*. DC: Washington.
- World Resources Institute, et al., 2011. *Decision making in a changing climate. Adaptation challenges and choices*. Washington: World Resources Institute.
- Worm, B., 2014. *Tourismus in Österreich. Trends und Herausforderungen in sechs Bausteinen für den Unterricht*. Wien: Arbeitsgemeinschaft Wirtschaft und Schule.
- Zentralanstalt für Meteorologie und Geodynamik, 2017. *Pflanzen- und Tierwelt. Die Vegetationsperiode verlängert sich*. [online]. Available from: <https://www.zamg.ac.at/cms/de/klima/informationsportal-klimawandel/klimafolgen/pflanzen-und-tierwelt> [Accessed 22 October 2017].

## **Anhang**

**Anhang A:** 2 Pläne: Trial-and-Error Variante 1

**Anhang B:** 2 Pläne: Trial-and-Error Variante 2

**Anhang C:** 2 Pläne: Trial-and-Error Variante 3

**Anhang D:** 2 Pläne: Trial-and-Error Variante 4

**Anhang E:** 2 Pläne: Trial-and-Error Variante 5

**Anhang F:** 2 Pläne: Trial-and-Error Variante 6

**Anhang G:** 2 Pläne: ESP2, Level 1

**Anhang H:** 2 Pläne: ESP2, Level 2

**Anhang I:** 2 Pläne: ESP2, Level 3

## **Anhang A**

2 Pläne: Trial-and-Error Variante 1

Scale Parameter: 50

Shape: 0,1

Compactness: 0,5

Papierformat: A3

Coordinate System: ETRS 1989 LAEA, Projection: Lambert Azimuthal Equal Area, Datum: ETRS 1989

4560000

4580000

4600000

4620000

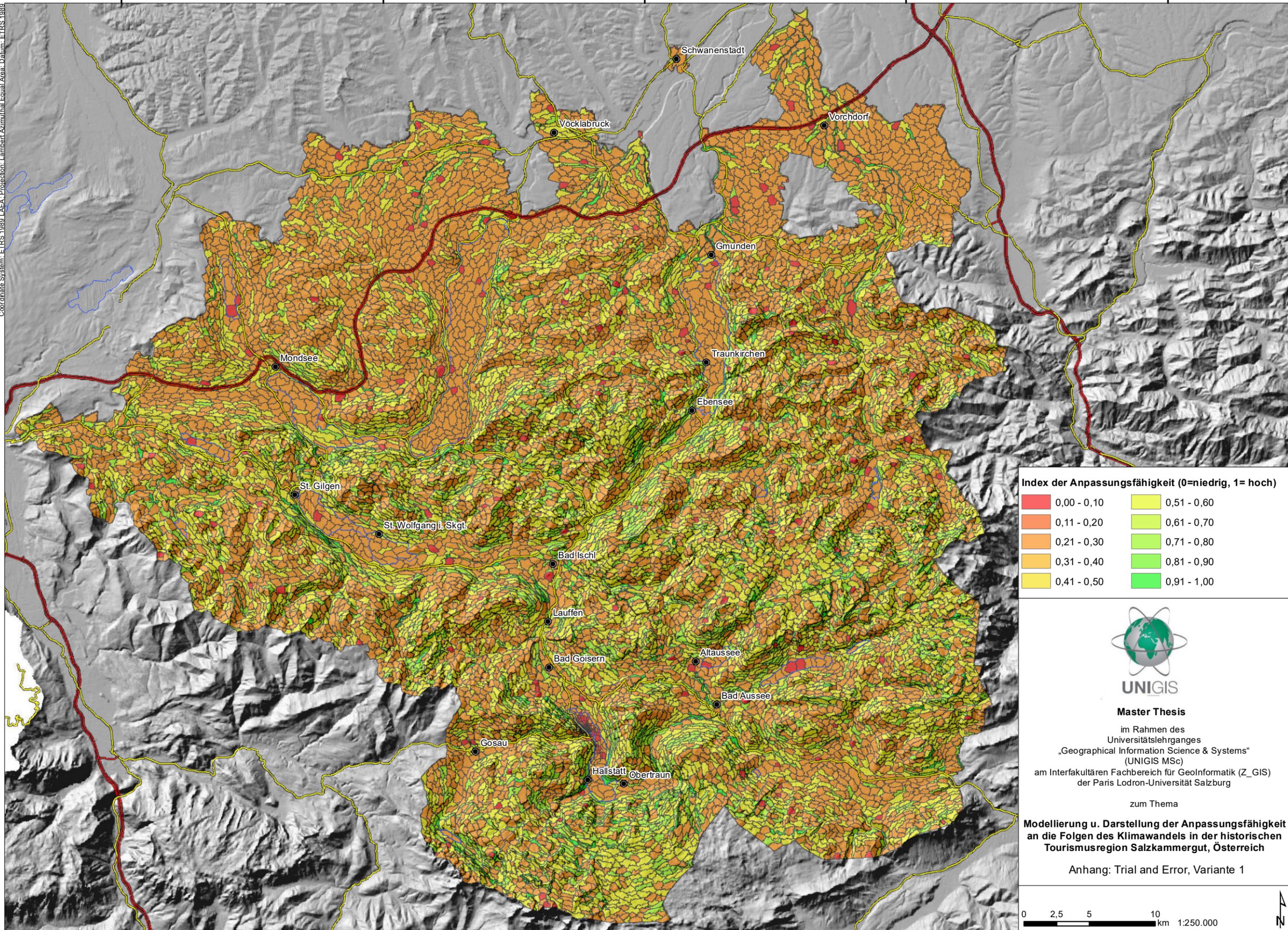
4640000

2780000

2760000

2740000

2720000



**Index der Anpassungsfähigkeit (0=niedrig, 1= hoch)**

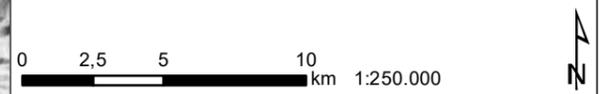
	0,00 - 0,10		0,51 - 0,60
	0,11 - 0,20		0,61 - 0,70
	0,21 - 0,30		0,71 - 0,80
	0,31 - 0,40		0,81 - 0,90
	0,41 - 0,50		0,91 - 1,00



**Master Thesis**  
 im Rahmen des  
 Universitätslehrganges  
 „Geographical Information Science & Systems“  
 (UNIGIS MSc)  
 am Interfakultären Fachbereich für Geoinformatik (Z\_GIS)  
 der Paris Lodron-Universität Salzburg

zum Thema  
**Modellierung u. Darstellung der Anpassungsfähigkeit  
 an die Folgen des Klimawandels in der historischen  
 Tourismusregion Salzammergut, Österreich**

Anhang: Trial and Error, Variante 1



Coordinate System: ETRS 1989 LAEA, Projection: Lambert Azimuthal Equal Area, Datum: ETRS 1989

4560000

4580000

4600000

4620000

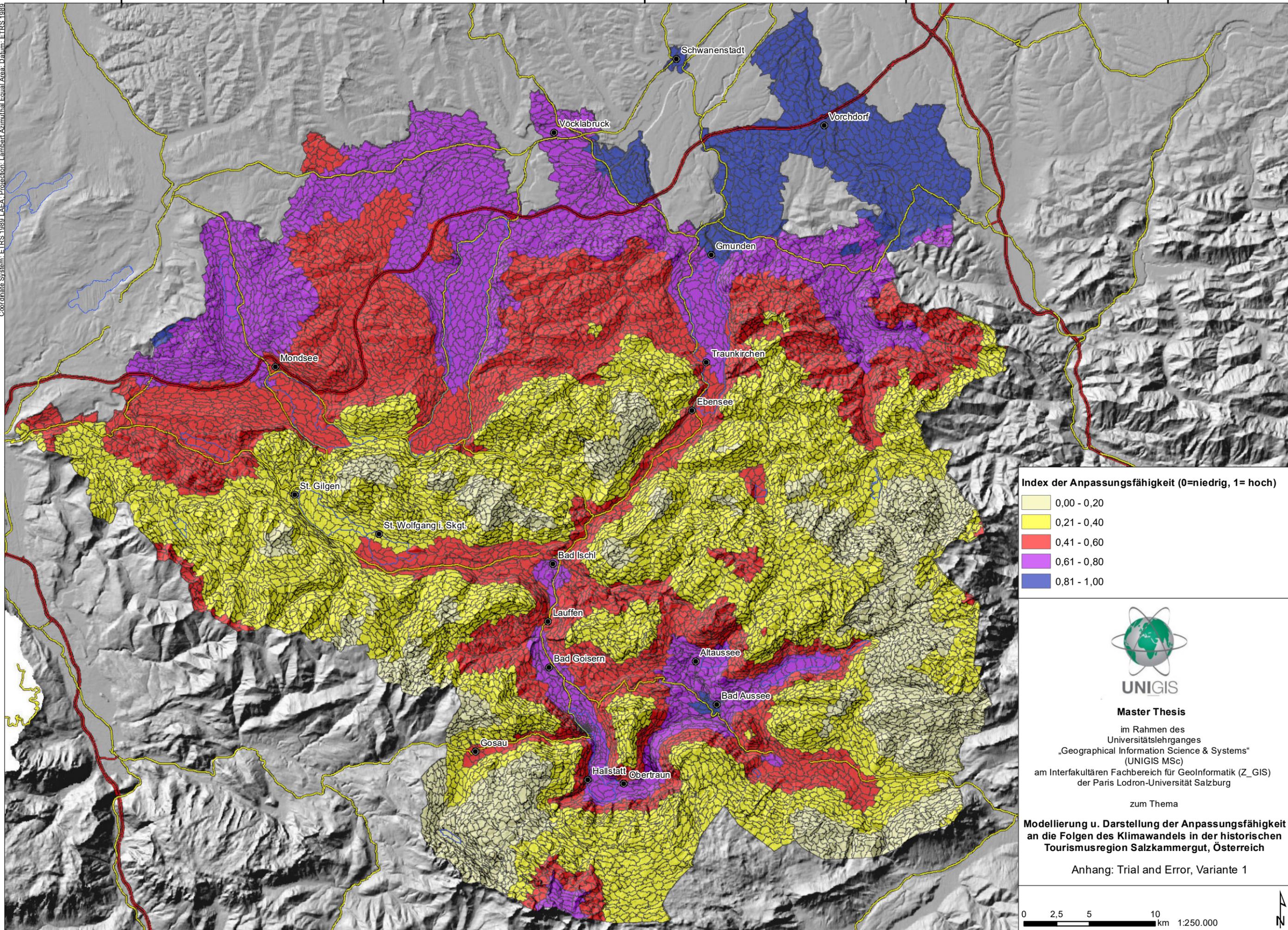
4640000

2780000

2760000

2740000

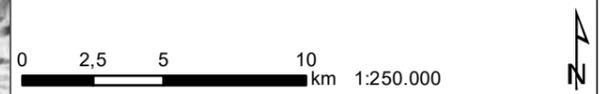
2720000



**Master Thesis**  
 im Rahmen des  
 Universitätslehrganges  
 „Geographical Information Science & Systems“  
 (UNIGIS MSc)  
 am Interfakultären Fachbereich für Geoinformatik (Z\_GIS)  
 der Paris Lodron-Universität Salzburg

zum Thema  
**Modellierung u. Darstellung der Anpassungsfähigkeit  
 an die Folgen des Klimawandels in der historischen  
 Tourismusregion Salzammergut, Österreich**

Anhang: Trial and Error, Variante 1



## **Anhang B**

2 Pläne: Trial-and-Error Variante 2

Scale Parameter: 200

Shape: 0,1

Compactness: 0,5

Papierformat: A3

Coordinate System: ETRS 1989 LAEA, Projection: Lambert Azimuthal Equal Area, Datum: ETRS 1989

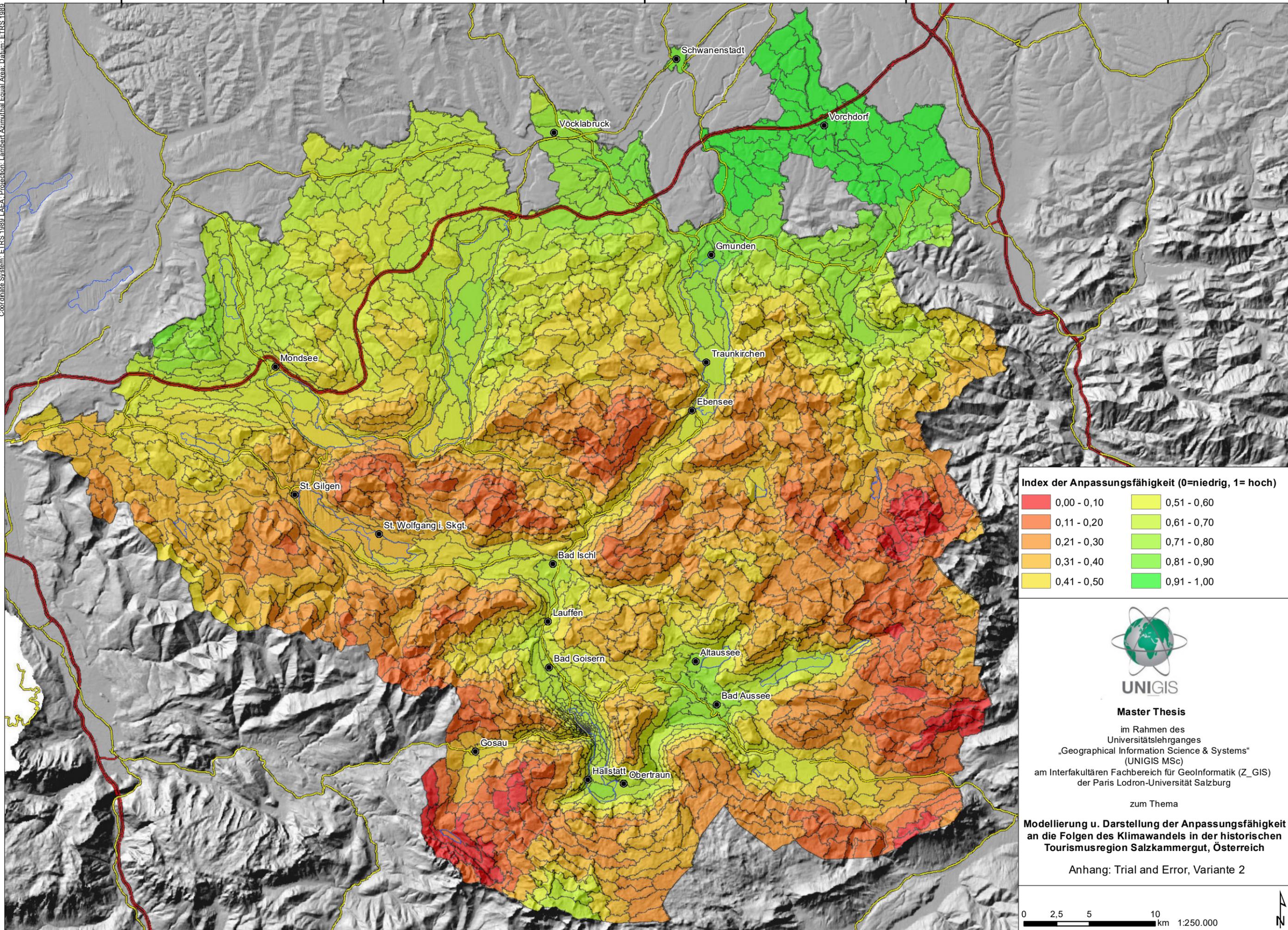
4560000

4580000

4600000

4620000

4640000



2780000

2760000

2740000

2720000

**Index der Anpassungsfähigkeit (0=niedrig, 1= hoch)**

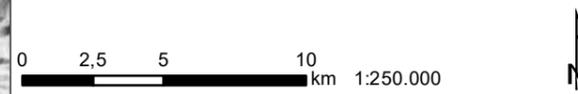
0,00 - 0,10	0,51 - 0,60
0,11 - 0,20	0,61 - 0,70
0,21 - 0,30	0,71 - 0,80
0,31 - 0,40	0,81 - 0,90
0,41 - 0,50	0,91 - 1,00



**Master Thesis**  
im Rahmen des  
Universitätslehrganges  
„Geographical Information Science & Systems“  
(UNIGIS MSc)  
am Interfakultären Fachbereich für Geoinformatik (Z\_GIS)  
der Paris Lodron-Universität Salzburg

zum Thema  
**Modellierung u. Darstellung der Anpassungsfähigkeit  
an die Folgen des Klimawandels in der historischen  
Tourismusregion Salzammergut, Österreich**

Anhang: Trial and Error, Variante 2



Coordinate System: ETRS 1989 LAEA, Projection: Lambert Azimuthal Equal Area, Datum: ETRS 1989

4560000

4580000

4600000

4620000

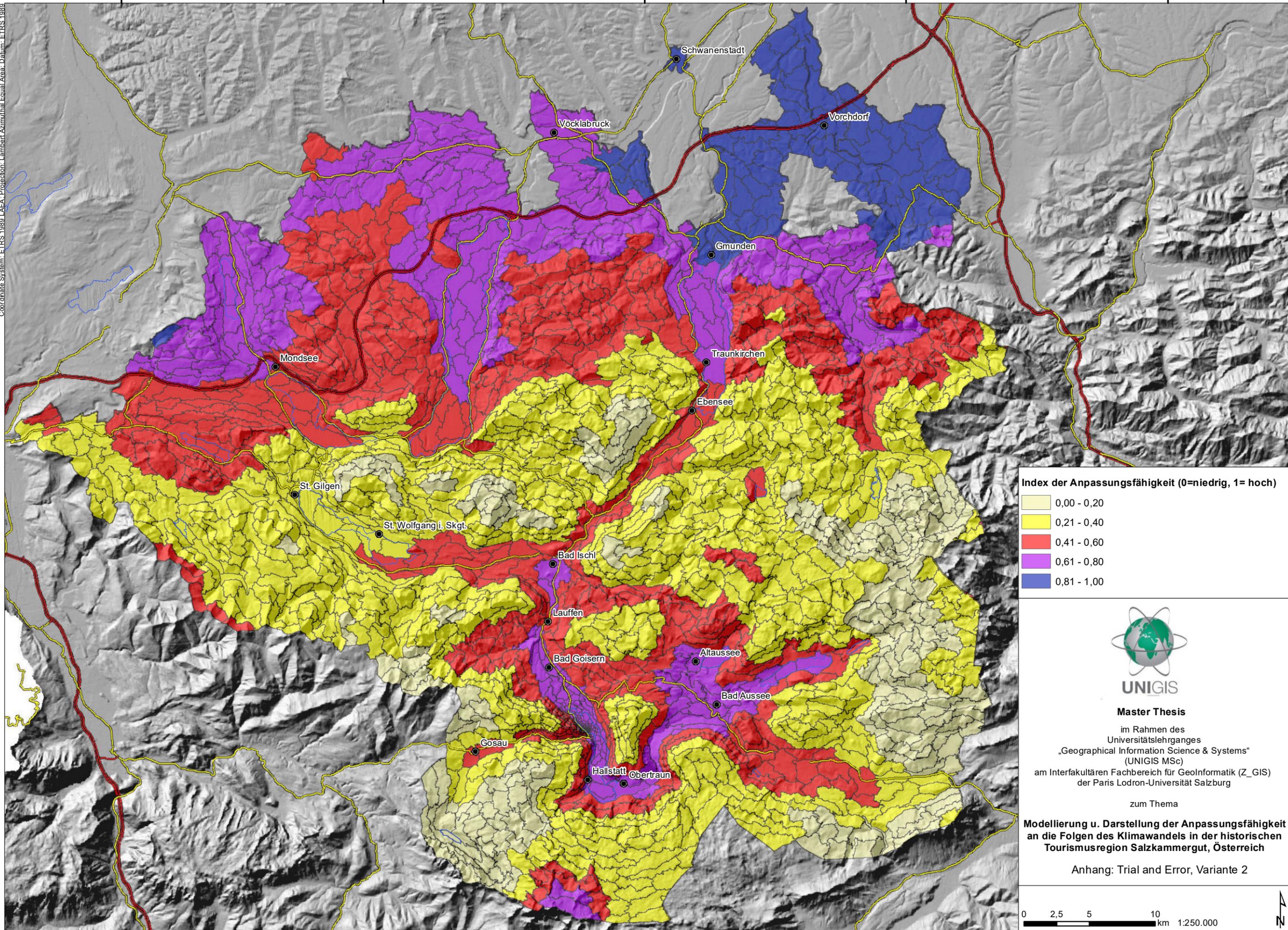
4640000

2780000

2760000

2740000

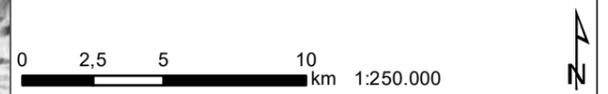
2720000



**Master Thesis**  
 im Rahmen des  
 Universitätslehrganges  
 „Geographical Information Science & Systems“  
 (UNIGIS MSc)  
 am Interfakultären Fachbereich für Geoinformatik (Z\_GIS)  
 der Paris Lodron-Universität Salzburg

zum Thema  
**Modellierung u. Darstellung der Anpassungsfähigkeit  
 an die Folgen des Klimawandels in der historischen  
 Tourismusregion Salzammergut, Österreich**

Anhang: Trial and Error, Variante 2



## **Anhang C**

2 Pläne: Trial-and-Error Variante 3

Scale Parameter: 500

Shape: 0,1

Compactness: 0,5

Papierformat: A3

Coordinate System: ETRS 1989 LAEA, Projection: Lambert Azimuthal Equal Area, Datum: ETRS 1989

4560000

4580000

4600000

4620000

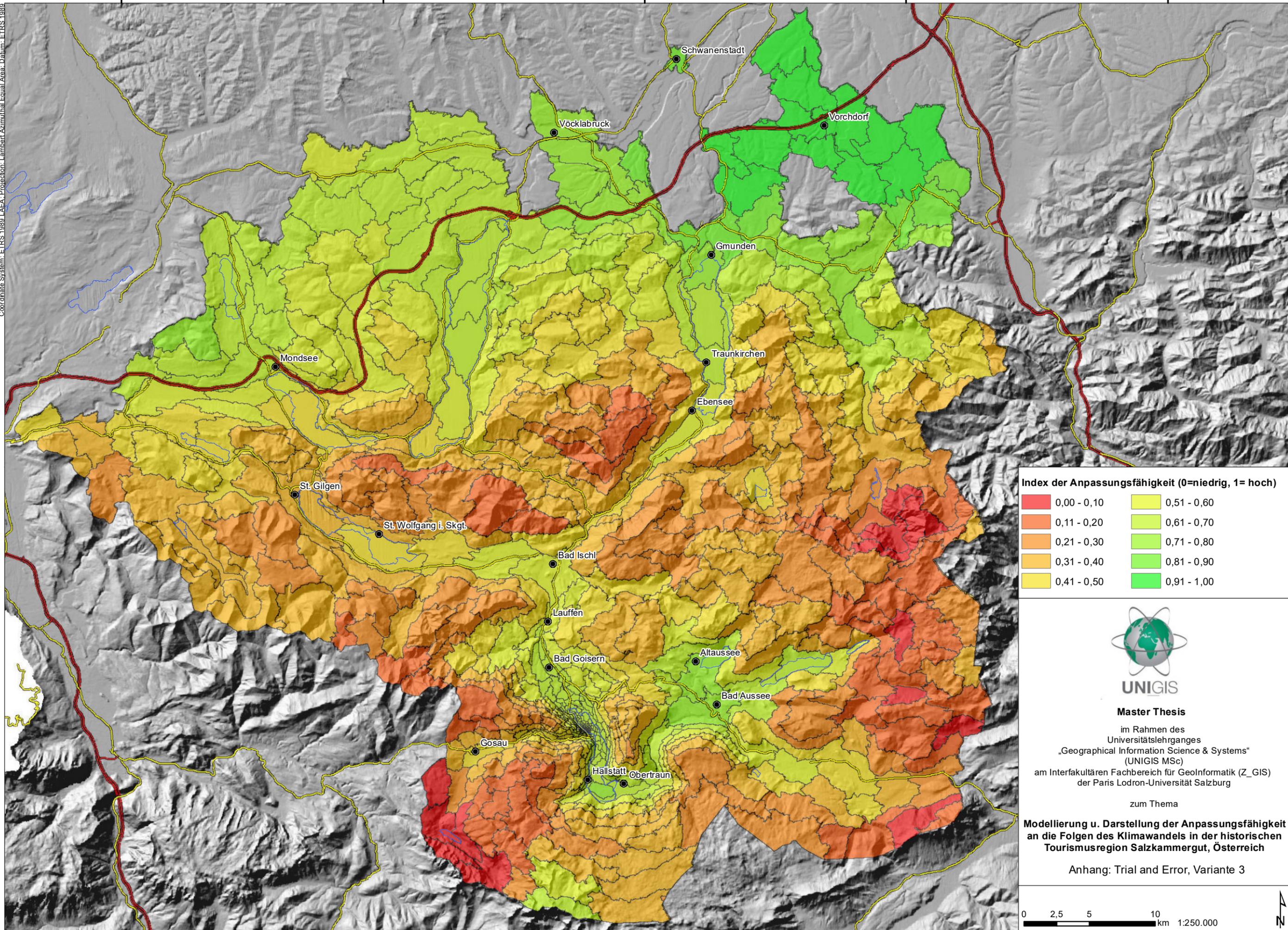
4640000

2780000

2760000

2740000

2720000



**Index der Anpassungsfähigkeit (0=niedrig, 1= hoch)**

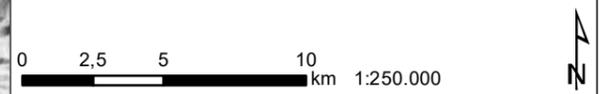
	0,00 - 0,10		0,51 - 0,60
	0,11 - 0,20		0,61 - 0,70
	0,21 - 0,30		0,71 - 0,80
	0,31 - 0,40		0,81 - 0,90
	0,41 - 0,50		0,91 - 1,00



**Master Thesis**  
 im Rahmen des  
 Universitätslehrganges  
 „Geographical Information Science & Systems“  
 (UNIGIS MSc)  
 am Interfakultären Fachbereich für Geoinformatik (Z\_GIS)  
 der Paris Lodron-Universität Salzburg

zum Thema  
**Modellierung u. Darstellung der Anpassungsfähigkeit  
 an die Folgen des Klimawandels in der historischen  
 Tourismusregion Salzammergut, Österreich**

Anhang: Trial and Error, Variante 3



Coordinate System: ETRS 1989 LAEA, Projection: Lambert Azimuthal Equal Area, Datum: ETRS 1989

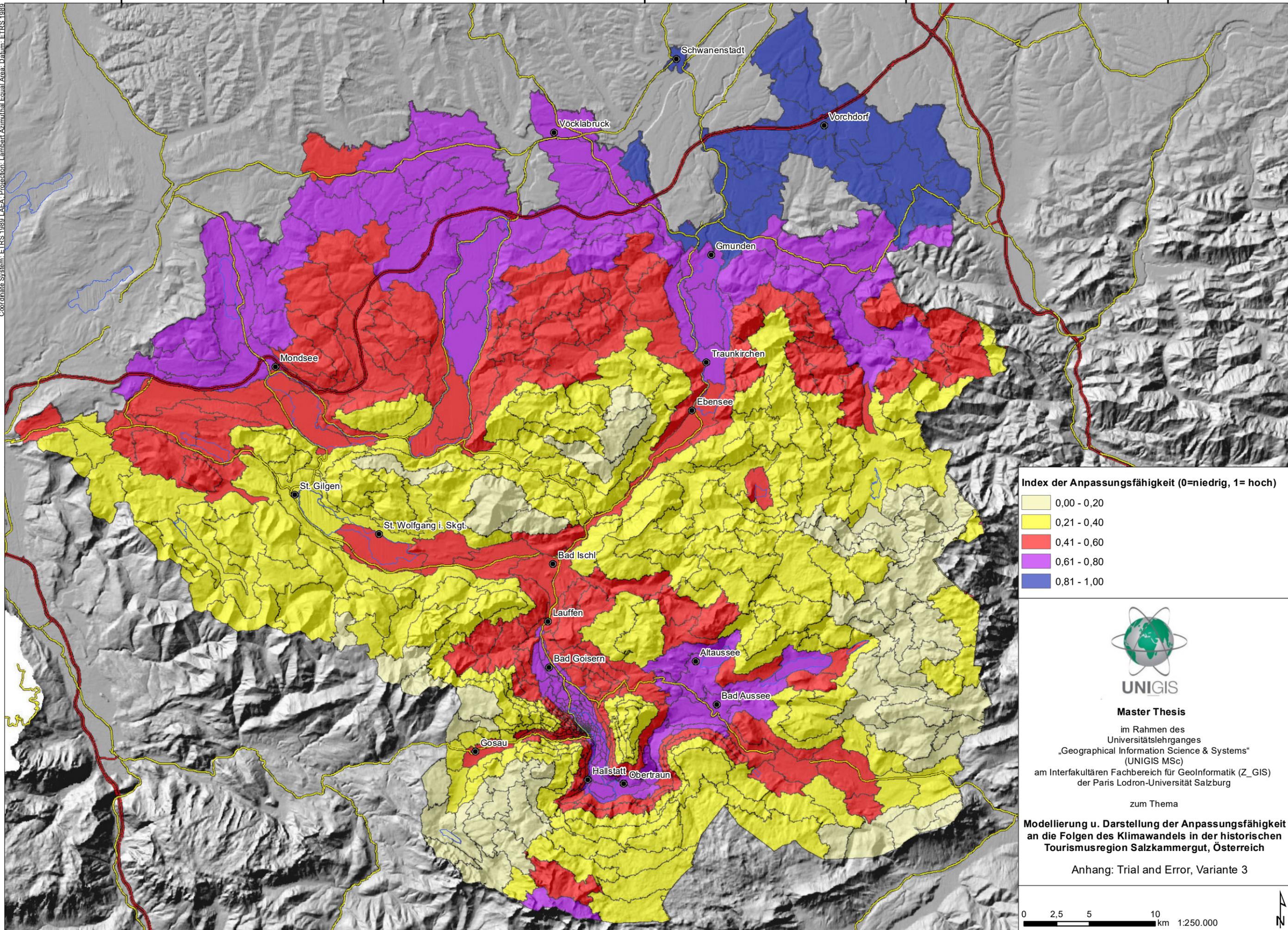
4560000

4580000

4600000

4620000

4640000



2780000

2760000

2740000

2720000

**Index der Anpassungsfähigkeit (0=niedrig, 1= hoch)**

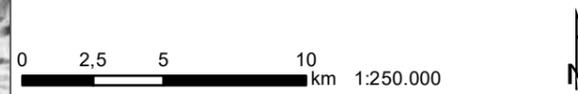
- 0,00 - 0,20
- 0,21 - 0,40
- 0,41 - 0,60
- 0,61 - 0,80
- 0,81 - 1,00



**Master Thesis**  
im Rahmen des  
Universitätslehrganges  
„Geographical Information Science & Systems“  
(UNIGIS MSc)  
am Interfakultären Fachbereich für Geoinformatik (Z\_GIS)  
der Paris Lodron-Universität Salzburg

zum Thema  
**Modellierung u. Darstellung der Anpassungsfähigkeit  
an die Folgen des Klimawandels in der historischen  
Tourismusregion Salzammergut, Österreich**

Anhang: Trial and Error, Variante 3



## **Anhang D**

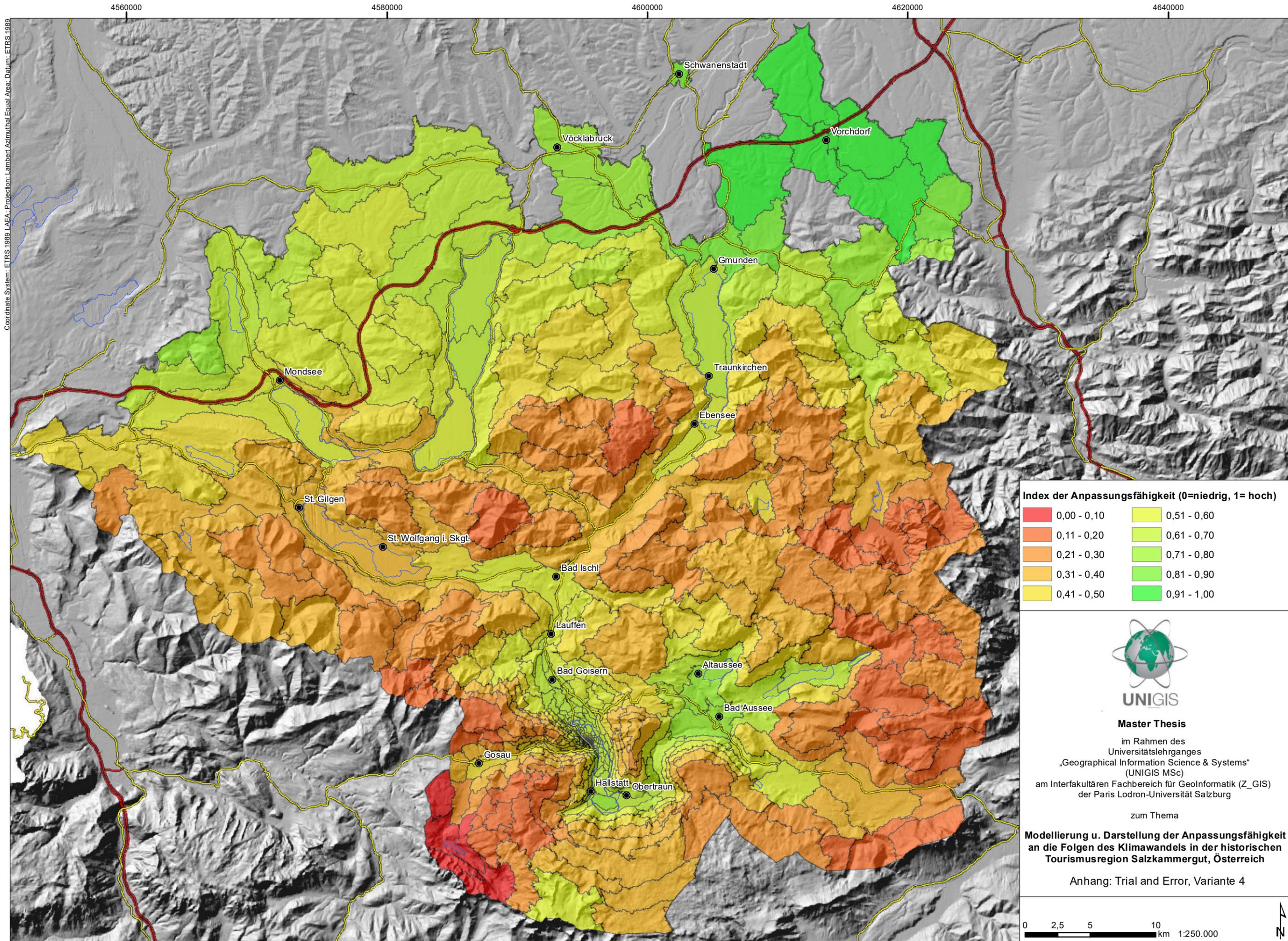
2 Pläne: Trial-and-Error Variante 4

Scale Parameter: 800

Shape: 0,1

Compactness: 0,5

Papierformat: A3



Coordinate System: ETRS 1989 UEA; Projection: Lambert Azimuthal Equal Area; Datum: ETRS 1989

4560000

4580000

4600000

4620000

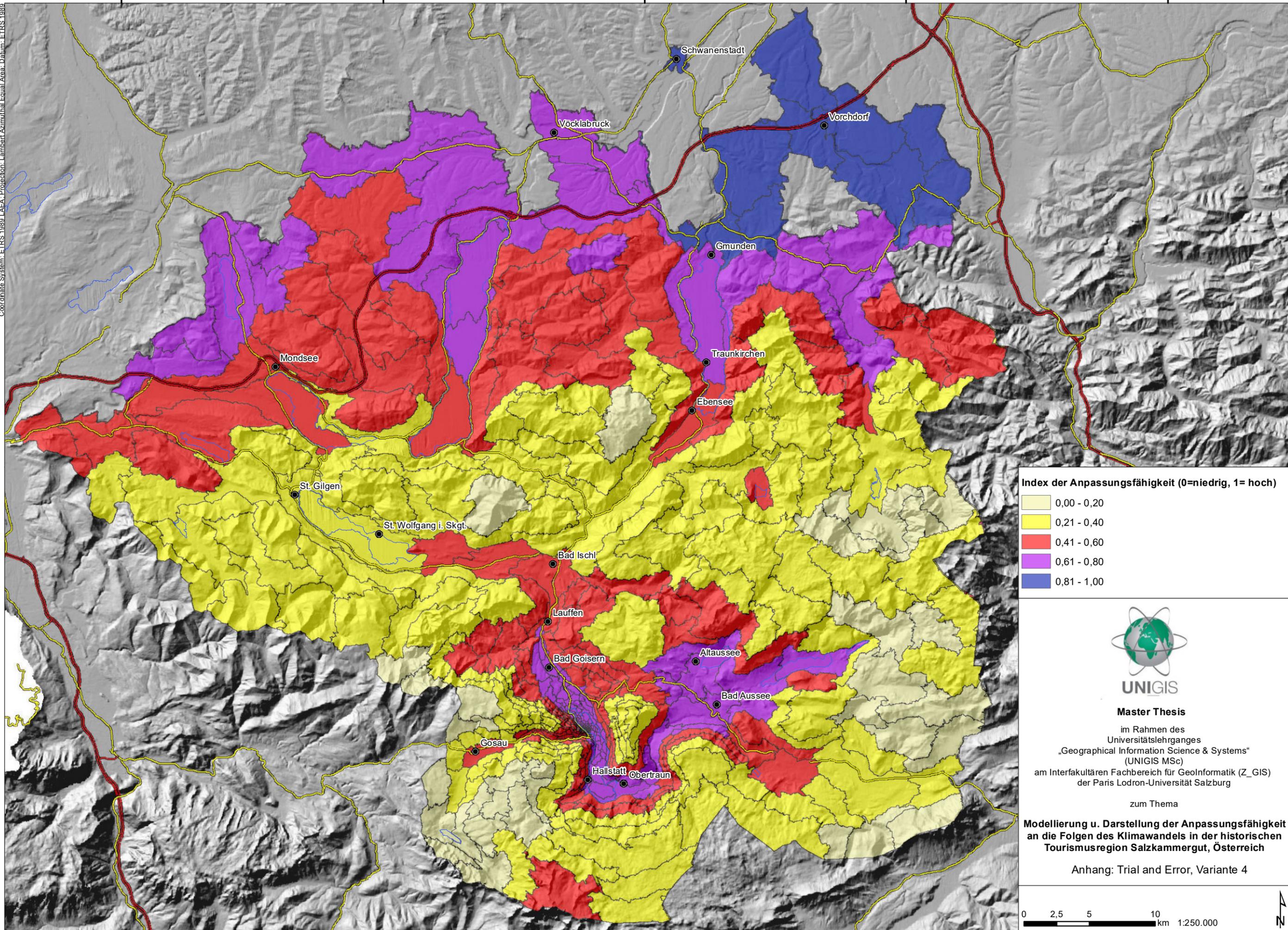
4640000

2780000

2760000

2740000

2720000



Index der Anpassungsfähigkeit (0=niedrig, 1= hoch)

- 0,00 - 0,20
- 0,21 - 0,40
- 0,41 - 0,60
- 0,61 - 0,80
- 0,81 - 1,00



**Master Thesis**

im Rahmen des  
 Universitätslehrganges  
 „Geographical Information Science & Systems“  
 (UNIGIS MSc)  
 am Interfakultären Fachbereich für Geoinformatik (Z\_GIS)  
 der Paris Lodron-Universität Salzburg

zum Thema

**Modellierung u. Darstellung der Anpassungsfähigkeit  
 an die Folgen des Klimawandels in der historischen  
 Tourismusregion Salzkammergut, Österreich**

Anhang: Trial and Error, Variante 4



## **Anhang E**

2 Pläne: Trial-and-Error Variante 5

Scale Parameter: 500

Shape: 0,8

Compactness: 0,2

Papierformat: A3

Coordinate System: ETRS 1989 LAEA, Projection: Lambert Azimuthal Equal Area, Datum: ETRS 1989

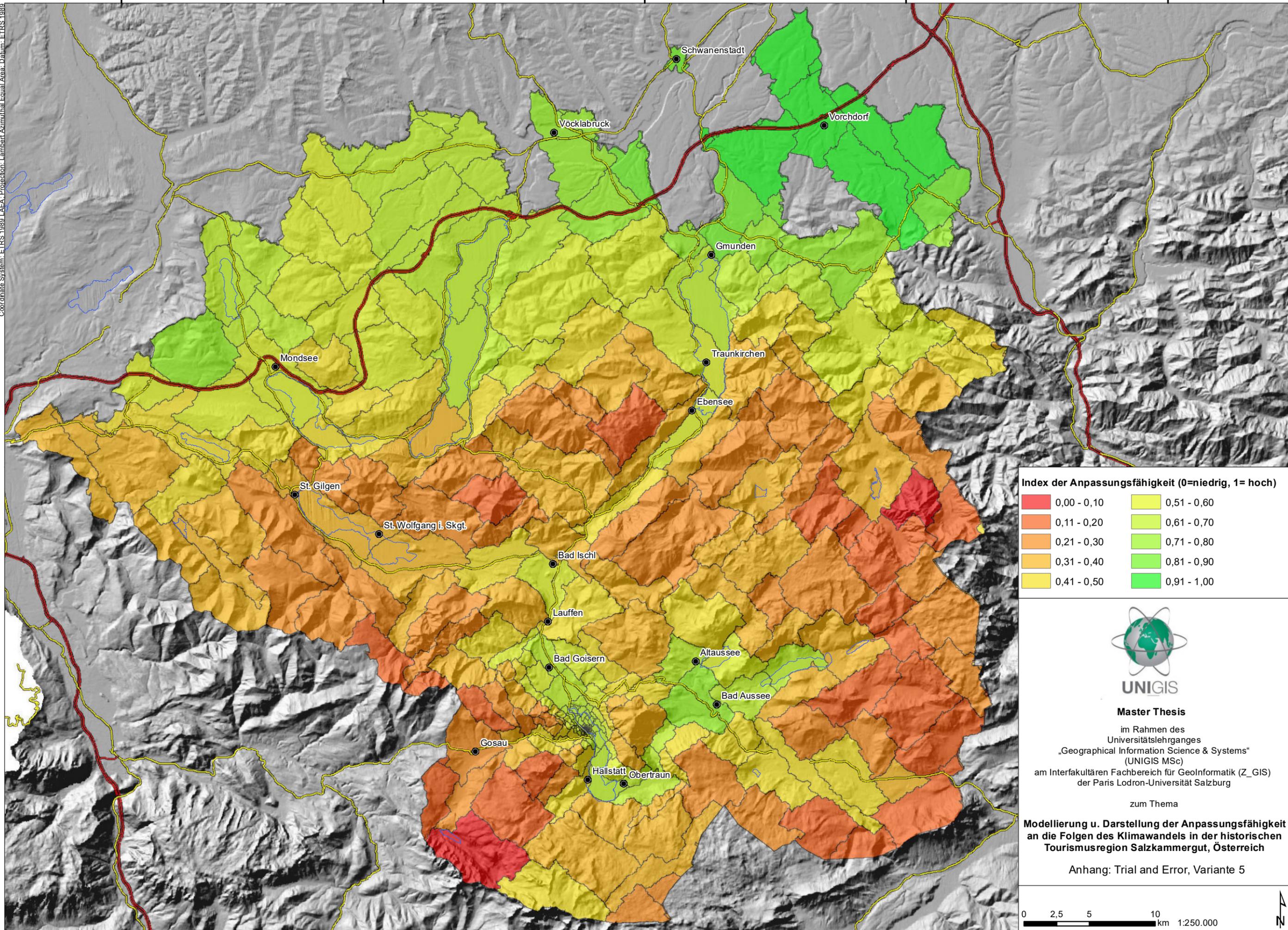
4560000

4580000

4600000

4620000

4640000



**Index der Anpassungsfähigkeit (0=niedrig, 1= hoch)**

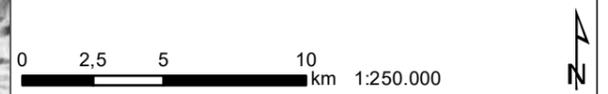
0,00 - 0,10	0,51 - 0,60
0,11 - 0,20	0,61 - 0,70
0,21 - 0,30	0,71 - 0,80
0,31 - 0,40	0,81 - 0,90
0,41 - 0,50	0,91 - 1,00



**Master Thesis**  
im Rahmen des  
Universitätslehrganges  
„Geographical Information Science & Systems“  
(UNIGIS MSc)  
am Interfakultären Fachbereich für Geoinformatik (Z\_GIS)  
der Paris Lodron-Universität Salzburg

zum Thema  
**Modellierung u. Darstellung der Anpassungsfähigkeit  
an die Folgen des Klimawandels in der historischen  
Tourismusregion Salzkammergut, Österreich**

Anhang: Trial and Error, Variante 5



Coordinate System: ETRS 1989 LAEA, Projection: Lambert Azimuthal Equal Area, Datum: ETRS 1989

4560000

4580000

4600000

4620000

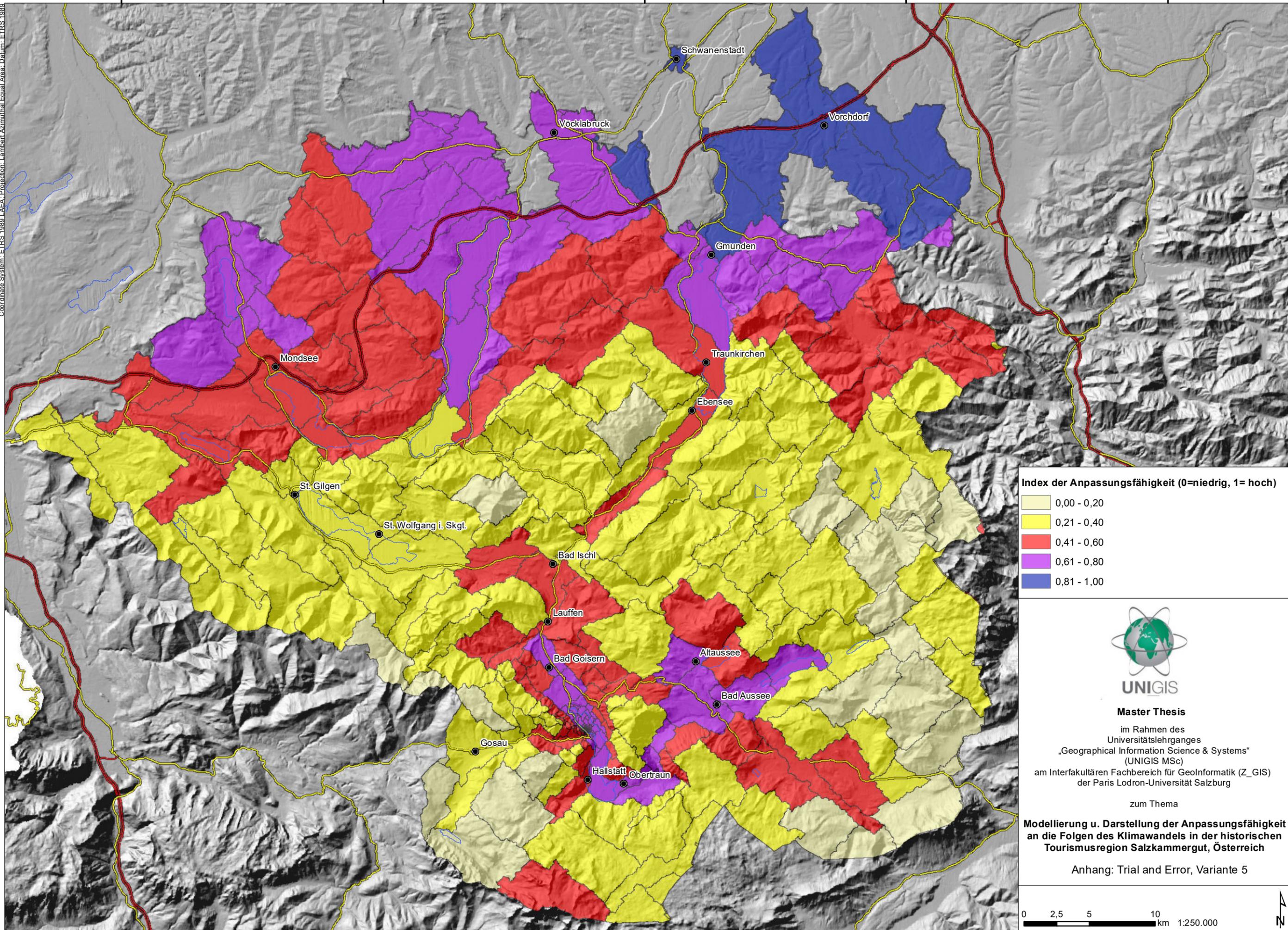
4640000

2780000

2760000

2740000

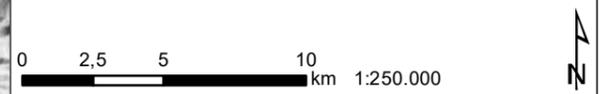
2720000



**Master Thesis**  
 im Rahmen des  
 Universitätslehrganges  
 „Geographical Information Science & Systems“  
 (UNIGIS MSc)  
 am Interfakultären Fachbereich für Geoinformatik (Z\_GIS)  
 der Paris Lodron-Universität Salzburg

zum Thema  
**Modellierung u. Darstellung der Anpassungsfähigkeit  
 an die Folgen des Klimawandels in der historischen  
 Tourismusregion Salzammergut, Österreich**

Anhang: Trial and Error, Variante 5



## **Anhang F**

2 Pläne: Trial-and-Error Variante 6

Scale Parameter: 500

Shape: 0,5

Compactness: 0,5

Papierformat: A3

Coordinate System: ETRS 1989 LAEA, Projection: Lambert Azimuthal Equal Area, Datum: ETRS 1989

4560000

4580000

4600000

4620000

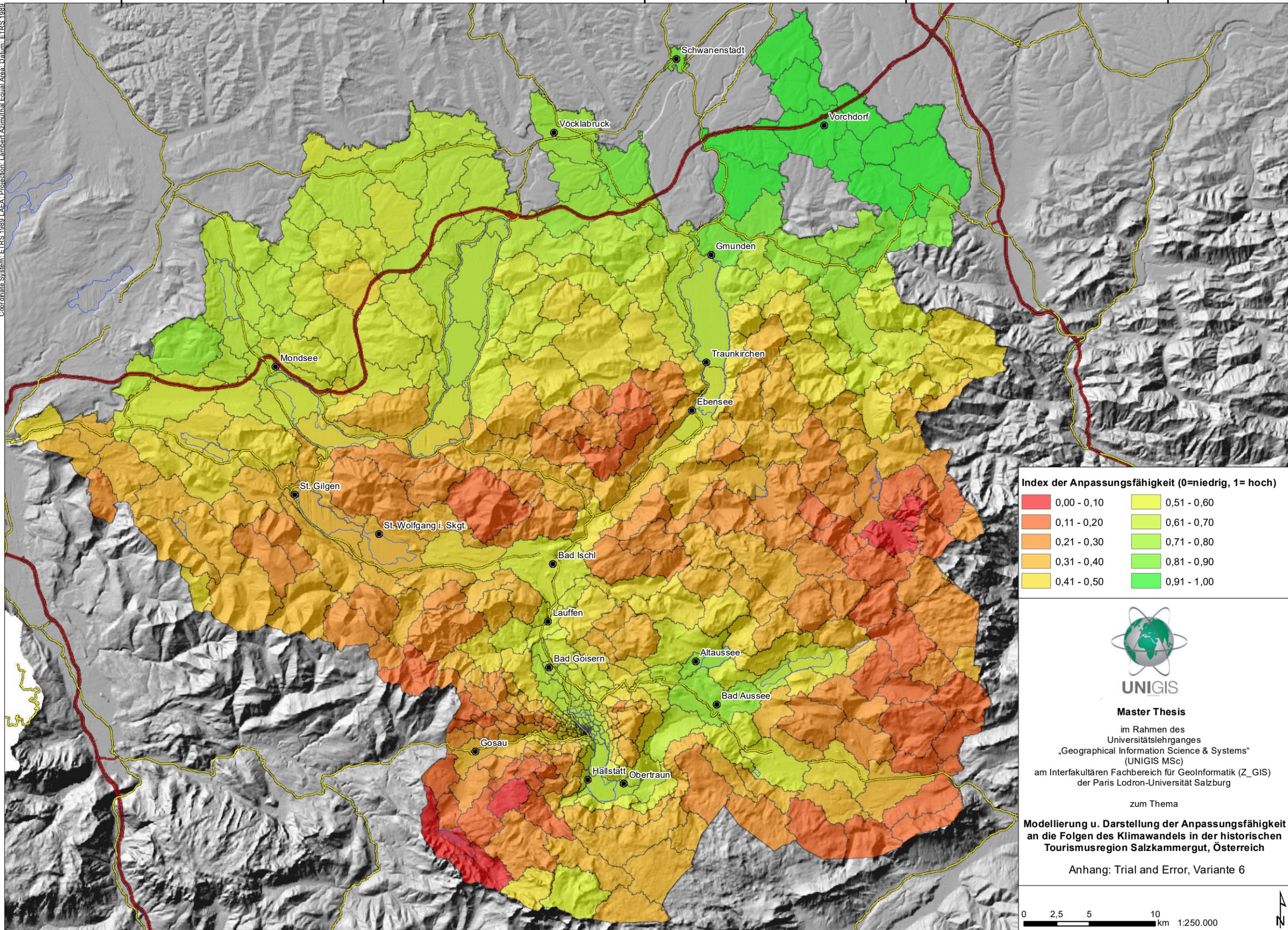
4640000

2780000

2760000

2740000

2720000



**Index der Anpassungsfähigkeit (0=niedrig, 1= hoch)**

	0,00 - 0,10		0,51 - 0,60
	0,11 - 0,20		0,61 - 0,70
	0,21 - 0,30		0,71 - 0,80
	0,31 - 0,40		0,81 - 0,90
	0,41 - 0,50		0,91 - 1,00



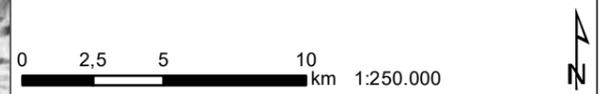
**Master Thesis**

im Rahmen des  
 Universitätslehrganges  
 „Geographical Information Science & Systems“  
 (UNIGIS MSc)  
 am Interfakultären Fachbereich für Geoinformatik (Z\_GIS)  
 der Paris Lodron-Universität Salzburg

zum Thema

**Modellierung u. Darstellung der Anpassungsfähigkeit  
 an die Folgen des Klimawandels in der historischen  
 Tourismusregion Salzkammergut, Österreich**

Anhang: Trial and Error, Variante 6



Coordinate System: ETRS 1989 LAEA, Projection: Lambert Azimuthal Equal Area, Datum: ETRS 1989

4560000

4580000

4600000

4620000

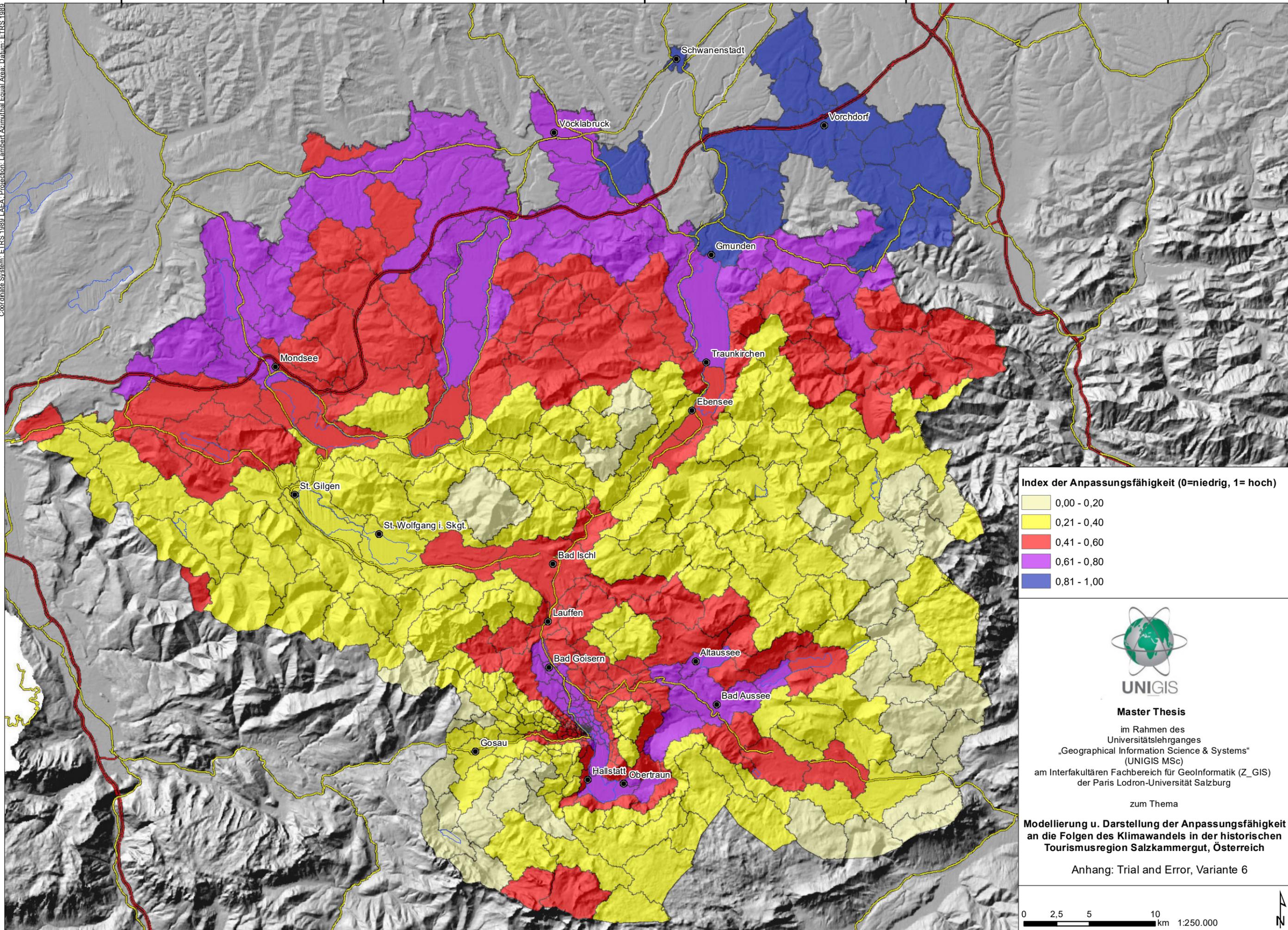
4640000

2780000

2760000

2740000

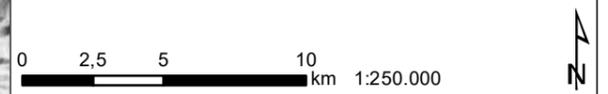
2720000



**Master Thesis**  
 im Rahmen des  
 Universitätslehrganges  
 „Geographical Information Science & Systems“  
 (UNIGIS MSc)  
 am Interfakultären Fachbereich für Geoinformatik (Z\_GIS)  
 der Paris Lodron-Universität Salzburg

zum Thema  
**Modellierung u. Darstellung der Anpassungsfähigkeit  
 an die Folgen des Klimawandels in der historischen  
 Tourismusregion Salzkammergut, Österreich**

Anhang: Trial and Error, Variante 6



## **Anhang G**

2 Pläne: ESP2, Level 1

Scale Parameter: 248

Shape: 0,1

Compactness: 0,5

Papierformat: A3

Coordinate System: ETRS 1989 LAEA, Projection: Lambert Azimuthal Equal Area, Datum: ETRS 1989

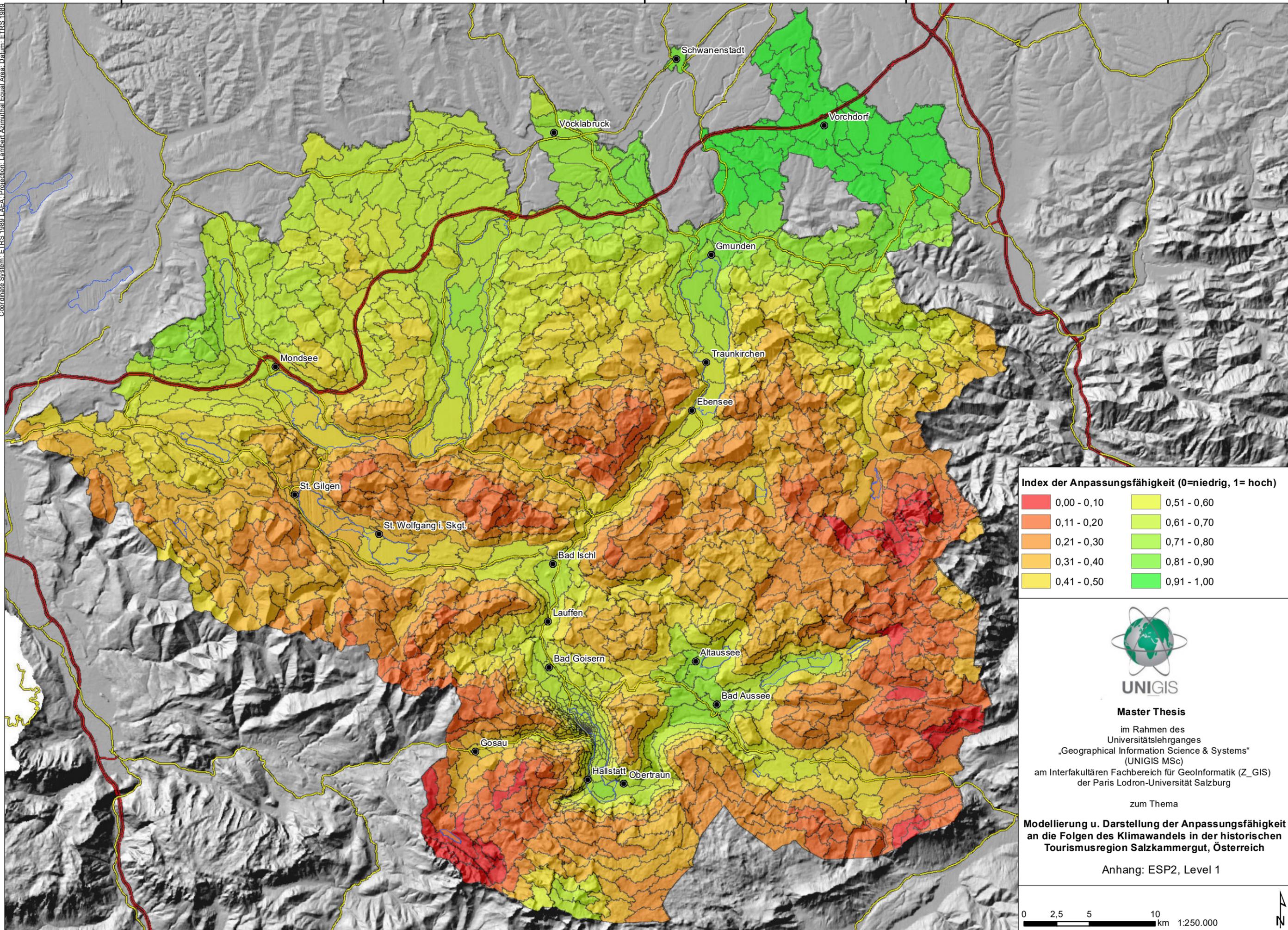
4560000

4580000

4600000

4620000

4640000



2780000

2760000

2740000

2720000

**Index der Anpassungsfähigkeit (0=niedrig, 1= hoch)**

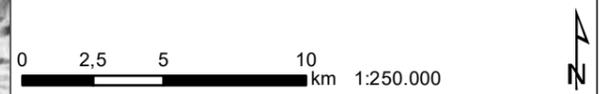
0,00 - 0,10	0,51 - 0,60
0,11 - 0,20	0,61 - 0,70
0,21 - 0,30	0,71 - 0,80
0,31 - 0,40	0,81 - 0,90
0,41 - 0,50	0,91 - 1,00



**Master Thesis**  
im Rahmen des  
Universitätslehrganges  
„Geographical Information Science & Systems“  
(UNIGIS MSc)  
am Interfakultären Fachbereich für Geoinformatik (Z\_GIS)  
der Paris Lodron-Universität Salzburg

zum Thema  
**Modellierung u. Darstellung der Anpassungsfähigkeit  
an die Folgen des Klimawandels in der historischen  
Tourismusregion Salzammergut, Österreich**

Anhang: ESP2, Level 1



Coordinate System: ETRS 1989 LAEA, Projection: Lambert Azimuthal Equal Area, Datum: ETRS 1989

4560000

4580000

4600000

4620000

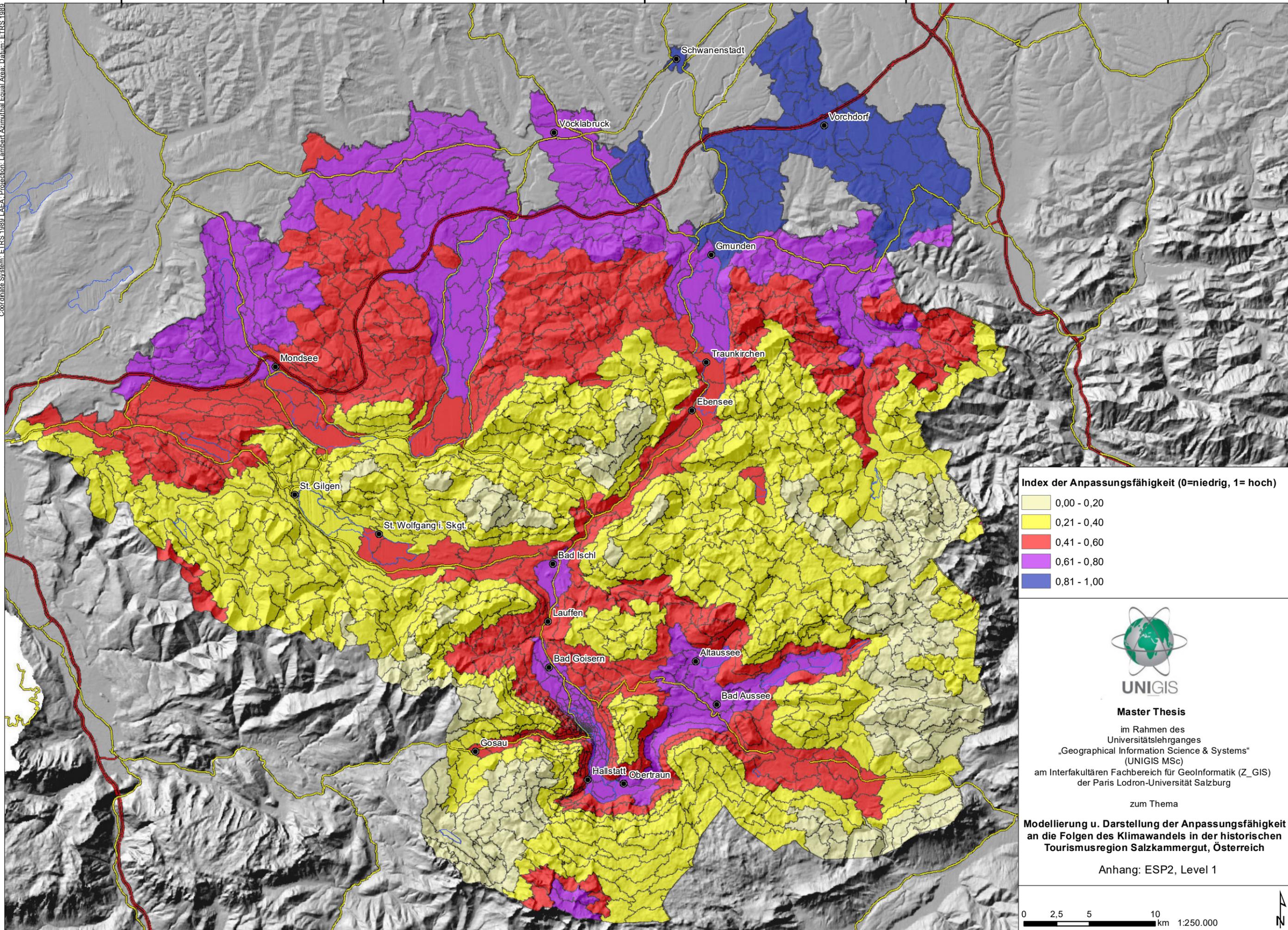
4640000

2780000

2760000

2740000

2720000



Index der Anpassungsfähigkeit (0=niedrig, 1= hoch)

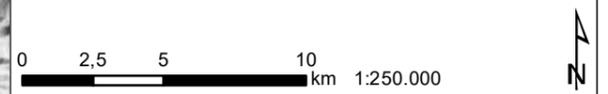
- 0,00 - 0,20
- 0,21 - 0,40
- 0,41 - 0,60
- 0,61 - 0,80
- 0,81 - 1,00



**Master Thesis**  
 im Rahmen des  
 Universitätslehrganges  
 „Geographical Information Science & Systems“  
 (UNIGIS MSc)  
 am Interfakultären Fachbereich für Geoinformatik (Z\_GIS)  
 der Paris Lodron-Universität Salzburg

zum Thema  
**Modellierung u. Darstellung der Anpassungsfähigkeit  
 an die Folgen des Klimawandels in der historischen  
 Tourismusregion Salzammergut, Österreich**

Anhang: ESP2, Level 1



## **Anhang H**

2 Pläne: ESP2, Level 2

Scale Parameter: 811

Shape: 0,1

Compactness: 0,5

Papierformat: A3

Coordinate System: ETRS 1989 LAEA, Projection: Lambert Azimuthal Equal Area, Datum: ETRS 1989

4560000

4580000

4600000

4620000

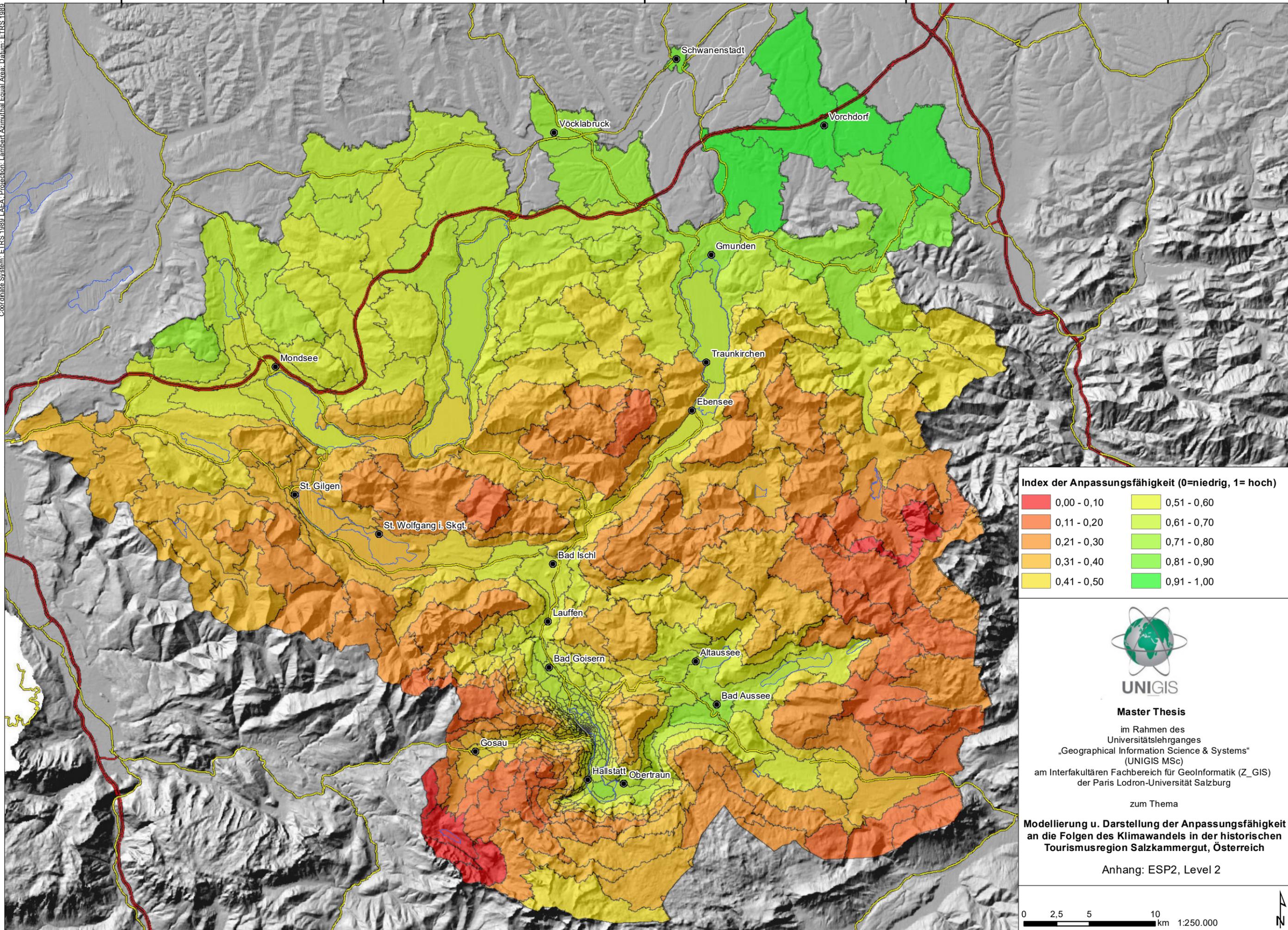
4640000

2780000

2760000

2740000

2720000



**Index der Anpassungsfähigkeit (0=niedrig, 1= hoch)**

	0,00 - 0,10		0,51 - 0,60
	0,11 - 0,20		0,61 - 0,70
	0,21 - 0,30		0,71 - 0,80
	0,31 - 0,40		0,81 - 0,90
	0,41 - 0,50		0,91 - 1,00



**Master Thesis**

im Rahmen des  
 Universitätslehrganges  
 „Geographical Information Science & Systems“  
 (UNIGIS MSc)  
 am Interfakultären Fachbereich für Geoinformatik (Z\_GIS)  
 der Paris Lodron-Universität Salzburg

zum Thema

**Modellierung u. Darstellung der Anpassungsfähigkeit  
 an die Folgen des Klimawandels in der historischen  
 Tourismusregion Salzkammergut, Österreich**

Anhang: ESP2, Level 2



Coordinate System: ETRS 1989 LAEA, Projection: Lambert Azimuthal Equal Area, Datum: ETRS 1989

4560000

4580000

4600000

4620000

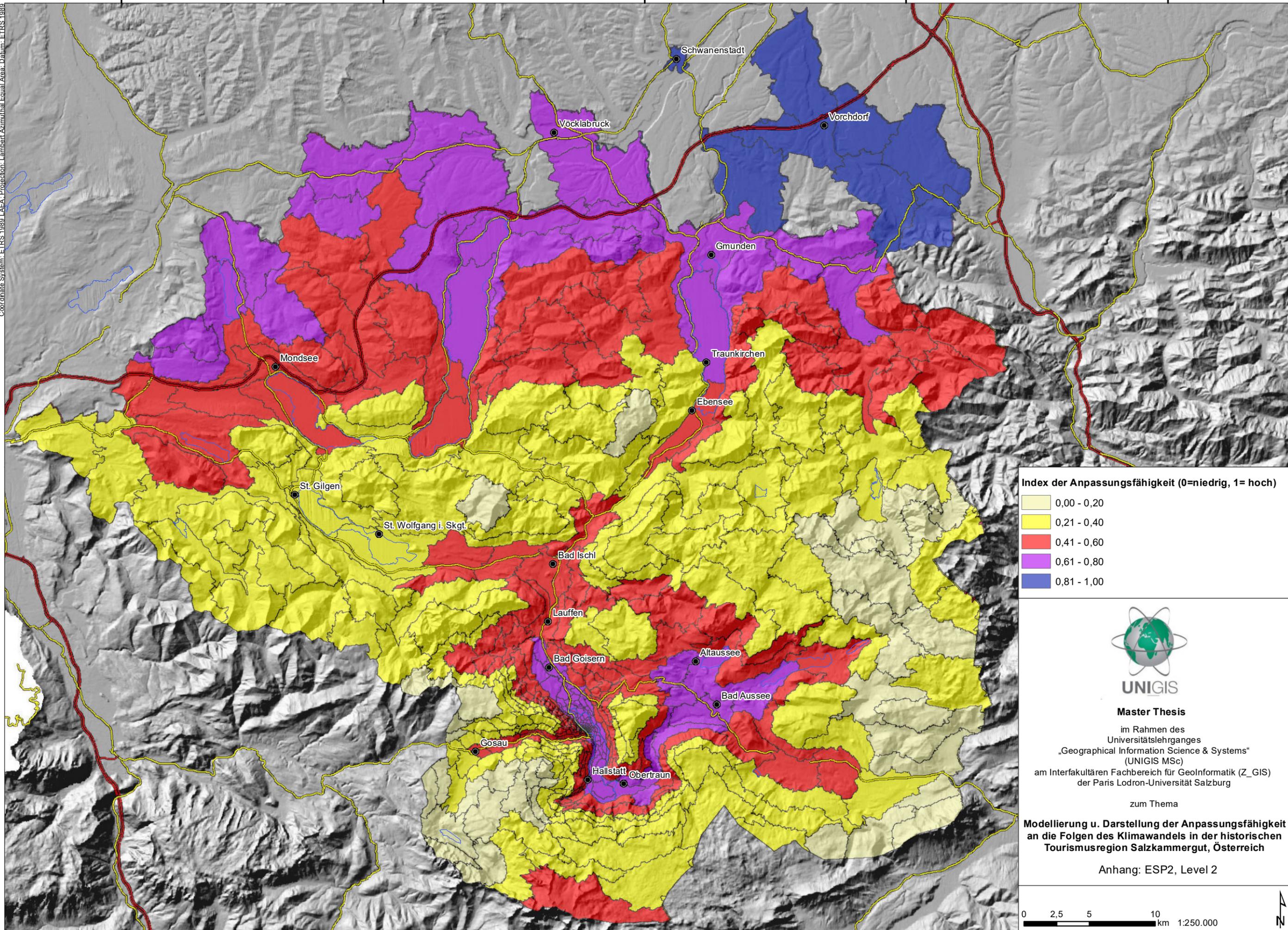
4640000

2780000

2760000

2740000

2720000



**Index der Anpassungsfähigkeit (0=niedrig, 1= hoch)**

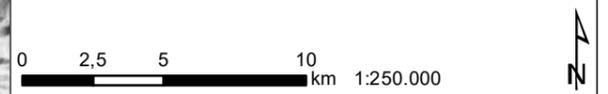
	0,00 - 0,20
	0,21 - 0,40
	0,41 - 0,60
	0,61 - 0,80
	0,81 - 1,00



**Master Thesis**  
 im Rahmen des  
 Universitätslehrganges  
 „Geographical Information Science & Systems“  
 (UNIGIS MSc)  
 am Interfakultären Fachbereich für Geoinformatik (Z\_GIS)  
 der Paris Lodron-Universität Salzburg

zum Thema  
**Modellierung u. Darstellung der Anpassungsfähigkeit  
 an die Folgen des Klimawandels in der historischen  
 Tourismusregion Salzammergut, Österreich**

Anhang: ESP2, Level 2



## **Anhang I**

2 Pläne: ESP2, Level 3

Scale Parameter: 1701

Shape: 0,1

Compactness: 0,5

Papierformat: A3

Coordinate System: ETRS 1989 LAEA, Projection: Lambert Azimuthal Equal Area, Datum: ETRS 1989

4560000

4580000

4600000

4620000

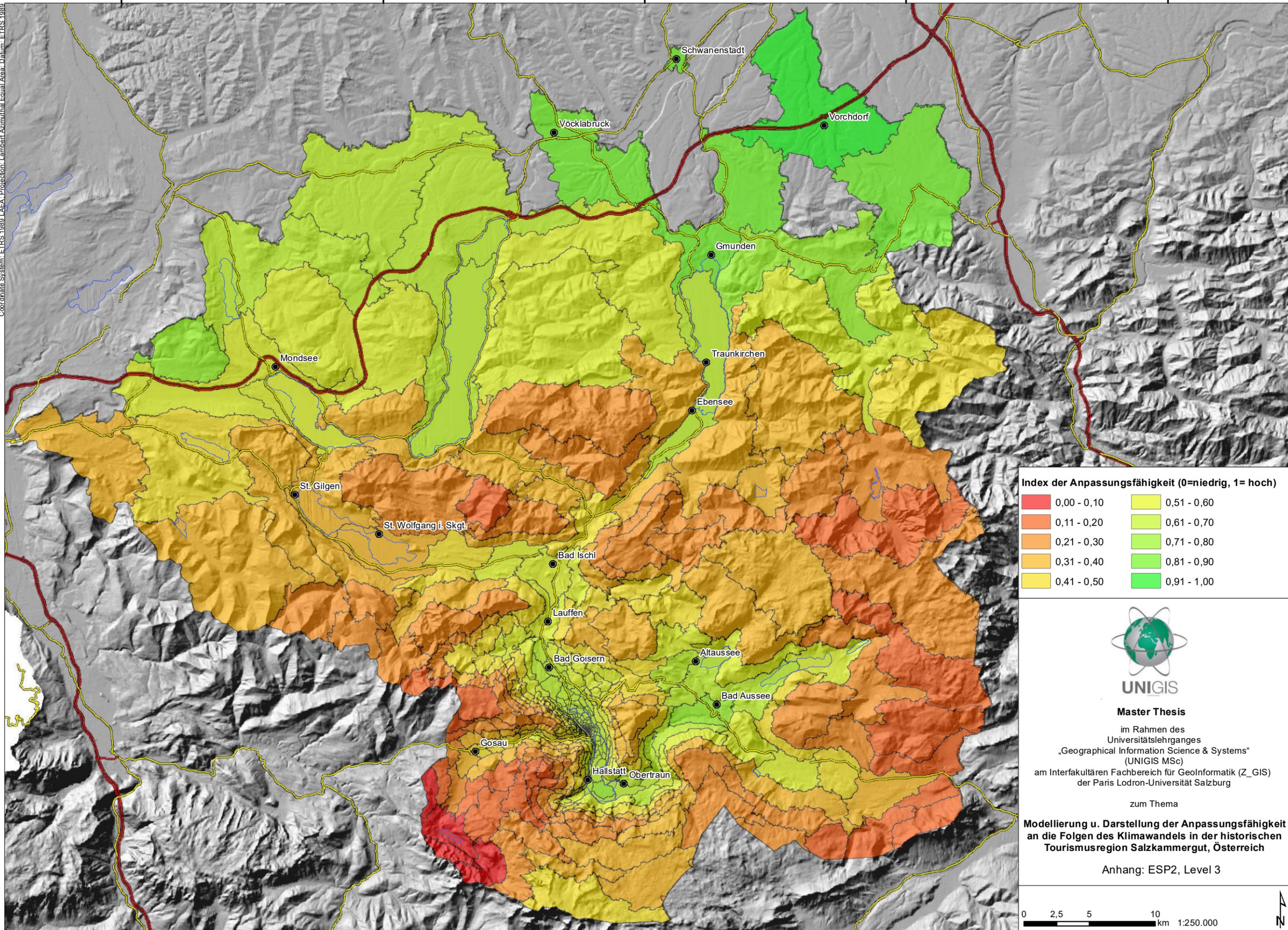
4640000

2780000

2760000

2740000

2720000



**Index der Anpassungsfähigkeit (0=niedrig, 1= hoch)**

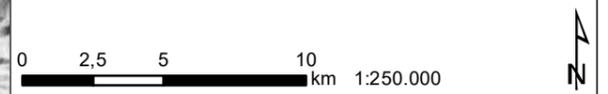
	0,00 - 0,10		0,51 - 0,60
	0,11 - 0,20		0,61 - 0,70
	0,21 - 0,30		0,71 - 0,80
	0,31 - 0,40		0,81 - 0,90
	0,41 - 0,50		0,91 - 1,00



**Master Thesis**  
 im Rahmen des  
 Universitätslehrganges  
 „Geographical Information Science & Systems“  
 (UNIGIS MSc)  
 am Interfakultären Fachbereich für Geoinformatik (Z\_GIS)  
 der Paris Lodron-Universität Salzburg

zum Thema  
**Modellierung u. Darstellung der Anpassungsfähigkeit  
 an die Folgen des Klimawandels in der historischen  
 Tourismusregion Salzkammergut, Österreich**

Anhang: ESP2, Level 3



Coordinate System: ETRS 1989 LAEA, Projection: Lambert Azimuthal Equal Area, Datum: ETRS 1989

4560000

4580000

4600000

4620000

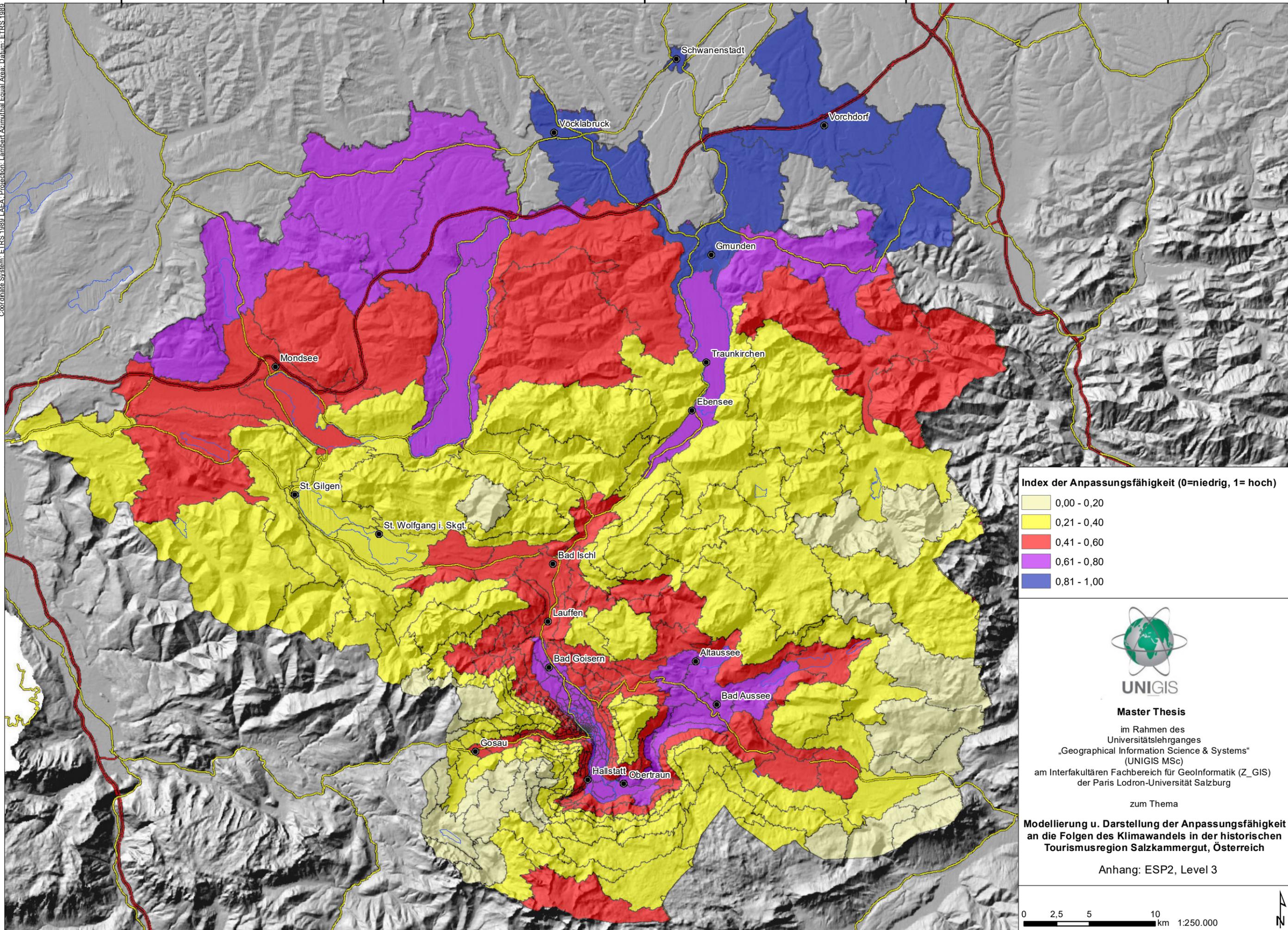
4640000

2780000

2760000

2740000

2720000



**Master Thesis**  
 im Rahmen des  
 Universitätslehrganges  
 „Geographical Information Science & Systems“  
 (UNIGIS MSc)  
 am Interfakultären Fachbereich für Geoinformatik (Z\_GIS)  
 der Paris Lodron-Universität Salzburg

zum Thema

**Modellierung u. Darstellung der Anpassungsfähigkeit  
 an die Folgen des Klimawandels in der historischen  
 Tourismusregion Salzammergut, Österreich**

Anhang: ESP2, Level 3

