

Geographisches Institut

Universität Zürich

GIScience Center: Geographic Information Visualization and Analysis (GIVA)

Analyse und Quantifizierung des Erholungspotenzials der Fließgewässer im Kanton Zürich

GEO 511 MASTERARBEIT

Remo Gantenbein

10-742-617

Betreuer:

Dr.-Ing. Kai-Florian Richter, Geographical Information Visualization and Analysis, Geographisches
Institut Universität Zürich

Sven-Erik Rabe, Planning of Landscape and Urban Systems (PLUS), ETH Zürich

Fakultätsmitglied:

Prof. Dr. Sara Irina Fabrikant

29. Januar 2016

Kontakt Autor:

Remo Gantenbein

Bahnhofstrasse 6

8353 Elgg

remogantenbein@gmail.com

Kontakt Institut:

Geographisches Institut

Universität Zürich

Winterthurerstrasse 190

CH-8057 Zürich

Danksagung

Bei allen Personen, die mich während dieser Arbeit unterstütz haben, möchte ich mich bedanken. Insbesondere bei meinen Betreuern, Kai-Florian Richter und Sven-Erik Rabe, die mir bei der Auswahl des Themas halfen, sich die Zeit für die Besprechungen nahmen und auf meine Fragen per Email immer in kürzester Zeit eine Antwort gaben.

Ein grosser Dank geht an meine Freunde und Familie die mich aktiv oder indirekt unterstützt haben. Ihre Unterstützung hat mir in schwierigen Phasen der Arbeit geholfen. Ein besonderer Dank geht an Séverine, für all ihre Geduld und Unterstützung.

Elgg, 26. Januar 2016

Remo Gantenbein

Zusammenfassung

Fliessgewässer erbringen im Zusammenhang mit der Erholung, wertvolle kulturelle Ökosystemdienstleistungen und können als typisches Landschaftsmerkmal mit Erholungspotenzial bezeichnet werden. So sind in der Schweiz der Aufenthalt und die Bewegung am oder in der Nähe von Fliessgewässern bei Erholungssuchenden sehr beliebt. Zudem gibt es in der Schweiz und in der EU Bestrebungen, die unterschiedlichen kulturellen Ökosystemdienstleistungen zu messen und beispielsweise die Messergebnisse in Raumplanungs- und Revitalisierungsprojekte einfließen zu lassen.

Fliessgewässer sind oft bereits ein Teil einer, für die Erholung, attraktiven Landschaft. Diese Arbeit beschäftigt sich mit der weiteren Differenzierung dieses Fliessgewässerraumes mit dem Fokus auf die Naherholung und auf die Nutzergruppen Spaziergänger und Wanderer. Um dies zu erreichen, wurde aufgrund von einer Literaturrecherche und anhand von der mehrmaligen Befragung von vier ExpertInnen eine Indikatoren-Auswahl zur Erhebung des Erholungspotenzials erarbeitet.

In einer GIS-Modellierung wurden die räumlich messbaren Indikatoren, auf der Basis von bereits vorhandenen Daten aufbereitet. Die Modellierung beinhaltete die Aufteilung der Fliessgewässer in gleichmässige 50m lange Abschnitte und die Zuweisung von Kriterienwerten für diese Abschnitte anhand von GIS-Methoden. Um diese Kriterienwerte anhand der ExpertInnenbefragung differenziert bewerten und gewichten zu können, wurde die Situation der Fliessgewässer in Siedlungs- und «nicht Siedlungsgebiet» unterteilt.

Um Aussagen über das Erholungspotenzial eines Fliessgewässers machen zu können, wurde im Rahmen einer *Multicriteria Decision Analysis* (MCDA) eine Bewertung und Gewichtung der Indikatoren und deren Kriterienwerte aufgrund der Einschätzungen der ExpertInnen anhand eines *Analytical Hierarchy Process* (AHP) und einer *Pairwise Comparison* vorgenommen. Aufgrund den, zum Teil gegensätzlichen Meinungen der befragten ExpertInnen, bezüglich den Gewichtungen, wurden im AHP vier verschiedene Modellvarianten berechnet. Eine Aussage darüber, welche Modellvariante die besseren Ergebnisse liefert, war nicht möglich, oft waren die Ergebnisse der Varianten jedoch ähnlich. Aufgrund dieser Modellvarianten konnte ausserdem, in Zusammenhang mit der Sensitivitätsanalyse, der Einfluss von unterschiedlichen Gewichtungen auf das Endresultat der MCDA aufgezeigt werden.

Um die Endresultate der MCDA, die Erholungspotenzialwerte, zu überprüfen, wurden Stichproben untersucht, sowie einige Fliessgewässerabschnitte vor Ort untersucht. Diese Plausibilitätsanalyse hat gezeigt, dass die Ergebnisse eine gute Annäherung an die reale Erholungseignung darstellen können. Insbesondere bei Abschnitten mit sehr ähnlichen Erholungspotenzialwerten waren die aufgrund der Kriterienwerten berechneten Unterschiede tatsächlich vor Ort nicht immer auszumachen. Im Gegensatz dazu wurden in den Plausibilitätsprüfungen Fliessgewässerabschnitte mit deutlich unterschiedlichen Erholungspotenzialwerten auch als Fliessgewässer mit unterschiedlichen Erholungseignungen erachtet.

Die Ergebnisse der Modellierung werden anhand von Karten dargestellt. Diese zeigen unter anderem die Anteile der ausgearbeiteten Klassen am Gesamtfliessgewässernetz des Kantons Zürich in Kilometern. Dabei wird auch die Verteilung der Fliessgewässerabschnitte der ursprünglich definierten Erholungspotenzialklassen für das Siedlungs- und «nicht Siedlungsgebiet» aufgezeigt. Um die Bedeutung der Naherholung von relevanten Fliessgewässerabschnitte zu bewerten, wurde die potenzielle Nachfrage in Form der Wohnbevölkerungs- und Beschäftigtendichte untersucht und für die Differenzierung der Fliessgewässerabschnitte miteinbezogen. Eine Gegenüberstellung des Erholungspotenzials und der potenziellen Nachfrage ermöglichte es, eine weitere spezifische Karte, mit einer Klassierung der Fliessgewässerabschnitte des Kantons Zürich mit einem «hohen Erholungspotenzial (EP) und einer hohen Nachfrage (NF)», «hohes EP und geringe NF», «geringes EP hohe NF» und «geringes EP geringe NF» zu erstellen. Diese Auswahl ist in Anbetracht der anstehenden Revitalisierungen von Fliessgewässern im Kanton Zürich relevant und kann für anstehende Projekte als Grundlage für die Beschreibung der Veränderung und deren Auswirkungen auf das Erholungspotenzial dienen. Ausserdem können mögliche Synergien zwischen Revitalisierungs- und anderen Planungen, wie z.B. Landschaftsentwicklungskonzepten sichtbar gemacht werden.

Ein Vergleich zwischen Gemeinden ist auf Abschnittsebene, anhand der beiden oben erwähnten Karten, eher schwierig. Um einen Einblick auf die Verteilung des Erholungspotenzials der Fliessgewässer auf Gemeindeebene zu ermöglichen, wurde das Erholungspotenzial aggregiert und in Form von Choroplethen-Karten dargestellt.

Inhaltsverzeichnis

1. Einleitung.....	1
1.1. Motivation und Forschungslücke	1
1.2. Forschungsfragen und Ziele	3
2. Wissenschaftlicher Hintergrund.....	3
2.1. Erholung und Landschaft.....	4
2.2. Kulturelle Ökosystemdienstleistungen	5
2.3. Studien zu kulturellen Ökosystemdienstleistungen.....	7
2.4. Erholung in der Raumplanung des Kanton Zürich.....	10
2.5. Ökomorphologiestufenkonzept	15
2.6. Geovisualisierung	16
2.7. Zusammenfassung.....	16
3. Methoden.....	17
3.1. Untersuchungsgebiet	17
3.2. Übersicht der Arbeitsschritte	18
3.3. Multicriteria Decision Analysis (MCDA).....	19
3.3.1. Ablauf der MCDA.....	21
3.3.2. Bewertungsfunktionen.....	21
3.3.3. Analytical Hierarchy Process (AHP) und Pairwise Comparison	22
3.4. Bestimmung der Indikatoren aufgrund einer Literaturrecherche	24
3.5. ExpertInnenbefragung.....	26
3.5.1. Indikatoren-Auswahl, Bewertung und Gewichtung	26
3.5.2. Auswertung der ExpertInnengespräche.....	28
3.6. GIS-Modellierung.....	30
3.6.1. Definition des Gewässerraumes.....	31
3.6.2. Kriterien des Indikators Erreichbarkeit und Zugänglichkeit	33
3.6.3. Kriterien des Indikators Natürlichkeit	36
3.6.4. Kriterien des Indikators Gewässerraumnutzung.....	37
3.6.5. Kriterien des Indikators Ungestörtheit.....	39
3.6.6. Potenzielle Nachfrage	40
3.6.7. Unterscheidung zwischen Siedlungs- und «nicht Siedlungsgebiet»	42
3.6.8. Validierung	42
3.6.9. Methoden zur Analyse der Resultate	43
3.6.10. Daten und Software	45
4. Resultate.....	46
4.1. Ergebnisse aus der Literaturrecherche	46
4.2. Ergebnisse aus der ExpertInnenbefragung	51

4.2.1. Befragung Teil 1.....	51
4.2.2. Schlussfolgerungen aus der Befragung Teil 1.....	57
4.2.3. Befragung Teil 2 Bewertungsfunktionen.....	59
4.2.4. Befragung Teil 2 Gewichtungen	65
4.3. Resultate der GIS-Modellierung	67
4.3.1. Verteilung der Kriterienwerte	67
4.3.2. Darstellung und Vergleich der Erholungspotenzialwerte	69
4.3.3. Erklärung des Modellverhaltens aufgrund von Stichproben	76
4.3.4. Ergebnisse aus den Feldbegehungen («Realitätscheck»)	82
4.3.5. Gegenüberstellung der Erholungspotenzialwerte und der potenziellen Nachfrage	88
4.3.6. Vergleich des Erholungspotenzials auf Gemeinde Ebene	92
5. Diskussion.....	94
5.1. Erholungspotenzial.....	95
5.1.1. Beurteilung der Erholungspotenzialwerte	95
5.1.2. Beitrag zur Erhebung von kulturellen Ökosystemdienstleistungen.....	97
5.1.3. Indikatoren-Auswahl	98
5.1.4. Einfluss der Modellierung auf die Erholungspotenzialwerte	99
5.2. Vergleich der Ergebnisse mit anderen Untersuchungen	100
5.3. Diskussion der Methoden	108
5.4. Vergleich der Erholungspotenzialwerte mit Revitalisierungspriorisierungen.....	113
6. Schlussfolgerungen und Ausblick	120
6.1. Schlussfolgerungen.....	120
6.2. Ausblick	122
Literaturangaben.....	123
Anhang	130
A. Auszug des Fragebogens Teil 1	130
B. Auszug des Fragebogens Teil 2.....	131
C. Anleitung GIS-Analyse	138
D. Erholungspotenzialkarten	157

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Ein Abschnitt des Mattenbachs bei Winterthur (links) und der Thur bei Dättwil (rechts)	1
Abbildung 2: Recreation Opportunity Spectrum aus Maes et al. (2015).....	8
Abbildung 3: Bevorzugte Merkmal der Naherholung aus Buchecker et al. (2013).....	9
Abbildung 4: Zukünftige Landschafts- und Wohnumfeldbezogene Hotspots der Erholung im Kanton Zürich (Kanton Zürich 2014).	11
Abbildung 5: Prioritäten des ARE betreffend den Revitalisierungsplanungen (ARE 2015b).	13
Abbildung 6: Ausschnitt aus Plan 2 (Stadt Winterthur und Umgebung) 1:60'000 aus Hollenstein (2015).	14
Abbildung 7: Ökomorphologie der Fliessgewässer im Kanton Zürich aus Hollenstein et al. (2015).....	16
Abbildung 8: Prozess der Geovisualisierung aus (Malczewski & Rinner 2015).....	16
Abbildung 9: Überblick der Fliessgewässer im Untersuchungsgebiet Kanton Zürich.	18
Abbildung 10: Übersicht der verwendeten Methoden und deren Abfolge.....	19
Abbildung 11: Beispiel für die hierarchische Struktur eines GIS-basierten AHP Modells zeigt die Berechnung des Erholungspotenzials (EP) anhand der Indikatoren (Erreichbarkeit & Zugänglichkeit, Natürlichkeit, Gewässerraumnutzung, Ungestörtheit) und Kriterien (K1 bis K12), verändert nach Malczewski & Rinner (2015).	23
Abbildung 12: Ablauf der Auswertung der individuellen Bewertungsfunktionen der ExpertInnen	29
Abbildung 13: Ablauf der Auswertung der individuellen Gewichtungen.	30
Abbildung 14: Ablauf der Erstellung des Fliessgewässerraum Puffers. Thiessen-Polygone (oben), Fliessgewässerpuffer (unten links), Verschnittene Geometrie der Thiessen-Polygone und Puffer (unten rechts). Der Ausschnitt liegt in der Umgebung von Opfikon.....	32
Abbildung 15: Dem Fliessgewässerraum zugeordnete Kriterienwerte des Indikators Erreichbarkeit und Zugänglichkeit, euklidische Distanz [m] zu Gebäuden (links) und euklidische Distanz [m] Strassen (rechts).	33
Abbildung 16: Mit dem Fliessgewässerpuffer verschnittene Strassen und der Strassenlänge [m] pro FGWE-Abschnitt. Abschnitte ohne Strassen weisen den Wert NULL auf.	34
Abbildung 17: Links ist die Uferstreifengeometrie und die klassierte Geländesteigung dargestellt. Rechts werden die dem Fliessgewässerraum zugeordnete «physischen» Kriterienwerte (Geländesteigung Ufer [Grad°]) für die Stadt Winterthur und Umgebung aufgezeigt.	35
Abbildung 18: Die den Fliessgewässerabschnitten zugewiesenen ÖV-Güteklassen A bis F, Gebiete ohne ÖV-Güteklasse weisen den Wert NULL auf.....	35
Abbildung 19: Drei Beispiele für dem Fliessgewässerraum zugeordnete natürlichkeits Kriterien, Uferverbauung, Sohlenmaterial und Breitenvariabilität.	37
Abbildung 20: Dem Fliessgewässerraum zugeordnete Kriterien Verpflegungsmöglichkeiten (links) und Infrastruktur (rechts) des Indikators Gewässerraumnutzung.	38
Abbildung 21: Dem Fliessgewässerraum zugeordnete Kriterien Landnutzungsklassen (links) und Schutzgebiet Klassen (rechts) des Indikators Gewässerraumnutzung.	39
Abbildung 22: Dem Fliessgewässerraum zugeordnete Indikatoren der Kategorie Ungestörtheit.	40
Abbildung 23: Resultat der Punkt-Dichte Interpolation für die Wohnbevölkerungs- (links) und Beschäftigtendaten (rechts) des BFS.....	41
Abbildung 24: Ergebnisse der ersten Befragung bezüglich der Plausibilität der aufgestellten Indikatoren. Zustimmungslevel wird anhand von „trifft nicht zu“, trifft eher nicht zu“, trifft eher zu“ und „trifft zu“ und „trifft vollständig zu“ gemessen.	52
Abbildung 25: Bewertungsfunktionen für die Distanz zu Gebäuden (Kriterium 1).	60
Abbildung 26: Bewertungsfunktionen für die Distanz zum Strassenentz und der Strassenkategorien (2a und 2b).	60
Abbildung 27: Bewertungsfunktionen für die Steigung im Uferbereich und der ÖV-Güteklasse (Kriterium 3 und 4).	61
Abbildung 28: Bewertungsfunktionen für den Verbauungsgrad der Sohle und Uferböschung und den Materialien.....	62

Abbildung 29: Bewertungsfunktionen für die Wasserspiegelbreiten- und Wasserspiegeltiefenvariabilität.....	63
Abbildung 30: Bewertungsfunktionen für die Verpflegungs- und Infrastrukturdichte im Fliessgewässerraum.	64
Abbildung 31: Bewertung der Landnutzungs- und Schutzzonenkategorien.	64
Abbildung 32: Bewertungsfunktionen der Lärmbelastung und Distanz zu Abwasserreinigungsanlagen.....	65
Abbildung 33: Erholungspotenzial der Fliessgewässerabschnitte für Modellvariante 2 (Siedlung und «nicht Siedlung.....	71
Abbildung 34: Darstellung des Erholungspotentials für zwei der vier Modellvarianten (nicht Siedlung) im Massstab 1:10000 und deren Histogramme. Kartenausschnitt Töss bei Kyburg.	72
Abbildung 35: Statistik der Erholungspotenzialwerte der Modellvarianten 1 bis 4 für die nicht Siedlungsgebiete sowie die maximale Differenz zwischen den Varianten.	73
Abbildung 36: Darstellung des Erholungspotenzials für die Modellvarianten 1 und 2 (Siedlung) im Massstab 1:10'000 und deren Histogramme. Kartenausschnitt: Töss und Eulach bei Winterthur Wülflingen.	74
Abbildung 37: Darstellung des Erholungspotenzials für die Modellvarianten 3 und 4 (Siedlung) im Massstab 1:10'000 und deren Histogramme.....	75
Abbildung 38: Deskriptive statistische Kennwerte sowie maximale Differenzen der Modellvarianten für die Siedlungsgebiete. .	76
Abbildung 39: Stichprobe 1 (Siedlung) an der Sihl in Adliswil. Erholungspotenziale von 14.21 (Mod1), 12.75 (Mod2), 15.49 (Mod3) und 17.34 (Mod4).....	77
Abbildung 40: Stichprobe 2 (Siedlung) an der Limmat am Sihlquai. Erholungspotenziale von 11.25 (Mod1), 10.65 (Mod2), 12.41 (Mod3) und 13.23 (Mod4).....	78
Abbildung 41: Stichprobe 3 (Siedlung) am Mülibach bei Ebertswil. Erholungspotenziale liegen bei 11.98 (Mod1), 9.74 (Mod2), 11.56 (Mod3) und 14.18 (Mod4).....	79
Abbildung 42: Stichprobe 1 (nicht Siedlung) Thur bei Oberi Tüfenaul. Erholungspotenzial von 16.11 (Mod1), 14.80 (Mod2), 14.72 (Mod3) und 16.06 (Mod4).....	80
Abbildung 43: Stichprobe 2 (nicht Siedlung) Wüeribach bei Birmensdorf ZH. Erholungspotenzialwerte 19.65 (Mod1), 18.78 (Mod2), 18.75 (Mod3) und 19.66 (Mod4).....	81
Abbildung 44: Stichprobe 3 (nicht Siedlung) Jona im Tüfentobel bei Wald ZH. Erholungspotenzial bei 13.51 (Mod1), 12.48 (Mod2), 13.44 (Mod3) und 13.44 (Mod4).....	82
Abbildung 45: Beide Fotos zeigen Abschnitte der Eulach in Elgg.	83
Abbildung 46: Beide Fotos zeigen die Thur auf der Seite von Hausen etwa innerhalb des gleichen Fliessgewässerabschnittes. ..	85
Abbildung 47: Die Fotos zeigen zwei ca. 300m auseinander gelegene Abschnitte an der Töss bei Sennhof.....	86
Abbildung 48: Die Fotos zeigen den am Mattenbach gelegenen Fliessgewässerabschnitt aus zwei Blickrichtungen.	87
Abbildung 49: An der Töss gelegene Fliessgewässerabschnitte mit Blick auf die Brücke (links) und von der Brücke auf die Einmündung der Eulach in die Täss (rechts).....	88
Abbildung 50: Dichtekarten der Wohnbevölkerung und Beschäftigtendichte und die Tabelle mit den statistischen Kennwerten der Fliessgewässerabschnitte für die Nachfrage.....	89
Abbildung 51: Verteilung der Anzahl Fliessgewässerabschnitte auf die vier Klassen; «hohes EP hohe NF» (Klasse1) «hohes EP tiefe NF» (Klasse2) «tiefes EP hohe NF» (Klasse3) «tiefes EP tiefe NF» (Klasse4).	90
Abbildung 52: Ausgewählte Fliessgewässerabschnitte für das Siedlungs- und nicht Siedlungsgebiet.....	91
Abbildung 53: Choroplethenkarte des Erholungspotenzials (Modellvariante 2) pro Gemeinde, normalisiert aufgrund der Fliessgewässerlänge [m] pro km ² . Die Verteilung der Erholungspotenzialwerte ist als Histogramm dargestellt.	93
Abbildung 54: Vergleich zwischen der Detailkarte Naherholungspotential an Fliessgewässern: Dietikon aus Spiess et al. (2008) (links) und der Erholungspotenzialkarte dieser Arbeit (Abbildung 52) (rechts).	101
Abbildung 55: Vergleich mit der Karte der Gewässerbezogenen Naherholungsräume bezogen vom Amt für Abfall Wasser Energie und Luft Kanton Zürich (AWEL) basierend auf den Erhebungen von Spiess et al. (2008;2009) (1 und 2) und den Ergebnissen der Modellierung des Erholungspotenzials (3).	104

Abbildung 56: Beispiele für die Erweiterung der Hotspots der Erholung anhand der Abschnitte an der Töss bei Rorbas (1) und der Reppisch bei Wettswil a. A. (2).	106
Abbildung 57: Beispiel für einen Fließgewässerabschnitt der Aa bei Uster (1) der im kantonalen Richtplan (links) als Aufwertungsgebiet definiert wurde.	107
Abbildung 58: Prioritäre Abschnitte für die Revitalisierung innerhalb der nächsten 20 Jahren (siehe Kapitel 2.3.).	116
Abbildung 59: Klasseneinteilung der Töss in der Nähe von Sennhof und Kyburg (siehe Kapitel 4.3.4.).....	117
Abbildung 60: Klasseneinteilung des Mattenbachs in Winterthur (siehe Kapitel 4.3.4.)	118
Abbildung 61: Klasseneinteilung der Töss und Elach bei Winterthur Wülflingen (siehe Kapitel 4.3.4.).....	119

Tabellenverzeichnis

Tabelle 1: Beispiel für die hierarchische Struktur eines GIS-basierten AHP Modells	22
Tabelle 2: Pufferberechnung anhand des Attributs Gerinnesohlenbreite des FGEW.	30
Tabelle 3: Liste der Indikatoren und Kriterien. Verwendete Kriterien wurden grau hervorgehoben und die Nummer des zugehörigen Kriteriums wurde in Klammern angegeben.	46
Tabelle 4: Übersicht der durchschnittlichen ExpertInnen-Gewichtungen im AHP	65
Tabelle 5: Für die Gewichtungsmatrizen berechneten Konsistenzwerte	66
Tabelle 6: Statistische Kennwerte für das «nicht Siedlungsgebiet» welche in der Modellierung u.a. aufgrund der Bewertungskurven abgeleitet wurden.	67
Tabelle 7: Statistische Kennwerte für das Siedlungsgebiet welche in der Modellierung u.a. aufgrund der Bewertungskurven abgeleitet wurden.	68
Tabelle 8: Statistische Kennwerte der potenziellen Nachfrage.	88

1. Einleitung

Die Fliessgewässer in der Schweiz und deren eindeutigen Merkmale hinsichtlich der Einbettung in die Landschaft und ihrer ökomorphologischen Eigenschaften sind vielfältig. Anhand von zwei exemplarischen Abschnitten von Fliessgewässern im Kanton Zürich, dem Mattenbach Winterthur (Foto links) und der Thur bei Dättwil (Foto rechts), können die unterschiedlichen Ausprägungen veranschaulicht werden.

Es gibt Fliessgewässer, die befinden sich im oder am Rande des Siedlungsgebietes (links), andere wiederum sind eher abgelegen (rechts). Wie auf den Fotos zu sehen ist, führen oft Strassen- und Wege entlang der Fliessgewässer. Sei dies in Form einer asphaltierten Strasse (links) oder eines Wanderweges (rechts). Je nach spezifischer Eigenheit der Fliessgewässer lässt sich messen, ob sie als Erholungsraum geeignet und attraktiv sind. Im Zentrum dieser Arbeit steht, welche Messmethoden für die Quantifizierung angewandt werden können, um das Erholungspotenzial eines Fliessgewässers zu beschreiben. Die hier anhand der beiden Fotos beispielhaft aufgezählten Merkmale von Fliessgewässern werden im Verlaufe der Arbeit weiter ausgearbeitet.

Im nächsten Teil wird die Motivation der Arbeit dargelegt, sowie die Forschungsfragen erläutert.



Abbildung 1: Ein Abschnitt des Mattenbachs bei Winterthur (links) und der Thur bei Dättwil (rechts).

1.1. Motivation und Forschungslücke

Studien im Bereich der Erholung in der Schweiz, haben aufgezeigt, dass Gewässer zu den attraktivsten und somit oft besuchten Landschaftsmerkmalen gehören. Entsprechend haben Fliessgewässer einen hohen Stellenwert für die Nah- und Fernerholung (Arnold et al., 2009; Kienast et al., 2012; Kienast et al., 2013).

Gewässerbezogene Naherholungsräume wurden im Kanton Zürich erst in einer Studie mit Fokus auf den Agglomerationsraum, untersucht (Spiess et al. 2008; Spiess 2009). Andere Studien in der Schweiz haben sich vor allem allgemein mit der Messung der Erholung und dem Erholungsverhalten der Menschen beschäftigt (Kienast et al. 2012). In diesem Forschungsgebiet können weitere Studien, welche sich im Kontext der Geographischen Informationswissenschaften mit der räumlichen Aufarbeitung der Erholung von Fliessgewässern beschäftigen, neue Einblicke und Sichtweisen auf die Thematik bieten.

Fliessgewässer wurden bisher im Rahmen der kulturellen Ökosystemdienstleistungen in der Schweiz nicht gesondert aufgelistet. Es sollen bisher nur die frei begehbaren Gewässerabschnitte berechnet werden, wobei zwischen potenzieller Zugänglichkeit aufgrund des Geländes und durch Strassen erschlossenen Abschnitten unterschieden werden soll (Grêt-Regamey, Kienast, et al. 2014). Die Erhebung des Erholungspotenzials von Fliessgewässer stellt eine Kombination aus den verschiedenen Indikatoren der kulturellen Ökosystemdienstleistungen dar und kann zu einer differenzierteren Betrachtung der Fliessgewässer im Rahmen der kulturellen Ökosystemdienstleistungen beitragen.

Mit der angehenden Revitalisierungsplanung und der damit verbundenen Gewässerraumausscheidung ist die in dieser Arbeit behandelte Thematik sehr aktuell, denn in der Revitalisierungsplanung soll auch die Erholung als Teilaspekt miteinfließen. Grundsätzlich wird die Erhaltung des Gleichgewichts zwischen Erholungsnutzung und den übrigen Gewässerfunktionen betont (Göggel 2012). Der Fokus von Revitalisierungsprojekten liegt bei der Aufwertung der Gewässer im ökologischen Sinne, jedoch wird die Erholung als zweiter zentraler Aspekt genannt (AWEL 2011).

Der Nutzungsdruck von Erholungsräumen nimmt aufgrund des stetigen Bevölkerungswachstums und der Zersiedlung zu. Aus diesem Grund haben sich andere Studien mit der Frage beschäftigt, wo sich die Erholungssuchenden aufhalten und daraus für die gesamte Schweiz abgeleitet, welche Räume sich für die Erholung eignen (Buchecker et al. 2013).

Da Gewässer insbesondere attraktiv für die Erholung sind, ist es naheliegend diese gesondert zu untersuchen. Anhand von Untersuchungen entlang des Rheins wurde der Fliessgewässerraum kategorisiert in Stadt-, Park-, Kultur- und Naturlandschaft (Gatti et al. 2013). Es gibt also verschiedene Ansätze und Bestrebungen, Erholungsaktivitäten welche an Fliessgewässern stattfinden, räumlich zu erfassen.

Mit der räumlichen Erfassung der Fliessgewässer im Kanton Zürich, unter dem Aspekt der Erholung, tragen die in dieser Arbeit erzielten Erkenntnisse zum aktuellen Diskurs zur Erfassung von kulturellen Ökosystemdienstleistungen bei. Alternative Vorschläge, anhand von Erholungspotenzial-Karten, können aufzeigen, welche Fliessgewässer im Hinblick auf die bevorstehenden Revitalisierungsprojekte genauer untersucht werden sollten.

1.2. Forschungsfragen und Ziele

Der Schwerpunkt dieser Masterarbeit liegt in der Untersuchung des Erholungspotenzials von Fließgewässern im Kanton Zürich als Teil der kulturellen Ökosystemleistungen. Zwei Hauptforschungsfragen definieren den Rahmen und Fokus der Arbeit.

1) Inwiefern kann das Erholungspotenzial von Fließgewässern quantifiziert werden?

- a) Welche Faktoren spielen bei der Erfassung des Erholungspotenzials eine Rolle und wie können diese anhand von räumlich messbaren Indikatoren umgesetzt werden?
- b) Wie ist das Erholungspotenzial der Fließgewässer und die potenzielle Nachfrage im Kanton Zürich verteilt?
- c) Inwiefern eignen sich die im Rahmen der *Multicriteria Decision Analysis* umgesetzten Methoden zur Messung des Erholungspotenzials?

2) Wie können Untersuchungen zum Erholungspotenzial von Fließgewässern und der potenziellen Nachfrage nach (Nah-)Erholung im Kanton Zürich in Revitalisierungsplanungen miteinfließen?

Die erste Frage zielt darauf ab, zu untersuchen, inwiefern sich die in der Arbeit verwendete Methode, welche auf Sekundärdaten und Einschätzungen von ExpertInnen beruht, dazu eignet, das Erholungspotenzial von Fließgewässern zu messen. Dies beinhaltet unter anderem die Ableitung von geeigneten Indikatoren anhand dieser verfügbaren Daten. Die Resultate sollen einen Überblick der Verteilung des Erholungspotenzials der Fließgewässer im Kanton Zürich geben. Aufgrund des begrenzten Rahmens der Arbeit soll vor allem die Naherholung erfasst werden. Es soll nicht nur aufgezeigt werden, welche Fließgewässerabschnitte besonders für die Erholung geeignet oder attraktiv sind, sondern auch inwiefern eine potenzielle Nachfrage besteht. Das Erholungspotenzial wird aufgrund von räumlich messbaren Daten erhoben, deshalb können keine nicht räumlichen oder nur für ein spezifisches Fließgewässer geltende Indikatoren berücksichtigt werden.

Die zweite Forschungsfrage beabsichtigt, die Resultate aus den Untersuchungen zur Beantwortung der ersten Forschungsfrage, dem Erholungspotenzial der Fließgewässerabschnitte und der potenziellen Nachfrage, mit den Revitalisierungsvorhaben zu vergleichen. Dabei gilt es zu beantworten, ob es gewisse Übereinstimmungen zwischen dem Erholungspotenzial und den Revitalisierungsvorhaben gibt und inwiefern sich das Erholungspotenzial aufgrund solcher Vorhaben verbessern könnte. Ausserdem wird untersucht, wie die Erkenntnisse über das Erholungspotenzial der Fließgewässer sich in die Gewässerraumausscheidung integrieren liessen.

2. Wissenschaftlicher Hintergrund

In diesem Kapitel werden die für diese Arbeit relevanten Forschungsfelder aufgezeigt. Als erstes Forschungsfeld werden die Ökosystemdienstleistungen behandelt. Dabei wird insbesondere auf die kulturellen Ökosystemdienstleistungen eingegangen. Die Thematik der Erholung in der Schweiz und

welche Bedeutung dabei die Fließgewässer spielen wird ebenfalls angesprochen. Ausserdem werden allgemeine Erkenntnisse der Erholungsforschung und inwiefern diese mit den Fließgewässern verknüpft sind, erläutert. Da sich die Arbeit mit Fließgewässern beschäftigt, wird auf den Forschungsstand dieses Themenfeldes im Allgemeinen, insbesondere aber im Zusammenhang mit der Erholung aufgezeigt. In der Raumplanung spielen Fließgewässer eine wichtige Rolle, deshalb werden raumplanerische Überlegungen, welche in Verbindung zur Erholung stehen, aufgezeigt. Dies beinhaltet die Aufnahme des Zustandes der Fließgewässer sowie die Festlegung von Erholungs- und Freihalteräumen z.B. im kantonalen Richtplan.

2.1. Erholung und Landschaft

Erholung, Schlaf und physische Regeneration gehören zu den menschlichen Grundbedürfnissen (Maslow 1994). Daraus können weitere Bedürfnisse abgeleitet werden, die als sekundär gelten. Freizeitbedürfnisse sind ein solch abgeleitetes Bedürfnis. Diese bauen sich beim Aufenthalt in freizeitexternen Bereichen, z.B. bei der Arbeit, auf. Es kann ein Bedürfnis nach körperlicher Bewegung oder Entspannung entstehen, was der physischen Befindlichkeit zugeordnet wird. Die psychische Befindlichkeit kann das Bedürfnis nach Natur- und Landschaftsbeobachtung wiederherstellen, es können jedoch auch psychosoziale Befindlichkeiten eine Rolle spielen wie das Bedürfnis nach Geselligkeit. Die hauptsächlichen Erholungsaktivitäten in der Landschaft sind vor allem Spazieren, Wandern und das Beobachten der Natur (Mönnecke et al. 2006; Arnold et al. 2009). Freizeitaktivitäten in der Natur sind ein verbreitetes Mittel, um dem Berufsalltag zu entfliehen. Welche Freizeitaktivitäten in der Schweiz in Zusammenhang mit der Erholung besonders häufig ausgeübt werden, wurde von verschiedenen weiteren Studien untersucht (Bögli 2015; Zeidenitz 2005). Die wichtigsten Erholungsaktivitäten waren (in absteigender Wichtigkeit), Spazieren ohne Hund, Joggen, Treffen mit Freunden, Fahrrad fahren und Grillieren. Wobei die häufigsten Motive, frische Luft, Entspannung, Gesundheit und Naturerlebnis darstellten (Bögli 2015).

Naherholungsräume geraten zunehmend unter Druck, denn immer mehr Menschen wohnen im urbanen Raum und die Bevölkerung wächst zunehmend. Naherholungsräume sollten gut erreichbar, nicht zu weit von der Siedlung entfernt sein, sodass diese auch zu Fuss, innerhalb weniger Minuten, erreichbar sind. Zudem zeichnen sie sich dadurch aus, dass sie trotz ihrer Nähe eine landschaftliche Abwechslung darstellen und den Erholungssuchenden eine physische sowie mentale Abgrenzung zum übrigen Siedlungsraum ermöglicht wird. Dies sind die idealen Eigenschaften eines Naherholungsraumes, damit sich dort Menschen erholen, ihre mentalen und physischen Ressourcen wieder auftanken können (Lundy & Wade 2011; Frick et al. 2007).

Betreffend der Erreichbarkeit solcher Räume gibt es unterschiedliche Richtwerte. Lundy & Wade (2011) bzw. Frick et al. (2007) definieren den Naherholungsräumen als in wenige Minuten zu Fuss erreichbare Gebiete. Einige Autoren definieren die Naherholung als Erholungsform der Tages- und Feierabenderholung oder der Wochenenderholung. Dabei dauert die Erholung maximal einen Tag und

um das Gebiet zu erreichen werden meist nicht längere Wegzeiten als 60 – 90 Minuten mit dem motorisierten Individualverkehr oder dem öffentlichen Verkehr aufgebracht (Mönnecke et al. 2006). Andere Richtwerte zur Erreichbarkeit von Grün- und Erholungsräumen welche die Europäische Umweltagentur vorgeschlagen hat, liegen bei 5 -15 Minuten Fussmarsch (Stanners & Bourdeau 1995). Dies entspricht etwa einer Wegdistanz von 300 bis 1000m.

Die Landschaft in der Schweiz ist ein wertvolles Gut (Kienast et al. 2013). Im Rahmen der nachhaltigen Raumentwicklung wird die Landschaft und deren Wahrnehmung in der Bevölkerung untersucht, um Veränderungen und die Wahrnehmung der Bevölkerung erfassen zu können. Ein umfassendes Monitoring der Landschaft soll dies gewährleisten (ebd.). Das Bundesamt für Umwelt befasst sich in Anlehnung an die Ökosystemdienstleistungen im Rahmen der Landschaftsbeobachtung Schweiz (LABES) mit Indikatoren für die Messung von Erholungsqualitäten (Staub et al. 2011; Kienast et al. 2013).

Studien zum Erholungsverhalten der Schweizer Bevölkerung haben ergeben, dass sich Erholungssuchende häufig in der Nähe von Fliessgewässern aufhalten und somit Fliessgewässer generell ein beliebter Ort für Erholungsaktivitäten darstellen (Kienast et al. 2012; Buchecker et al. 2013). Für die Landschaftsbeobachtung stellen Gewässer einen wichtigen Faktor dar. Der Anteil zugänglicher Ufer wurde als einer der 34 LABES-Indikatoren miteinbezogen (Kienast et al. 2013). Dieser Indikator wurde bereits für die Schweiz modelliert und damit unter anderem die Anteile des Ufers an der Gesamtgewässerfläche sowie der relative Anteil der zugänglichen Flussufer berechnet. Die relativen Anteile der zugänglichen und unzugänglichen Ufer von Flüssen und Bächen wurde schweizweit erfasst, wobei im Mittelland etwa 10% der Bäche und 30% der Flüsse mit einem Weg oder einer Strasse erschlossen sind. Etwa 60% der Flüsse respektive 80% der Bäche sind aufgrund des Geländes trotzdem potenziell zugänglich. Nur je etwa 10% der Ufer wurden als nicht zugänglich eingestuft (Kienast et al. 2013).

Die Ansprüche verschiedener Nutzergruppe an einem Fliessgewässer wurden von Spiess et al. (2008) zusammengefasst. Verschiedene Aktivitäten in Bezug auf Fliessgewässer sind Angeln, Baden, Bootfahren, Hunde ausführen, Rollerskaten, Joggen und Nordic-Walking, Kanu und Kajak fahren, Campieren, Fahrradfahren (Bike oder Rennrad), Natur beobachten, Rafting, Reiten, Spazieren und Spielen (ebd.). Wie in Kapitel 4.2.1. weiter im Detail ausgeführt wird, können nicht alle Ansprüche der verschiedenen Nutzergruppen in dieser Arbeit erfasst werden.

2.2. Kulturelle Ökosystemdienstleistungen

Ökosysteme und ihre vielfältigen Funktionen versorgen uns mit einer breiten Variation von Dienstleistungen und leisten somit einen wichtigen Beitrag zum menschlichen Wohlbefinden (Paracchini et al. 2014). Ökosystemdienstleistungen sind ein breit gefächertes und international relevantes Forschungsgebiet. In den *Millenium Ecosystem Assessment Goals* der Europäischen Union (EU) werden die Ökosystemdienstleistungen in verschiedene Kategorien unterteilt. Die Kategorie der

Versorgungsdienstleistungen (*Provisioning services*) stellen das wohl bekannteste Feld der Ökosysteme dar, denn sie umfassen die Nahrungs-, Futtermittel und Wasserversorgung, sowie Holz und andere Materialien. Die Luftreinhaltung, Erosions- und Hochwasserschutz, Bestäubung, Lebensräume, Bodenbildung und Zusammensetzung sowie Klimaregulation sind alles Dienstleistungen der Natur, die unter die Regulierungsdienstleistungen (*Regulating Services*) fallen. Die Erholung ist Teil der Kategorie der kulturellen Ökosystemdienstleistungen (*Cultural Services*), wo sich auch diese Arbeit eingliedern lässt. Ausserdem werden zu dieser Kategorie spirituelle, religiöse und kulturelle Dienstleistungen gezählt. Das Feld der Unterstützungs- und Basisleistungen (*Supporting Services*) bilden die Prozesse und Vorgänge welche dafür sorgen, dass die Ökosysteme überhaupt existieren wie z.B. der Wasserkreislauf. Ausserdem gibt es Bestrebungen, die Dienstleistungen, welche die Natur bzw. das Ökosystem erbringt, zu quantifizieren, kartographisch aufzuarbeiten und internationale Standards zu setzen im Umgang mit der Messung und Quantifizierung dieser Ressourcen (Paracchini et al. 2014; Maes et al. 2012; Maes et al. 2015; Staub et al. 2011).

Das Bundesamt für Umwelt (BAFU) beschäftigt sich ebenfalls mit Ökosystemdienstleistungen und mit der Frage, wie diese in der Schweiz gemessen werden sollen (Staub et al. 2011). Kulturelle Leistungen werden ebenfalls miteinbezogen und die Definitionen des BAFU gehen zum Teil über jene der EU hinaus (ebd.). Im Sinne des vom Bundesamt für Umwelt vorgegebenen Ziels G2, welches einen Teil der kulturellen Ökosystemdienstleistungen darstellt, sollen in der Schweiz einerseits im Allgemeinen die Erholungsleistungen von städtischen Grün- und Freiräumen, von Nah- und Fernerholungsräumen, sowie von (Räumen) der Ruhe und die Identifikationsermöglichung mit schönen Landschaften erfasst werden. Andererseits wird die Erfassung von Gewässerabschnitten, welche frei begehbar sind ebenfalls als Unterziel I7 dem Ziel G2 zugeordnet (Staub et al. 2011; Grêt-Regamey, Kienast, et al. 2014). Die Datengrundlagen in der Schweiz für die Messung von Ökosystemdienstleistungen in Zusammenhang mit den *Millenium Ecosystem Assesment Goals* wurde von Grêt-Regamey et al.(2014) untersucht und die für die EU geltenden Richtlinien mit den Zielen des Bundesamtes für Umwelt, betreffend der Messung der Ökosystemdienstleistungen zu verknüpfen. Solche Erkenntnisse stellen eine wichtige Basis dieser Arbeit dar und konnten für die Ausarbeitung der ersten Indikatoren-Auswahl (Tabelle 3) verwendet werden.

Längst wurde auch in der Wirtschaft der Wert der Natur und deren Ökosystemleistungen erkannt. Deshalb beschäftigt sich die Forschung ebenfalls mit der Thematik der In-Wertsetzung von Ökosystemdienstleistungen (Spangenberg & Settele 2010). Das green-GDP (grünes Bruttoinlandprodukt) ist ein Ansatz, um den Wert der Natur mit Marktinstrumenten messbar zu machen (Boyd 2007).

2.3. Studien zu kulturellen Ökosystemdienstleistungen

Wie Crossman et al. (2013) ausführt, besteht ein Bedürfnis nach robusten Methoden und Daten zur Messung von Ökosystemdienstleistungen. Ein wichtiges Unterscheidungsmerkmal zwischen Forschungen bezüglich kulturellen Ökosystemdienstleistungen, stellt die Art der verwendeten Daten und die daraus abgeleiteten Methoden dar. Ein Vergleich zwischen Studien ist oftmals schwierig, denn allgemeine Richtlinien müssen noch ausgearbeitet werden (Crossman et al. 2013). Primärdaten, d.h. empirische Befragung einer Vielzahl Personen zu kulturellen Ökosystemdienstleistungen wie z.B. dem Erholungsverhalten oder ästhetische Präferenzen der Landschaft (vgl. (Bögli 2015; Kienast et al. 2012; Junker & Buchecker 2008; Plieninger et al. 2013), sind nicht in konsistenter Datenqualität verfügbar oder die Erhebung mit grossem Aufwand verbunden. Ein Grossteil der Studien greifen deshalb auf Sekundärdaten, wie der Oberflächenbedeckung, Fernerkundungs- und topographische Daten zurück (Crossman et al. 2013). Die grundlegende Methodik dieser Studien beruht meist auf einem kausalen Zusammenhang zwischen Primär- und Sekundärdaten (vgl. Nahuelhual et al., 2013; Paracchini et al., 2014; Peña et al., 2015). Es werden jedoch auch Primärdaten extrapoliert, z.B. anhand von Regressionsmodellen (Kienast et al. 2012).

Auf EU-Ebene werden erst wenige offizielle Indikatoren für die Messung kultureller Ökosystemdienstleistungen erwähnt. Dies ist einerseits die Erholungs-Opportunität (*Recreation Opportunity*), spezielle Schutzgebiete (*Special Protection Area*) und für die Gesellschaft besonders wichtige Gebiete (Maes et al. 2015). Ein Beispiel für die Erfassung der Erholung als kulturelle Ökosystemdienstleistung ist in Abbildung 2 ersichtlich. Es handelt sich dabei um das Erholungs-Möglichkeiten-Spektrum (*Recreation Opportunity Spectrum ROS*), welches für alle Nationen der EU berechnet wurde (Maes et al. 2012; Paracchini et al. 2014). Im ROS wird die Landoberfläche anhand der Verfügbarkeit und Eignung zur Erholung sowie der Erreichbarkeit, Nähe zu Strassen und Gebäuden, quantifiziert und in die in Abbildung 2 ersichtlichen Kategorien von hoher bis tiefer Erholungsverfügbarkeit, bzw. einfacher bis schlechter Erreichbarkeit aufgeteilt. Somit ergibt sich ein (grober) Überblick der Erholung auf EU-Ebene (ebd.). Wie im obigen Abschnitt erwähnt, handelt es sich dabei um ein Beispiel für die Verwendung von Sekundärdaten.

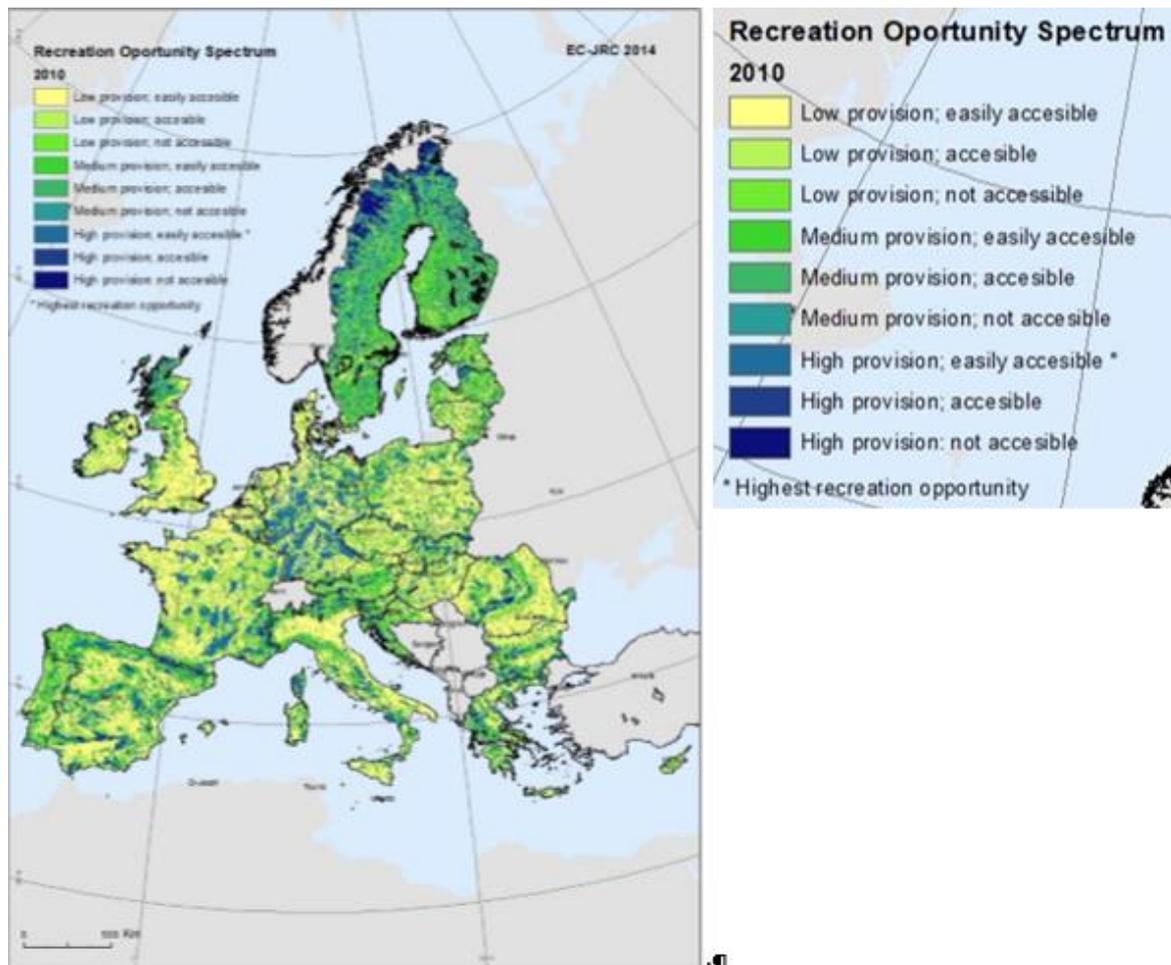


Abbildung 2: Recreation Opportunity Spectrum aus Maes et al. (2015).

Das Naherholungsverhalten in der Schweiz wurde im Rahmen einer umfangreichen Studie in der Region Frauenfeld, St. Gallen, Langenthal und Delémont erfasst (Kienast et al. 2012). Aufgrund der von den Teilnehmern angegebenen Aufenthaltsorten wurden Landschaftsmerkmale abgeleitet, um anhand dieser Merkmale grossflächig abschätzen zu können, welche Orte potenziell als Erholungsräume geeignet sind. Abbildung 3 zeigt die im Rahmen dieser Studie erhobenen bevorzugten Merkmale im Naherholungsgebiet (Buchecker et al. 2013; Kienast et al. 2012). Bevorzugte Landschaftsmerkmale sind u.a. Gewässer, eine abwechslungsreiche Landschaft, Stille, Fernsicht und Mischwald. Aus den erhobenen Geländemerkmale konnten geeignete Naherholungsräume auch für andere Gebiete modelliert werden. Die vorausgesagte distanzungewichtete Landschaftsqualität für die Naherholung (DULN) sowie der Naherholungsintensität (NI), wurden entwickelt und für die gesamte Schweiz mit einer Auflösung von 1 km² modelliert. Anhand der DULN können für die Naherholung potenziell attraktive Naherholungsgebiete identifiziert werden, die NI gibt Aufschluss über die Nutzungsintensität, d.h. ob ein hochwertiges oder schlechtes Naherholungsgebiet von einem grossen oder geringen Bevölkerungsteil genutzt werden könnte (ebd.). Diese Studie ist ein Beispiel für die Extrapolation von Primärdaten, die anhand einer Regression vorgenommen wurde.

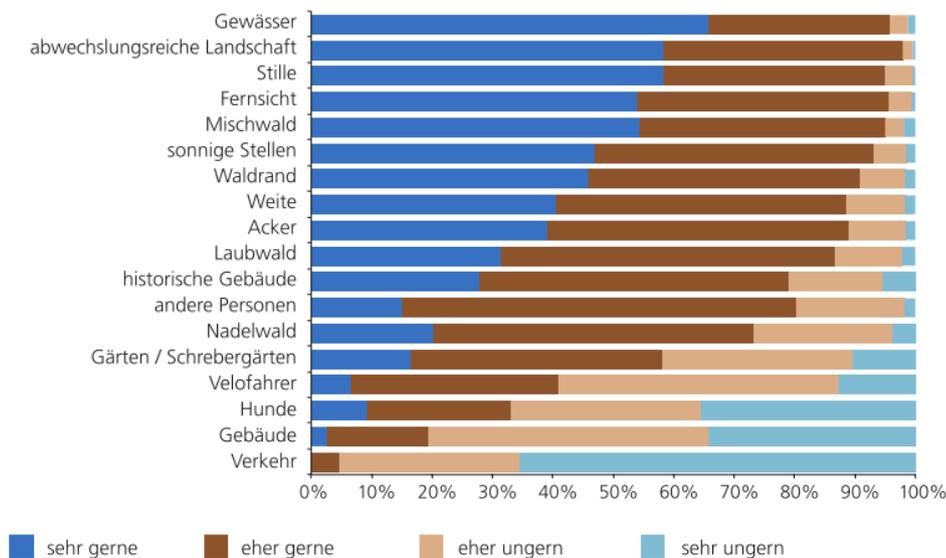


Abbildung 3: Bevorzugte Merkmale die Naherholung aus Buchecker et al. (2013).

Im Kontext der kulturellen Ökosystemdienstleistungen werden verschiedene Ansätze aufgezeigt, um kulturelle Ökosystemdienstleistungen, wie z.B. die Eignung der Landschaft für den Tourismus oder der Erholung, mit Methoden aus dem Feld der Geographischen Informationswissenschaften (GIS), zu messen (Grêt-Regamey et al., 2014b; Nahuelhual et al., 2013; Paracchini et al., 2014; Peña et al., 2015).

Eine Möglichkeit der kartographischen Erfassung des Erholungsangebots, der Erholungsmöglichkeit und Erholungsnachfrage für ein Untersuchungsgebiet in Spanien, zeigen Peña et al. (2015) auf. Anhand von Indikatoren wie dem Natürlichkeitsgrad, dem Vorhandensein von Schutzgebieten, der Präsenz von Gewässern oder von landschaftlich besonders interessanten Gebieten, der Art des Geländes und Präsenz von Bergen, sowie der Vielfalt der Landnutzung und dem Vorhandensein von Orientierungspunkten wurde das Erholungsangebot berechnet. In der gleichen Studie wird ausserdem aufgezeigt, wie die Erholungsnachfrage aufgrund von Foto-Befragungen über die Attraktivität von Landschaftsausschnitten, abgeschätzt werden kann (ebd.).

Nahuelhual et al. (2013) bedienen sich am Konzept der *Multicriteria Decision Analysis* (MCDA). Die Berechnung des Erholungs- und Tourismuspotenzials in einer Region in Peru (Ancud, Chiloé Insel) wird anhand von verschiedenen Indikatoren vorgenommen (ebd.). Weitere Studien, welche sich mit der Eignungsabklärung der Landschaft für Tourismus- und Erholungszwecke anhand einer MCDA beschäftigten, verwenden in der Analyse Sekundärdaten wie z.B. die Nähe zu Gewässern, die Erschliessung und Erreichbarkeit, Geländeeigenschaften sowie Flora- und Fauna des Gebiets als Indikatoren (Aklıbaşında & Bulut 2014).

Gewässerbezogene Naherholungsräume wurden von Spiess et. al. (2008; 2009) anhand einer Studie im Kanton Zürich bereits untersucht. Basierend auf einer Modellierung, die innerhalb eine Fokus-Gruppe ausgearbeitet hatte, wurde eine Karte des Fliessgewässernetzes für den gesamten Kanton Zürich erarbeitet. Die Auseinandersetzung mit unterschiedlichen Nutzergruppen und deren Ansprüchen stellte

ein zentraler Punkt der Untersuchung dar. Ausserdem wurden mögliche Faktoren (z.B. zurückgelegte Distanzen), welche für die Erholung eine Rolle spielen miteinbezogen, wobei aufgrund der Komplexität der Thematik eine Einschränkung auf die häufigste Nutzergruppe (Spaziergänger), sowie auf die Naherholung notwendig war (ebd.). In der Arbeit von Spiess et al. (2008) wird erwähnt, dass die Modellierung für den Agglomerationsraum erarbeitet wurde. Die Modellierung beinhaltete drei Selektionsschritte. Die wesentlichen Kriterien des ersten Schrittes beinhaltete die landschaftliche Eignung, Attraktionen und Infrastruktur, sowie die Erreichbarkeit. Unter der landschaftlichen Eignung wurde das Lebensraumpotenzial für Tiere und Pflanzen berücksichtigt. Der Strassenlärm stellte ebenfalls ein Kriterium in dieser Kategorie dar, sowie auch die Luftqualität in Form der Distanz zu Abwasserreinigungsanlagen. Die Nähe zu offenem Land, Parkanlagen oder zum Gastgewerbe stellten die Faktoren der Attraktionen und Infrastruktur dar. Um die Erreichbarkeit zu gewährleisten, sollten die Fließgewässer nicht mehr als 500m von Strassen entfernt sein. Aufgrund dieser Kriterien wurde eine erste Auswahl getroffen. Der zweite Selektionsschritt unterteilte die Fließgewässerabschnitte anhand der Ökomorphologieklassen in «bereits attraktiv» (natürlich, naturnah, wenig beeinträchtigt, gut erschlossen, nicht eingedolt) und «Aufwertungspotenzial Priorität 1 oder 2» ein. Zum Schluss wurde die Aufwertungskategorie aufgrund weiterer Erreichbarkeitskriterien (öffentlicher Verkehr oder Fahrrad sowie 100m von Gebäuden entfernt) in zwei Prioritätsstufen eingeteilt (ebd.). Die von Spiess et al. (2008) erarbeitete Karte zeigt auf, wo bereits attraktive Erholungsräume am Fließgewässer zu finden sind und unterteilt die restlichen Fließgewässerabschnitte in unterschiedliche Aufwertungspotenzialklassen ein.

In der Diskussion (siehe Kapitel 5.2.) werden die Ergebnisse von Spiess et al. (2008) mit den Ergebnissen dieser Arbeit diskutiert.

2.4. Erholung in der Raumplanung des Kanton Zürich

Die Freizeit- und Erholungsnutzung ist ein wichtiger Bestandteil der Raumplanung im Kanton Zürich geworden. Das Thema Erholung fliesst in verschiedene Planungsüberlegungen mit ein, sei dies in der Landwirtschaft oder dem Naturschutz. Attraktive und vielfältige Erholungsräume anzubieten, ist dem Kanton Zürich ein wichtiges Anliegen (Kanton Zürich 2014). Abbildung 4 zeigt auf, wie vielseitig die Thematik der Erholung im Kanton Zürich auf raumplanerischer Ebene ausfällt. Das Amt für Raumentwicklung des Kantons Zürich (ARE ZH), hat eine Karte der Erholungshotspots aufgestellt. Diese gliedern sich in Gewässer-, Naturerlebnis-, Aussicht oder Peak- und Wohnumfeld-Hotspots. Die Nachfrage nach Erholungsaktivitäten nimmt mit dem stetigen Bevölkerungswachstum zu. In der Gesellschaft sind aber auch Entwicklungen wie z.B. das steigende Gesundheitsbewusstsein für diese zunehmende Nachfrage verantwortlich. Unter Hotspots sind Gebiete oder Orte zu verstehen, welche für die Erholung das ganze Jahr, nur saisonal oder temporär sehr attraktiv und daher stark frequentiert sind. Es gibt wiederum unterschiedliche Gründe für deren Attraktivität: Entweder ist die Landschaft attraktiv wie bei den Gewässer-, Natur- und Aussichtshotspots. Oder Infrastrukturen wie Golfplätzen oder

Grossanlagen ziehen Erholungssuchende an. Dabei wird betont, dass vor allem Gewässer und naturnahe Landschaften in Zukunft, vor allem für Spaziergänger, Jogger, Wanderer oder Biker, weiter an Attraktivität gewinnen würden. Bei den Gewässern sind primär der Zürichsee, der Greifensee oder Pfäffikersee gemeint, jedoch auch Fliessgewässer wie die Sihl und Limmat (Kanton Zürich 2014; Kaiser 2005). Das Fliessgewässernetz erstreckt sich innerhalb verschiedener Erholungshotspots, wobei die grösseren Fliessgewässer meistens selbst solche Hotspots darstellen.

Umfangreiche, nicht räumliche Untersuchungen bezüglich der Ausstattungs- und Störfaktoren für Nutzungen sowie Funktionsbereiche von Fliessgewässern im urbanen Raum zeigen die Komplexität der Thematik der Erholung auf (Kaiser 2005; Spiess et al. 2008). Wie umfangreich die Nutzungs- und Funktionsbereiche von Fliessgewässern ausfallen zeigt z.B. Kaiser (2005) auf. Fliessgewässer können kulturhistorisches Stadtbild prägendes und Identität stiftendes Element sein, Freiraum, Erlebnis- und Besinnungsraum, Spiel- und Erfahrungsraum, Begegnungs- und Kommunikationsraum sowie Freizeit- und Erholungsraum darstellen. Sie tangieren jedoch auch den Hochwasserschutz und die Energieproduktion und dienen als Produktions- und Transportmittel oder Lebensraum- und Biotopsvernetzung (ebd.). Neben diesen Bereichen, welche die Fliessgewässer berühren, gibt es Ausstattungs- und Störfunktionen von Fliessgewässern. Als übergeordnete Kategorien sind ökomorphologische Faktoren und Aspekte, Faktoren der Aufenthalts- und Erlebnisqualität, sowie Störungen und Beeinträchtigungen zu verstehen (ebd.). Solche Überlegungen dienen in der vorliegenden Arbeit als Anhaltspunkt für die Erarbeitung von Indikatoren zur Quantifizierung des Erholungspotenzials der Fliessgewässer.

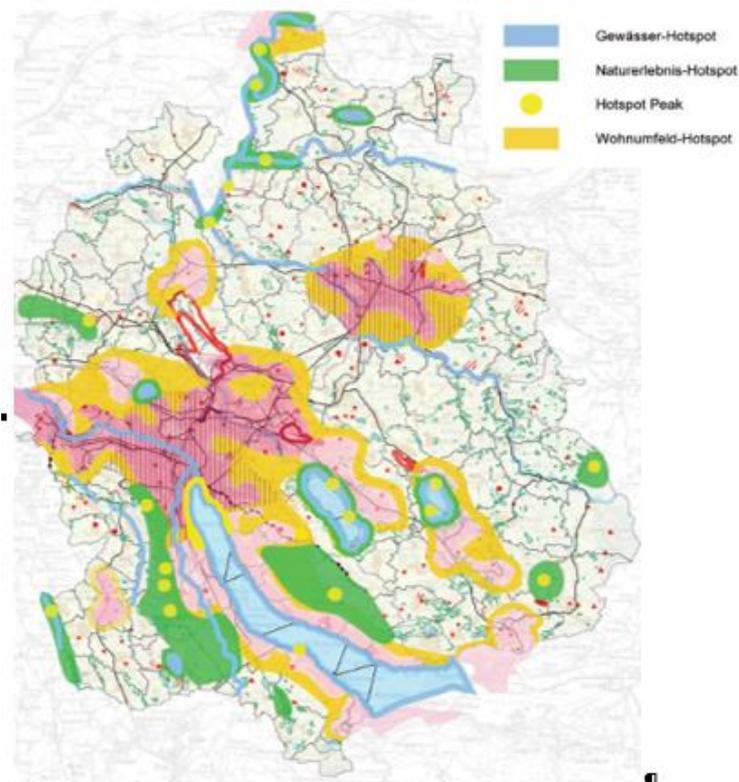


Abbildung 4: Zukünftige Landschafts- und Wohnumfeldbezogene Hotspots der Erholung im Kanton Zürich (Kanton Zürich 2014).

Seit den 1980er Jahren findet in der Schweiz bezüglich der Planung von Fliessgewässern ein Paradigmenwechsel statt. Anstelle von möglichst begradigten oder gar eingedolten Fliessgewässern, möchte man mit Revitalisierungsmassnahmen die Fliessgewässerläufe wieder naturnah, mit einer typenspezifischen Eigendynamik, gestalten. Auch aufgrund von Gesetzesänderungen sind Fliessgewässer in der Schweiz oft ein aktuelles Thema. Die Neuerungen des Gewässerschutzgesetzes (GSchG) und der Gewässerschutzverordnung (GSchV) im Jahr 2011, fordern wieder mehr Raum für die, im Sinne der Wasserkraftnutzung, begradigten und verbauten Fliessgewässer (Baumgartner et al. 2013; Göggel 2012; Kägi 2013; Hollenstein et al. 2015; Kienast et al. 2013).

Unter Revitalisierung ist die Wiederherstellung der natürlichen Funktionen eines verbauten, korrigierten, überdeckten oder eingedolten oberirdischen Gewässers mit baulichen Massnahmen zu verstehen (GSchG 2015). Die Teilziele der Revitalisierungsplanung sind jedoch vielfältiger als das. Für diese Arbeit sind insbesondere die unter der Kategorie der kulturellen Ökosystemdienstleistungen genannten Punkte relevant. Ein hoher Erholungs- und ästhetischer Wert wird bei einer Revitalisierung angestrebt. Innerhalb dieser Kategorie fallen jedoch auch die Hochwassersicherheit und die Stromproduktion, was auf Interessenkonflikte hindeutet (Baumgartner et al. 2013). Der ökologische Zustand des Flussnetzwerkes bildet eine weitere Kategorie und umfasst z.B. die natürliche Biodiversität oder die natürliche Ökosystemfunktion. Ausserdem sind die Kosten ein weiterer wichtiger Aspekt von Revitalisierungsprojekten (ebd.).

In Zusammenhang mit Revitalisierungen wird immer wieder vom Gewässerraum gesprochen. In der eidgenössischen Gewässerschutzverordnung (GSchV 2014) wird definiert, was überhaupt zum Gewässer gehört und wie gross der Raum sein muss, der dem Gewässer zugesprochen wird. Die neue Gewässerschutzverordnung trat 2011 in Kraft und daran müssen sich die Kantone nun anpassen, d.h. einerseits den Gewässerraum festlegen, wo dieser nicht festgelegt wurde und andererseits die Räume an die neuen Bestimmungen anpassen (GSchV 2014; Peter & Scheidegger 2013; AWEL & ARE 2011). Der Erholung wird im Rahmen von Revitalisierungen in der GSchV Art 54.b Wichtigkeit zugesprochen, denn die Abgeltung eines Revitalisierungsprojektes richtet sich auch am Nutzen der Revitalisierung für die Erholung (GSchV 2014).

Das Amt für Raumplanung des Kantons Zürich zeigt anhand einer Karte zu den Revitalisierungsplanungen (gemäss kantonalem Richtplan) die Prioritären bezüglich der Fliessgewässerentwicklung auf (siehe Abbildung 5). Einerseits wurde bereits bestimmt, welche Fliessgewässerabschnitte für die Revitalisierung bestimmt sind (grün), andererseits gibt es Regionen innerhalb welcher eine ästhetische und hochwertige Gestaltung der Fliessgewässer prioritär ist. Diese Regionen werden vor allem durch das Naturschutzinventar und die Schutzverordnungen definiert (hellblau). Eine besondere Rolle wird dem Ufer des Zürichsees als Erholungs-, Natur- und Landschaftsraum zugesprochen (blau). Neben den «reinen» Gewässerrevitalisierungen ist bei einigen Fliessgewässern eine vielfältige Funktion als

Erholungs-, Natur- und Landschaftsraum vorgesehen, die aufgewertet werden soll (orange). Meist sind dies Fließgewässer innerhalb oder in der Nähe von Siedlungsraum (ARE 2015b). Bei den für die Gewässerrevitalisierung vorgesehenen Flüssen handelt es sich vor allem um grössere Gewässer wie der Reuss, Sihl, Limmat, Glatt, Töss und Rhein, da diese von kantonaler Bedeutung sind. Im Rahmen der Teilrevision des kantonalen Richtplanes wurden (in rot) neue Aufwertungsschwerpunkte definiert (ebd.). Diese Aufwertungsschwerpunkte wurden basierend auf der Studie von Hollenstein et al. (2015) ausgearbeitet und dienen in dieser Arbeit als Diskussionsgrundlage (siehe Kapitel 5.).

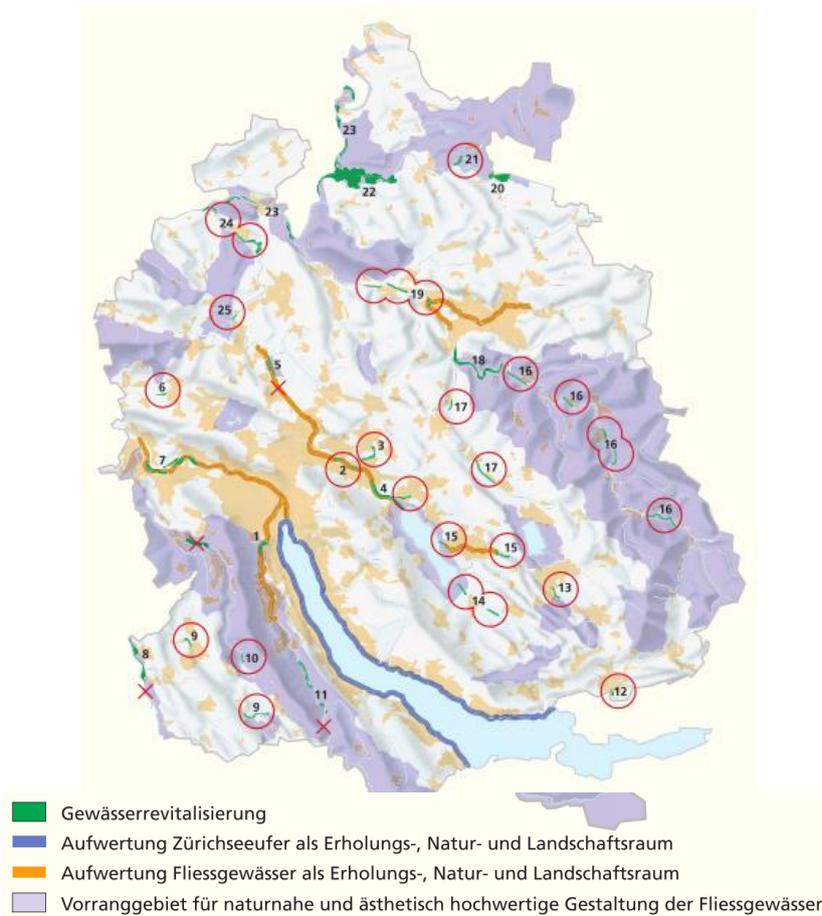


Abbildung 5: Prioritäten des ARE betreffend den Revitalisierungsplanungen (ARE 2015b).

Der eben erwähnte Bericht zu den Priorisierungen der Revitalisierungsplanungen im Kanton Zürich, kam zum Schluss, dass sich von den insgesamt 3600km Fließgewässerabschnitten rund 1600km ökomorphologisch in einem schlechten Zustand befinden. In den nächsten 20 Jahren müssten rund 100km Fließgewässer revitalisiert werden, um dem Ziel des BAFU, 25% bzw. 400km der Fließgewässer im Kanton Zürich innerhalb von 80 Jahren zu verbessern, gerecht zu werden (Hollenstein et al. 2015). Es wurden sehr viele Fließgewässerabschnitte ausgewiesen, für welche eine Revitalisierung mit einem grossen oder mittleren Nutzen für Natur und Landschaft im Verhältnis zum Aufwand verbunden wäre, deshalb mussten weitere Priorisierungsschritte für die nächsten 20 Jahre vorgenommen werden (Hollenstein et al. 2015). Die Fließgewässerabschnitte sind in Abbildung 6 exemplarisch für den Raum Winterthur und Umgebung dargestellt, in grün die kantonalen und in blau die kommunalen prioritär für Revitalisierungen

ausgewählten Gewässer. Obwohl die kantonalen Gewässer nur 12% der Gesamtlänge ausmachen, beträgt ihr Anteil in der Kategorie mit grossem Nutzen gegenüber den kommunalen Gewässern 42% (ebd.). Neben der Festlegung der Prioritäten für die Fliessgewässerrevitalisierungen gilt es auch zu berücksichtigen, wie das Ökosystem der Fliessgewässer funktioniert und wie eine Revitalisierung dem Fliessgewässer die natürliche Dynamik zurückgegeben werden kann (Scheidegger et al. 2012).

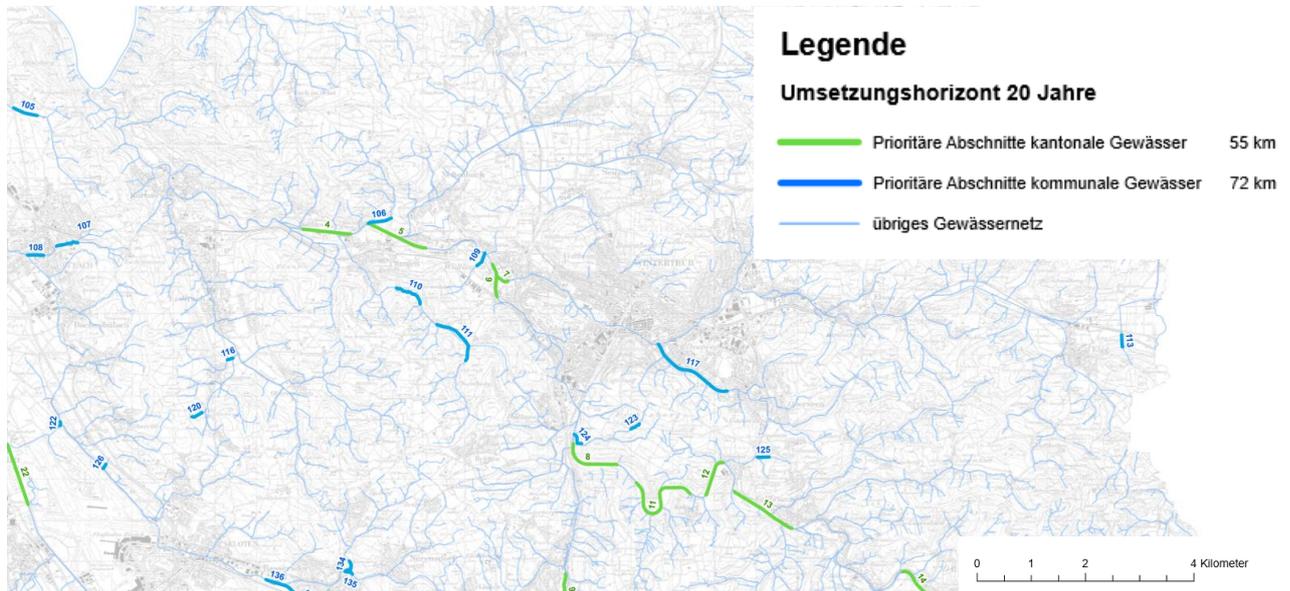


Abbildung 6: Ausschnitt aus Plan 2 (Stadt Winterthur und Umgebung) 1:60'000 aus Hollenstein (2015).

Eine Schnittstelle zwischen der Revitalisierungsplanung und der Erholung bilden Untersuchungen von Junker & Buchecker (2008). Der Zusammenhang zwischen objektiven ökologischen Qualitätsmerkmalen im Vergleich zu der Wahrnehmung der Menschen ist ein Beispiel dafür (ebd.). Fliessgewässer werden basierend auf deren Ökomorphologie anhand von objektiven Kriterien beurteilt (Hütte & Niederhauser 1998). Junker & Buchecker (2008) haben aufgezeigt, dass die ökomorphologischen Aspekte mit den ästhetischen Präferenzen der Erholungssuchenden in Verbindung stehen. Ausserdem wurde herausgefunden, dass die Menschen jene Fliessgewässerabschnitte am meisten bevorzugen, welche für sie als natürlich erscheinen. Dies bedeutet, dass zwischen den prioritären Zielen der Revitalisierungsplanung und den Bedürfnissen der Erholungssuchenden eine gewisse Übereinstimmung zu bestehen scheint (Junker & Buchecker 2008). Ebenfalls relevant für die Revitalisierungsplanung ist, dass ab einem gewissen Natürlichkeitsgrad die ästhetischen Präferenzen auch bei einer Aufwertung auf die beste Natürlichkeitsstufe nicht weiter zunehmen würden (ebd.). Weitere Erkenntnisse, welche sich mit den sozialen, bzw. gesellschaftlichen Aspekten von Revitalisierungsplanungen in der Schweiz beschäftigen, liefern Arnold et al. (2009) im Zusammenhang mit der Zahlungsbereitschaft der Bevölkerung für die Erhaltung und Förderung von Erholungsleistungen der Fliessgewässer. Eine Studie im eher ländlichen Raum, fand heraus, dass der Grossteil der befragten Personen eine Aufwertung der Fliessgewässer als lohnend erachtet und eine Zahlungsbereitschaft vorhanden ist. Die Ergebnisse der Untersuchungen waren jedoch bereits bei vier Befragungsgebieten sehr unterschiedlich (ebd.). Auf

internationaler Ebene wird untersucht, ob die Ausgaben der Steuergelder bei Revitalisierungen auch im Sinne der Bevölkerung ist. Eine Studie in Finnland zeigt auf, dass Revitalisierungsprojekte durch die Verbesserung der kulturellen Ökosystemdienstleistungen einen positiven sozialen Nutzen erbringen können. Es konnte festgestellt werden, dass der Nutzen einer Revitalisierung ca. 100 Euro pro Person und Jahr beträgt und damit die Revitalisierungskosten innerhalb von wenigen Jahren amortisiert werden können (Polizzi et al. 2015).

Neben der Richtplanung gibt es weitere Bestrebungen, das attraktive Umfeld von Fliessgewässern kartographisch zu erfassen und die Fliessgewässerabschnitte aufgrund ihrer unterschiedlichen Ausprägungen zu kategorisieren (Gatti et al. 2013). Der Verein Metropolitanraum Zürich hat einige Fliessgewässerabschnitte, darunter 35km des Rheines sehr umfangreich bezüglich der Erholung untersucht. Die verschiedenen Fliessgewässerabschnitte von jeweils 300m Länge wurden in die vier verschiedenen Kategorien Stadt-, Park-, Kultur- sowie Naturlandschaft eingeteilt. Ausserdem wurden die Abschnitte nach ihrem Erlebniswert klassifiziert (ebd.). Die Einteilung erfolgte vor Ort basierend auf Beobachtungen und nach festgelegten Kriterien. Jeder Klasse wurden charakteristische Eigenschaften zugeschrieben. Die Studie am Rhein beinhaltet ebenfalls relativ umfangreiche Handlungsempfehlungen, z.B. die Aufwertung eines Abschnittes durch die Anlegung von ufernahen Wegen (ebd.). Eine detaillierte Untersuchung wie dies in der Arbeit von Gatti et al. (2013) für den Rhein gemacht wird, ist im gesamten Kanton Zürich nur mit viel Aufwand umsetzbar.

2.5. Ökomorphologiestufenkonzept

In diesem Abschnitt wird auf das Ökomorphologiestufenkonzept von Hütte & Niederhauser (1998) eingegangen, welche die Basis für die umfangreichen Erhebungen zum Zustand der Fliessgewässer bildet. Im Jahre 2012 wurden im Kanton Zürich die Daten über den Zustand der Ökomorphologie aktualisiert (Hollenstein et al. 2015). Aufgrund von objektiven Kriterien wurden Fliessgewässerabschnitte im Rahmen von Feldbegehungen in vier Zustandsklassen, künstlich/naturfremd (4), stark beeinträchtigt (3), wenig beeinträchtigt (2) und natürlich/naturnah (1) eingeteilt. Ausserdem gibt es Abschnitte welche nicht klassiert, oder eingedolt sind (Hütte & Niederhauser 1998). Eine Übersicht des ökomorphologischen Zustandes der Fliessgewässer im Kanton Zürich bietet Abbildung 7. Es ist ersichtlich, dass die nicht klassifizierten, eingedolten, künstlich und naturfremden sowie stark beeinträchtigten Fliessgewässerabschnitte etwa 50%, und die natürlich oder naturnahen sowie wenig beeinträchtigte Fliessgewässerabschnitte ebenfalls 50% der gesamten Fliessgewässer ausmachen.

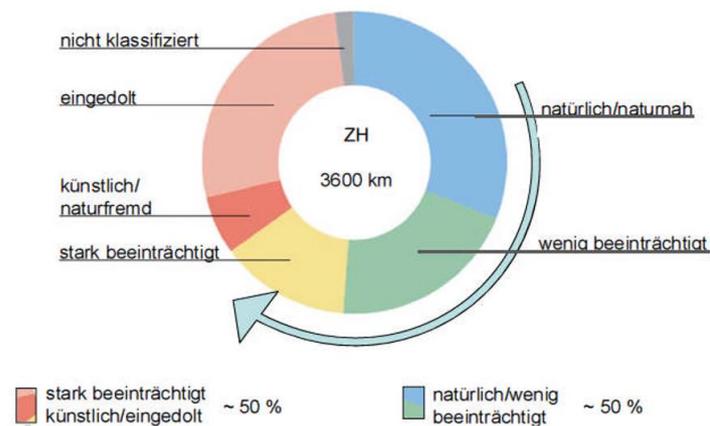


Abbildung 7: Ökomorphologie der Fließgewässer im Kanton Zürich aus Hollenstein et al. (2015).

Die Kriterien, welche für die Erhebung des Zustandes verwendet wurden, fließen in dieser Arbeit in die Modellierung ein und werden später vertieft besprochen (siehe Kapitel 3.6.3.).

2.6. Geovisualisierung

In Abbildung 8 sind die grundsätzlichen Prozesse der Geovisualisierung, welche in dieser Arbeit verfolgt werden dargestellt (Malczewski & Rinner 2015). Der linke Prozess zeigt auf, wie durch die Geovisualisierung die Weiterentwicklung von Konzepten über «real existierende Gegebenheiten» ermöglicht wird. Das in dieser Arbeit modellierte und visualisierte Erholungspotenzial von Fließgewässern lässt sich diesem Prozess zuordnen. In Zusammenhang mit dem rechten Schema, werden Effekte innerhalb eines analytischen Prozesses, wie z.B. der *Multicriteria Decision Analysis* (MCDA) untersucht. Dieses Verständnis der Geovisualisierung hat in dieser Arbeit ebenfalls Relevanz (ebd.).

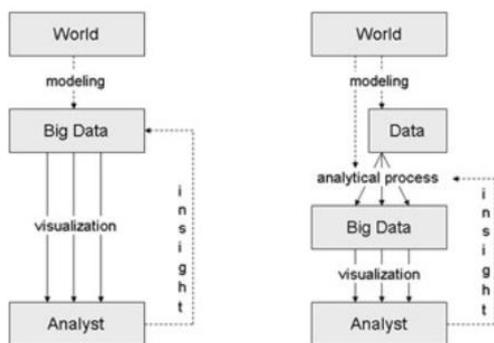


Abbildung 8: Prozess der Geovisualisierung aus (Malczewski & Rinner 2015)

2.7. Zusammenfassung

Anhand des wissenschaftlichen Hintergrundes konnte aufgezeigt werden, dass Fließgewässer beliebte Erholungsorte darstellen. Vom Untersuchungsobjekt geht also grundsätzlich eine hohe Anziehungskraft für Erholungssuchende aus. Es wurde ebenfalls aufgezeigt, dass zwischen den Fließgewässern, aufgrund der Aspekte der Wahrnehmung der Landschaftsqualität, grosse Unterschiede bezüglich deren Erholungspotenzial zu erwarten sind. Wie vielfältig die Funktions- und Nutzungsansprüche von Erholungssuchenden an Fließgewässer sein können und, wurde ebenfalls angesprochen.

Die Revitalisierungen von Fließgewässern eröffnen Chancen, das Erholungspotenzial der Fließgewässer weiter zu verbessern, denn bereits eine Rückführung des Fließgewässers in einen naturnahen Zustand hat für viele Erholungssuchende einen positiven Effekt.

Weil nicht alle Aspekte der Erholung in die Arbeit einfließen können, muss eine Einschränkung auf die Untersuchung der Naherholung als Teil der kulturellen Ökosystemdienstleistungen gemacht werden. Wie das Erholungspotenzial räumlich gemessen und dargestellt werden soll, dafür haben sich keine dominanten Methoden etabliert. In dieser Arbeit wird sich einem weit verbreiteten Konzept, der MCDA bedient. Es muss sich zeigen, inwiefern sich diese Methode für die Quantifizierung des Erholungspotenzials von Fließgewässern eignet.

Auf die Forschungsfragen wurde bereits eingegangen. Das Hauptziel dieser Arbeit ist es, im Forschungskontext der kulturellen Ökosystemdienstleistungen aber auch unter der Berücksichtigung raumplanerischer Aspekte einen Beitrag zur Quantifizierung der Erholungsleistungen von Fließgewässern im Kanton Zürich zu leisten. Die Ergebnisse sollen neben den bereits durchgeführten Studien alternative Blickwinkel auf das Thema Revitalisierungen und Gewässerraumausscheidungen bieten.

3. Methoden

3.1. Untersuchungsgebiet

Das Untersuchungsgebiet dieser Arbeit ist der Kanton Zürich, das Fließgewässernetz des Kantons beträgt insgesamt ca. 3600 km (AWEL 2011; Hollenstein et al. 2015). Das Fließgewässernetz wird in Abbildung 9 aufgezeigt. Zu den grössten Fließgewässern im Kanton Zürich gehören der Rhein, die Limmat, Glatt, Thur, Reuss, Sihl, Töss, Reppisch und Jona. Wie in Abbildung 9 erkenntlich ist, gibt es in den höher gelegenen Gebieten im östlichen Kantonsgebiet sehr viele kleinere Fließgewässer. Ansonsten ist die Verteilung der Fließgewässer über das sämtliche Kantonsgebiet relativ ausgeglichen. Wie in Kapitel 2.4. bereits erwähnt wurde, machen die grossen Flüsse lediglich 12% des gesamten Fließgewässernetzes des Kantons aus. Für diese 12% sind jedoch besonders viele Revitalisierungsvorhaben geplant (Hollenstein et al., 2015).

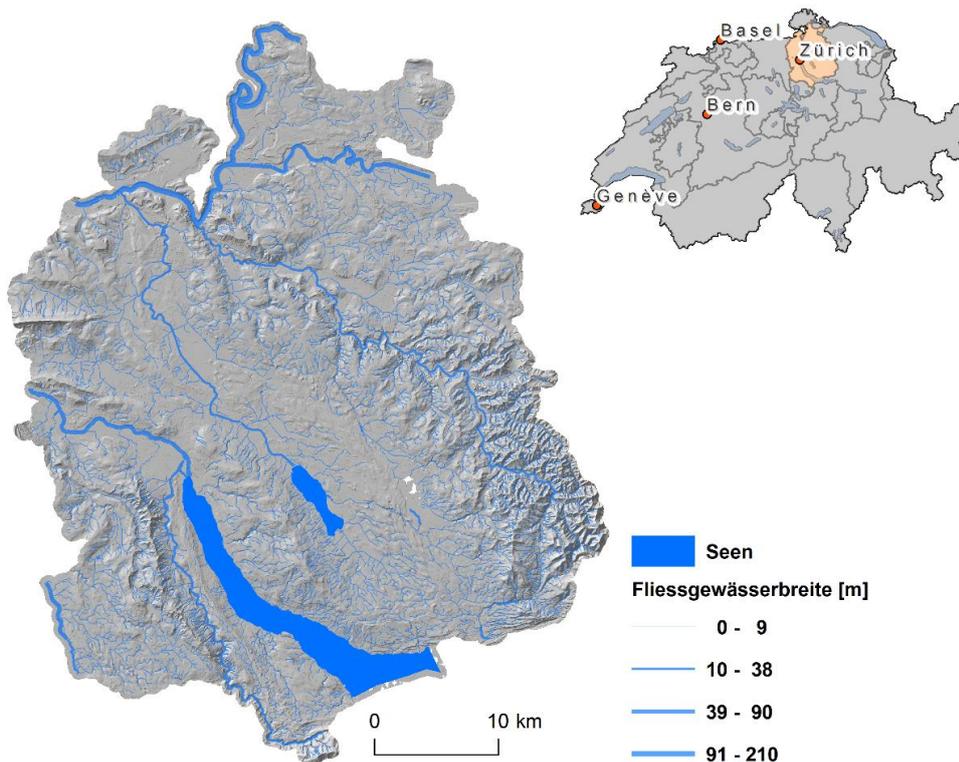


Abbildung 9: Überblick der Fliessgewässer im Untersuchungsgebiet Kanton Zürich.

3.2. Übersicht der Arbeitsschritte

In diesem Kapitel wird zuerst der konzeptionelle Ablauf der Arbeit Schritt für Schritt aufgezeigt (siehe Abbildung 10). Anschliessend werden die Methoden, welche bei den einzelnen Schritten verwendet wurden, erläutert. Die Methoden, die im Rahmen der GIS-Modellierung verwendet wurden, werden zuerst erläutert. Anschliessend wird auf die Methoden der ExpertInnenbefragung eingegangen. Zum Schluss wird auf Methoden eingegangen, die für die weitere Verarbeitung und Analyse (z.B. Kartenerstellung) relevant waren.

In dieser Arbeit werden basierend auf Sekundärdaten, welche in einem GIS räumlich dargestellt werden können, Indikatoren zur Messung des Erholungspotenzials und der potenziellen Nachfrage ausgearbeitet und anhand einer *Multicriteria Decision Analysis* (vgl. Malczewski & Rinner 2015) das Erholungspotenzial der Fliessgewässerabschnitte im Kanton Zürich berechnet. In Abbildung 10 wird der chronologische Ablauf der Arbeit aufgezeigt. Die einzelnen Schritte der Arbeit werden nun kurz erläutert.

1. Es werden Indikatoren zur Messung des Erholungspotenzials der Fliessgewässer und der potenziellen Nachfrage aufgrund von Literatur und basierend auf der Datenverfügbarkeit ausgearbeitet. Dabei handelt es sich um Sekundärdaten wie diese meist in der *MCDA* Verwendung finden
2. Die erste Auswahl an Indikatoren wird im Rahmen der ersten Befragung anhand eines Fragebogens von vier ExpertInnen auf ihre Plausibilität geprüft und neue Kriterien werden aufgrund der Rückmeldungen erarbeitet.

3. Die finale Auswahl der Kriterien wird erstellt und die Modellierungsschritte für die räumliche Implementierung der Kriterien im GIS vorbereitet
 - a. Die Kriterien, mit den «physischen» Datenwerten (z.B. Kategorien der Landnutzung, Distanz in m) werden im GIS (Geographisches Informationssystem) vorbereitet.
 - b. Anhand der ExpertInnenbefragung wird aus den Kriterien das Erholungspotenzial jedes Fließgewässerabschnittes abgeleitet.
4. In der zweiten Befragungsrunde werden die Indikatoren von den ExpertInnen im Rahmen eines *Analytical Hierarchy Process* (AHP) (vgl. Malczewski & Rinner 2015) bewertet und gewichtet.
5. Die Ergebnisse des AHP werden aufbereitet, und im GIS umgesetzt, um in einem nächsten Schritt, Produkte d.h. Karten des Erholungspotenzials der Fließgewässer, aus den Modellierungsergebnissen abzuleiten.
6. Im letzten Schritt geht es darum, das Modellverhalten darzulegen und zu prüfen, ob plausible Erholungspotenzial-Werte für die Fließgewässer berechnet wurden. Dies geschieht anhand von Stichproben und einigen Beobachtungen im Feld.

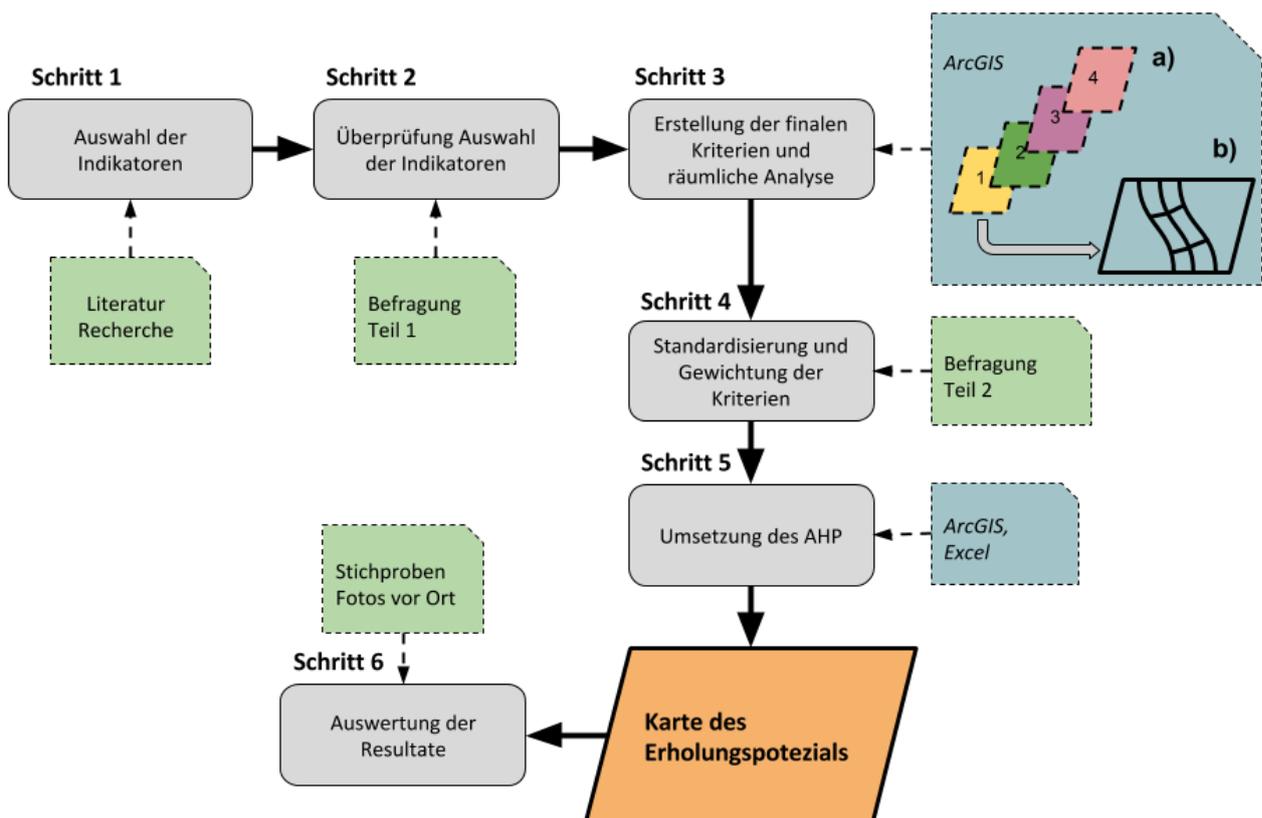


Abbildung 10: Übersicht der verwendeten Methoden und deren Abfolge.

3.3. Multicriteria Decision Analysis (MCDA)

Die GIS-Modellierung orientiert sich an den Methoden der *Multicriteria Decision Analysis* (MCDA) und dem *Analytical Hierarchy Process* (Malczewski & Rinner 2015). Die MCDA ist eine weit verbreitete Methode in den Geographischen Informationswissenschaften (GIScience). Auch in der Raumplanung wird

sie vermehrt angewendet (Malczewski 2006; Greene et al. 2011; Malczewski 2004; Malczewski & Rinner 2015; Koschke et al. 2012; Altwegg 2014). Die MCDA findet in etlichen anderen Gebieten Verwendung. Anwendungsfelder der MCDA finden sich in der Umweltplanung (vgl. Çelik and Türk, 2011; Hessburg et al., 2013) in der Stadt- und Regionalplanung (vgl. Ligmann-Zielinska et al. 2008) oder im Wasser und Ressourcenmanagement (vgl. Lee et al. 2000; Chen et al. 2011).

Als klassisches Beispiel für eine MCDA kann die Habitatsanalyse genannt werden, bei der aufgrund von Raster-Layern, welche bestimmte Kriterien (z.B. Bodenqualität und Vegetation) repräsentieren, mittels Verrechnung dieser Layer jene Gebiete ausgewiesen werden, welche für alle Kriterien den höchsten Wert ergeben (Store & Kangas 2001). Als weiteres Anwendungsbeispiel einer MCDA kann die Geländeeignungsanalyse genannt werden, bei welcher aufgrund von Indikatoren, wie z.B. der Geländesteigung und –höhe und Landnutzungsarten sowie die Eignung des Geländes für Tourismus und Erholung untersucht wird (Aklıbaşında & Bulut 2014). Im Hinblick auf die Quantifizierung von Ökosystemdienstleistungen, stellte die CORINE (*Coordination of Information on the Environment*) Landbedeckung eine Datengrundlage in der MCDA dar. Die Landcover Klassen wurden aufgrund ihres Beitrages zu bestimmten Ökosystemdienstleistungen bewertet und aggregiert (Koschke et al. 2012). Verschiedene Merkmale, wie zum Beispiel die Lebensqualität oder die Eignungsanalysen für Tourismus und Erholung werden mit Methoden der MCDA analysiert (Rinner 2007; Aklıbaşında & Bulut 2014).

Der Hauptfokus der Modellierungen der vorliegenden Arbeit stellt das Erholungspotenzial der Fließgewässer im Kanton Zürich dar. Anhand von kartographischen Darstellungen wird die Verteilung des Erholungspotenzials aufgezeigt.

In der MCDA werden meistens anhand von Beschränkungen (*Constraints*), Gebiete mit gewissen Ausprägungen, im Voraus von der Analyse ausgeschlossen. Im klassischen Sinne der MCDA, gehen solche Einschränkungen vom übergeordneten Ziel aus. Auf diesen Einschränkungen aufbauend, werden Alternativen gesucht, die sich meistens anhand der für die Zielsetzung relevanten Indikatoren ergeben (Malczewski & Rinner 2015). Die Beschränkungen werden in dieser Arbeit nicht im klassischen Sinne definiert, denn es wurden alle Fließgewässerabschnitte in die Analyse miteinbezogen und keine Abschnitte aufgrund von Ausprägungen, wie z.B. Eindolungen, ausgeschlossen. Eine Eigenheit der Arbeit ist, dass Fließgewässer Teil der Untersuchungen sind und es sich somit um lineare Elemente, welche sich nicht unbedingt für die Umwandlung in Rasterdaten eignen, handelt. Dieser Umstand erfordert zusätzliche Bearbeitungsschritte im GIS, zu einer klassischen Rasteranalysen MCDA nötig sind. Als Beschränkung kann die Einschränkung der Analyse auf die unmittelbare Nähe zu den Fließgewässern erachtet werden.

Drei Hauptkonzepte werden in der klassischen GIS-MCDA angewendet, das Skalieren oder Standardisieren, das Bewerten von Kriterien und die Erarbeitung von Regeln zur Aggregation der Kriterien.

Das Resultat der Aggregation (hier das Erholungspotenzial) dient dann der Entscheidungsfindung (Malczewski & Rinner 2015; Greene et al. 2011; Eastman et al. 1993; Malczewski 1999).

In den folgenden Kapiteln werden die verwendeten Methoden, *Analytical Hierarchy Process*, *Weighted Linear Combination* und *Pairwise Comparison* erläutert, welche für die Umsetzung der Modellierung verwendet wurden.

3.3.1. Ablauf der MCDA

Die MCDA ist so aufgebaut, dass die erarbeiteten Indikatoren und deren Kriterien (siehe Tabelle 3) im GIS als Layer aufbereitet werden, um diese im nächsten Schritt basierend auf den Bewertungsfunktionen (siehe Kapitel 4.2.3.) zu standardisieren und anschliessend das Erholungspotenzial der Fließgewässerabschnitte anhand der Gewichtungen (siehe Tabelle 4) zu berechnen.

Wie die Zuweisung der Datenwerte auf die Fließgewässerabschnitte im GIS erfolgte, wird in Kapitel 3.6. besprochen. Die «physischen» Kriterienwerte (z.B. die Distanz [m] zu Strassen, oder die Landnutzungsklasse) werden in vergleichbare Einheiten umgewandelt, was als Skalierung oder Standardisierung verstanden wird. Die Bewertungsfunktionen sind das Resultat der Einschätzungen darüber, inwiefern eine Zu- oder Abnahme eines Kriterienwerts, normalerweise auf einer einheitlichen Skala (z.B. 0 bis 1), bewertet wird (Malczewski & Rinner 2015). In dieser Arbeit wird zwar diese Standardisierung der Kriterien vorgenommen, jedoch in einer etwas abgeänderten Form, um die ExpertInneneinschätzungen miteinbeziehen zu können. Darauf wird später noch eingegangen.

Nach der Standardisierung in Form der Bewertungsfunktionen muss eine Methode gewählt werden, wie die verschiedenen bewerteten Kriterien zum finalen Erholungspotenzialwert aggregiert werden sollen. Diese Arbeit setzt auf die Methode des *Analytical Hierarchy Process* (AHP). Der AHP wurde ursprünglich von Saaty (1980) entwickelt und gehört zu den oft angewendeten Konzepten der MCDA. Die AHP-Methode stellt eine Verknüpfung aus einer *Weighted Linear Combination* und der *Pairwise Comparison* dar (Malczewski & Rinner 2015). Im AHP wird eine Hierarchie der Indikatoren und deren Kriterien erstellt (siehe Abbildung 11) und basierend auf dieser Hierarchie kann eine Priorisierung bzw. Gewichtung der dazugehörigen Kriterien vorgenommen werden. Die Gewichtung erfolgt in Form einer *Pairwise Comparison* (siehe Tabelle 1).

Das aus der MCDA resultierende Erholungspotenzial pro Fließgewässerabschnitt basiert auf der Verrechnung der Gewichtungen mit den standardisierten Kriterienwerten und deren Aggregation. Das Erholungspotenzial stellt den Endwert im untersten Layer, wie dies in Abbildung 11 ersichtlich ist, dar.

3.3.2. Bewertungsfunktionen

Normalerweise wird bei der Standardisierung der Kriterienwerte von einem linearen Verlauf der Bewertungskurve ausgegangen. Je nachdem, ob ein Kriterium minimiert oder maximiert werden soll, werden die folgenden Formeln angewendet. Die Bewertungsfunktion setzt die «physischen» Datenwerte

in die Präferenzen eines Entscheidungsträgers um. Der klassische Standardisierungsansatz basiert darauf, alle «physischen» Kriterienwerte umzurechnen, dass die neuen Kriterienwerte auf einer einheitlichen Skala, zwischen 0 und 1 oder 0 und 10 liegen. Ein «physischer» Kriterienwert von 50m, unter der Annahme, von einem Maximum von 100m und einem Minimum von 0m, würde bei einer linearen Zu- bzw. Abnahme zu einem Wert von 0.5 standardisiert werden (Keeney 1992; Beinat 1997; Malczewski & Rinner 2015). Die mathematische Herleitung und Formel dieser Standardisierung ist in Malczewski & Rinner (2015) zu entnehmen.

In dieser Arbeit werden die «physischen» Kriterienwerte auf eine etwas andere Weise, nicht anhand der klassischen Formeln, standardisiert. Für die Standardisierung von Kriterien finden Entwicklungen zu einer interaktiveren Entscheidungsfindung statt. Dabei können Bewertungsfunktion, auch als Nutzenfunktionen betrachtet werden (Chen & Pu 2004). Diesem Ansatz wird in der vorliegenden Arbeit nachgegangen. Die ExpertInnen zeichnen für jedes Kriterium von Hand den Verlauf der Bewertungskurve ein und standardisieren somit die Kriterienwerte auf einer Skala zwischen 0 und 10. Dies ist an die direkte Bewertungsmethode (*Direct Rating Method*) angelehnt, wie dies in Altweg (2014) beschrieben wird.

3.3.3. Analytical Hierarchy Process (AHP) und Pairwise Comparison

Wie bereits oben beschrieben, wird mit dem AHP auf eine weit verbreitete Methode in der MCDA zurückgegriffen. Die Gründe dafür sind die einfache Nachvollziehbarkeit und Verständlichkeit der Prinzipien des AHP. Ausserdem eignet sich der AHP, wenn die Modellierung viele Kriterien umfasst, sodass diese alle miteinander verglichen werden können. Dies kommt auch den ExpertInnenbefragungen entgegen, denn der Zeitrahmen von Interviews ist meist begrenzt.

Zusammen bilden die Indikatoren und deren Attribute eine Hierarchie. Diese Hierarchie wird dazu verwendet Prioritäten einfach setzen zu können. In der Hierarchie des AHP (siehe Abbildung 11), kommen nach dem Gesamtziel, zuerst die übergeordneten Zielvorgaben, was in diesem Fall mit den Indikatoren (Erreichbarkeit & Zugänglichkeit, Natürlichkeit, Gewässerraumnutzung, Ungestörtheit) gleichgesetzt wird. Den Indikatoren wird anhand der *Pairwise Comparison* ein Gewicht zugeordnet, die addierten Gewichte ergeben immer den Wert 1. In der nächsten Hierarchiestufe werden die Attribute bzw. Kriterien (K1 bis K12) der Indikatoren eingeordnet. Pro Indikator werden die Kriterien wiederum untereinander gewichtet (Malczewski & Rinner 2015; Chen & Pu 2004). Die Zahlen unter den Kriterien (K) repräsentieren beispielhaft die jeweiligen Datenwerte, die am Schluss zu einem Erholungspotenzialwert (EP) pro Abschnitt aggregiert werden.

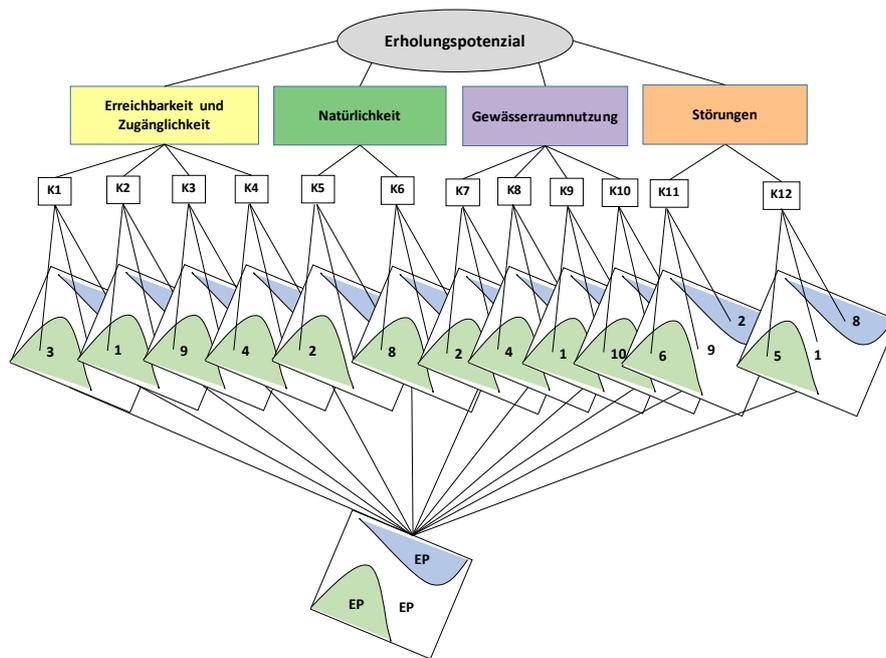


Abbildung 11: Beispiel für die hierarchische Struktur eines GIS-basierten AHP Modells zeigt die Berechnung des Erholungspotenzials (EP) anhand der Indikatoren (Erreichbarkeit & Zugänglichkeit, Natürlichkeit, Gewässerraumnutzung, Ungestörtheit) und Kriterien (K1 bis K12), verändert nach Malczewski & Rinner (2015).

Wie die Gewichtungen anhand der *Pairwise Comparison* hergeleitet werden, zeigt Tabelle 1 anhand eines Beispiels aus dieser Arbeit. Die Tabelle zeigt die Gewichtungen der ersten Hierarchiestufe in Abbildung 11. Mithilfe von Tabellen werden alle Indikatoren und anschliessend pro Indikator alle Kriterien miteinander verglichen. Beim Vergleich wird einem wichtigeren Indikator/Kriterium ein Wert zwischen 1 und 9 zugewiesen, einem unwichtigeren Indikator/Kriterium ein Wert zwischen $\frac{1}{2}$ und $\frac{1}{9}$. Ein Vergleich derselben Indikatoren/Kriterien resultiert immer in einer 1 (gleichwichtig). Aufgrund dieser Bewertungen wird für jeden Indikator und jedes Kriterium ein Gewicht berechnet. Das Gewicht wird im AHP, ähnlich wie bei der *Weighted Linear Combination (WLC)*, dazu verwendet um zusammen mit den standardisierten Kriterienwerten, den finalen Wert d.h. das Erholungspotenzial (EP) eines Fließgewässerabschnittes zu ermitteln (Malczewski & Rinner 2015; Malczewski 1999).

Modelvariante 1

Stadt

Indikator	Erreichbarkeit & Z.	Natürlichkeit	Gewässerraumnutzung	Ungestörtheit	Gewicht
Erreichbarkeit & Z.	1.00	4.00	0.38	2.00	0.31
Natürlichkeit	0.25	1.00	0.39	0.78	0.11
Gewässerraumnutzung	2.65	2.59	1.00	0.29	0.29
Ungestörtheit	0.50	1.28	3.45	1.00	0.29
Summe	4.40	8.87	5.21	4.07	1.00

Tabelle 1: Beispiel für die *Pairwise Comparison* der Indikatoren als Teil des AHP (Modellvariante 1), verändert nach Malczewski & Rinner (2015).

Das Gewicht für jeden Indikator und jedes Kriterium wird anhand der Werte des Paarweisen Vergleiches, z.B. zwischen Indikator 1 (Erreichbarkeit & Zugänglichkeit) und Indikator 2 (Natürlichkeit) folgendermassen berechnet (siehe Tabelle 1):

Gewicht (Erreichbarkeit & Zugänglichkeit) = (Wert 1 Paarweiser Vergleich / Summe Spalte 1 + Wert 2 Paarweiser Vergleich / Summe Spalte 2 + Wert 3 Paarweiser Vergleich / Summe Spalte 3 + Wert 4 Paarweiser Vergleich / Summe Spalte 4)/n (n = Anzahl Indikatoren = 4) = (1 / 4.40 + 4 / 8.87 + 0.38 / 5.21 + 2.00 / 4.07) / 4 = 0.31

Dieses Prinzip gilt für die Berechnung des Gewichts der übrigen Indikatoren und Kriterien. Für eine mathematische Erklärung der Normalisierung der Gewichtungsmatrix wird auf Malczewski & Rinner (2015) verwiesen.

Bei der AHP-Methode wird die Aggregation der standardisierten Kriterienwerte mit den Gewichtungen ähnlich wie bei der *Weighted Linear Combination* (WLC) umgesetzt. Formel 1 beschreibt, wie das Erholungspotenzial (EP) aufgrund der Bewertungsfunktionen $f(k_{ik})$ und den Gewichten des l-ten Indikators g_l ($l = 1, 2, \dots, p$) sowie dem Gewicht des k-ten Kriteriums $g_{k(l)}$ ($k = 1, 2, \dots, p$) berechnet wird.

$$EP(K_i) = \sum_{k=1}^n g_l g_{k(l)} f(k_{ik}),$$

Formel 1: Berechnung des Erholungspotenzials ($EP(K_i)$) basierend auf den Bewertungsfunktionen $f(k_{ik})$, der Gewichtung des übergeordneten Indikators g_l sowie des Kriterienwerts $g_{k(l)}$. aus Malczewski & Rinner (2015).

Im Anhang C. sind die daraus resultierenden Berechnungsformeln für das Erholungspotenzial, für die vier unterschiedlichen Modellvarianten einsehbar.

Um zu prüfen, ob die Prioritätsentscheidungen konsistent ausgefallen sind, gibt es die Methode des *Consistency Ratings*, welche ursprünglich von Saaty (1980) erarbeitet wurde. Alonso et al. (2006) haben die Methode von Saaty (1980) erweitert, damit nicht nur berechnet werden kann, ob eine Entscheidung konsistent ist, sondern auch wie konsistent die Entscheidungen sind. Als Kennwert wird der Konsistenzwert berechnet, indem pro Matrix das Gewicht jedes Indikators/Kriteriums mit dessen Summe multipliziert wird. Anschliessend werden alle Produkte addiert. Für die Matrix aus Tabelle 1 lautet der Konsistenzwert = $4.40 \cdot 0.31 + 8.87 \cdot 0.11 + 5.21 \cdot 0.29 + 4.07 \cdot 0.29 = 5.03$. Dieser Wert wird mit dem kritischen Wert λ_{\max} verglichen. Je nach gewünschtem Konsistenzgrad wird λ_{\max} definiert. Bei $n=4$ und einem Konsistenzgrad von 95% beträgt λ_{\max} 4.2727. Der berechnete Konsistenzwert von 5.03 liegt jedoch darüber, was bedeutet, dass es keine (nahezu) perfekte Konsistenz gibt, sondern der Konsistenz dieser Gewichtungsmatrix nur im Bereich von 60% liegt (Alonso & Lamata 2006). Die Resultate der Konsistenzberechnung werden in Kapitel 4.2.4. aufgezeigt.

3.4. Bestimmung der Indikatoren aufgrund einer Literaturrecherche

Basierend auf einer Literaturrecherche wurde die erste Indikatoren-Auswahl erarbeitet. Wie in Abbildung 10 (Schritt 1) ersichtlich ist, wurde diese Indikatoren-Auswahl später aufgrund den Erkenntnissen aus den

ExpertInnen Befragungen überarbeitet. Die abschliessende Indikatoren-Auswahl, welche in der GIS-Modellierung und der MCDA verwendet wurde, ist in wird in Kapitel 4.1. aufgeführt.

Die Basis für die Erarbeitung der ersten Auswahl der Indikatoren stellte die Literatur über Erholung und Landschaft, sowie den kulturellen Ökosystemdienstleistungen dar, welche in Kapitel 2.2. besprochen wurden.

Die Studie über die Datenverfügbarkeit zur Messung von Ökosystemdienstleistungen in der Schweiz (Grêt-Regamey, Kienast, et al. 2014) bildete einen wichtigen Ausgangspunkt der Recherche. Kategorien, von welchen Indikatoren für die Messung des Erholungspotenzials abgeleitet werden konnten, waren die Landnutzung, die Erreichbarkeit, die In-Wertsetzung, die ästhetische Wahrnehmung der Landschaft und nicht-beeinflussbare, natürlich gegebene Merkmale wie z.B. dem Höhenmodell (ebd.). Weitere Grundlagen für die Erarbeitung von Indikatoren bildeten die Untersuchungen über kulturelle Ökosystemdienstleistungen des Bundesamtes für Umwelt (Staub et al. 2011). Die Erkenntnisse aus der Studie über die neuen Aspekte der Landschaftsbeobachtung (LABES) war ausserdem ebenfalls eine Grundlage für die Erarbeitung der Indikatoren zur Messung des Erholungspotenzials von Fliessgewässern (Kienast et al. 2013). Diese Studien lieferten die Grundlagen darüber, welche Aspekte für die Erholung relevant sind.

In verschiedenen Studien wurde die Erreichbarkeit und Zugänglichkeit als ein wichtiger Aspekt der Naherholung genannt. Die Erreichbarkeit und Zugänglichkeit ist eine, für die Erholung wichtige, oft angesprochene Thematik (Frick et al. 2007; Buchecker et al. 2013; Kienast et al. 2012). Die Erreichbarkeit kann anhand von Strassen oder Wegen, welche zum Fliessgewässer führen oder am Fliessgewässer entlang verlaufen, gemessen werden. Die Zugänglichkeit kann auch aufgrund des Geländes schlecht möglich sein (Grêt-Regamey, Kienast, et al. 2014). Mögliche Indikatoren zur Messung der Zugänglichkeit wurden bereits in den Untersuchungen zur Landschaftsbeobachtung Schweiz genannt; Steilheit, Privatgrundbesitz oder Industrieanlagen sind mögliche Faktoren, welche die Zugänglichkeit ver- oder behindern (Kienast et al. 2013; Grêt-Regamey, Kienast, et al. 2014). Aufgrund der unterschiedlichen Bewertung der Landschaft gibt es bestimmte ästhetische Präferenzen der Erholungssuchenden (Kienast et al. 2013). Die Ansprüche von Erholungssuchenden sind je nach Nutzergruppe unterschiedlich, ausserdem ist die Art der Erholung ein weiteres Unterscheidungsmerkmal. Es spielt eine Rolle, ob die Modellierung unter dem Fokus der Nah- oder Fernerholung stattfindet (Mönnecke et al. 2006). Der Fokus dieser Arbeit liegt auf der Naherholung und der häufigsten Nutzergruppe, wie Spaziergänger und Wanderer (Bögli 2015; Mönnecke et al. 2006).

Es besteht ein Zusammenhang zwischen Ökomorphologie und der ästhetischen Präferenz der Erholungssuchenden. Natürliche oder naturnahe Fliessgewässer werden eher gegenüber künstlichen bevorzugt (Junker & Buchecker 2008). Verschiedene Aktivitäten werden an Fliessgewässern ausgeübt,

daraus ergeben sich wiederum unterschiedliche Nutzergruppen (Arnold et al. 2009; Spiess et al. 2008). Ruhe wird in Zusammenhang mit Gesundheit und Wohlbefinden von Staub et al. (2011) genannt, daher wurden als Kriterien für den Indikator Ungestörtheit, die Lärmbelastung (Strassen- und Eisenbahnlärm) verwendet.

Verschiedene Datensätze, welche unter den einzelnen kulturellen Ökosystemdienstleistungen von Grêt-Regamey et al. (2014) und Kienast et al. (2013) genannt werden, sollen für die Messung des Erholungspotenzials der Fliessgewässer miteinbezogen werden. Da die Fliessgewässer im Rahmen der kulturellen Ökosystemdienstleistungen nicht gesondert auf ihr Erholungspotenzial untersucht wurden, sondern bisher lediglich die Erreichbarkeit und Zugänglichkeit von Gewässern im Allgemeinen als Indikator berücksichtigt wurde (Grêt-Regamey, Kienast, et al. 2014), musste aus den bestehenden Indikatoren eine Auswahl getroffen werden, welche auch für das Erholungspotenzial der Fliessgewässer relevant war. Ausserdem musste die Datenverfügbarkeit gegeben und diese im Rahmen einer MCDA umsetzbar sein.

Während der Arbeit wurde die Indikatoren-Auswahl aufgrund der Erkenntnisse aus den ExpertInnen Befragungen weiterentwickelt.

3.5. ExpertInnenbefragung

3.5.1. Indikatoren-Auswahl, Bewertung und Gewichtung

Wie in Abbildung 10 (Schritt 2) ersichtlich ist, gliedert sich die ExpertInnenbefragung in zwei Teile. Die ExpertInnen geben zuerst eine Rückmeldung betreffend der Plausibilität der ersten Indikatoren-Auswahl. Die Ergebnisse der Plausibilitätseinschätzungen der ExpertInnen werden in Kapitel 4.2.1. erläutert.

Das Wissen der ExpertInnen in die MCDA einzubeziehen, hat den Vorteil, dass die Entscheidungen in der MCDA nicht vom Autor selbst getroffen werden, sondern mehrere Meinungen miteinbezogen werden. In einigen Forschungsarbeiten im Bereich der MCDA sind die Meinungen von ExpertInnen ein Teil der Methodik (Store & Kangas 2001; Koschke et al. 2012; Nahuelhual et al. 2013; Altwegg 2014). Für die Bewertung von CORINE Landcover Daten im Hinblick auf u.a. Erholungseignung, wurden die Meinungen von ExpertInnen verwendet, um die Daten auf einer einheitlichen Skala zu bewerten und in der MCDA miteinzubeziehen (Koschke et al. 2012). Zur Überprüfung der Auswahl der Indikatoren wurden ExpertInnen im Rahmen einer Delphi-Methode befragt (Nahuelhual et al. 2013). Auch Altwegg (2014) führte in Zusammenhang mit Erhebungen zur Überbauungseignung der Landschaft ExpertInnenbefragungen durch, um die Indikatoren zu bewerten.

Allgemeine Empfehlungen bei der Durchführung von ExpertInnenbefragungen sowie dem Umgang mit qualitativen Daten aus ExpertInnenbefragungen sowie deren Auswertung wird z.B. von Mieg & Näf (2005) besprochen. Bei der Auswahl der ExpertInnen ist es wichtig, geeignete Personen zu finden d.h. Personen welche auf dem Gebiet tätig sind. Unter ExpertIn ist eine Person, die sich aufgrund langjähriger Erfahrung

Wissen in einem Gebiet angeeignet hat, zu verstehen (Mieg & Näf 2005). In der Praxis ist die Herausforderung oftmals auch die Terminfindung und Zeitplanung, vor allem in dieser Arbeit wo die ExpertInnen mehrere Male befragt wurden. Im Gegensatz zu den klassischen ExpertInneninterviews, welche offen geführt werden (Mieg & Näf 2005), dienen die ExpertInneninterviews in erster Linie der Plausibilitätsprüfung der Indikatoren sowie der Bewertung und Gewichtung der Indikatoren anhand von zwei Fragebögen. Dies ermöglicht eine gezielte Erhebung der für die Modellierung benötigten Informationen.

Folgende der unten aufgelisteten ExpertInnen erklärten sich für eine Befragung bereit.

Expertin 1: Frau Lone Severin, Grünstadt Zürich. Die Grünstadt Zürich befasst sich u.a. mit der Verfügbarkeit von Erholungsräumen in der Stadt Zürich. Beispiele dafür sind Modellierungen der Erholungs- und Freiraumversorgung der Bevölkerung (Grünstadt Zürich 2005).

Experte 2: Herr Roman Hanimann, Partner bei Van de Wetering, Atelier für Städtebau. Die städtebauliche und architektonische Perspektive kann von Herr Hanimann in die Indikatoren-Auswahl miteinfließen. Erholungsraum ist auch in der Architektur und im Städtebau ein wichtiger Aspekt.

Expertin 3: Frau Simone Knecht, Amt für Abfall Energie und Luft (AWEL) Kanton Zürich. Das Amt für Abfall Wasser, Energie und Luft (AWEL) befasst sich mit der Thematik Fließgewässer, vor allem die Gewässerraumausscheidung sowie die Revitalisierungsplanung sind aktuelle, für diese Arbeit relevante Thematiken (Hollenstein et al. 2015; AWEL 2011).

Experte 4: Herr Mathias Buchecker, Eidg. Forschungsanstalt für Wald, Schnee und Landschaft (WSL) Zürich. Herr Buchecker forscht u.a. im Bereich der Erholung und hat u.a. an der Modellierung der Naherholungseignung und Naherholungsintensität mitgewirkt (Kienast et al. 2012; Buchecker et al. 2013).

Die Zusammensetzung der ExpertInnen ist vielfältig und umfasst sowohl ExpertInnen aus der Privatwirtschaft, als auch aus Behörden und Forschungseinrichtungen. Durch die unterschiedlichen Hintergründe der ExpertInnen wird die Thematik aus verschiedenen Blickwinkeln betrachtet, es ist jedoch mit unterschiedlichen Auffassungen und Meinung zu rechnen (Mieg & Näf 2005).

Die ursprüngliche Intention dieser Arbeit war es, wie Altweg (2014) oder Nahuelhual (2013), eine Delphi-Methode durchzuführen. Die Delphi-Methode wurde bereits in Kombination mit dem AHP durchgeführt (Khorramshahgol & Moustakis 1988). Eine Gestaltung der ExpertInnenbefragungen im Rahmen einer Delphi-Studie hat den Vorteil einer besseren Harmonisierung der unterschiedlichen ExpertInneneinschätzungen d.h. unterschiedliche Bewertungen und Gewichtungen könnten den ExpertInnen aufgezeigt und anschliessend eine gemeinsame Lösung gesucht werden (ebd.). Aus zeitlichen und terminlichen Gründen wurde jedoch auf diese Methode verzichtet und deshalb besteht die Befragung aus zwei anstatt drei Teilen. In dieser Arbeit werden jedoch ähnlich wie in einem Delphi-Verfahren die

unterschiedlichen Antworten der ExpertInnen zu einer Gruppenantwort aggregiert. Die Idee des Verfahrens ist, dass die aggregierte Antwort gegenüber den einzelnen ExpertInnenantworten überlegen ist (Bogner et al. 2002). Eine Aggregation der Bewertungskurven und Gewichtungen ist für die Modellierungsumsetzung notwendig. Darauf wird in Kapitel 4.2. eingegangen.

Um die aus der zuvor besprochenen Literaturrecherche erhobenen Indikatoren auf ihre Akzeptanz und Güte zu prüfen, wird in der ersten Befragung die Liste der Indikatoren-Auswahl in Form eines Fragebogens (siehe Anhang A.) den ExpertInnen vorgelegt. Es geht darum, zu erheben, inwiefern die ExpertInnen einer Verwendung der Indikatoren zustimmen und welche Vorbehalte sie bei den jeweiligen Indikatoren haben. Ausserdem ist ein Platz für Kommentare vorgesehen, damit die ExpertInnen Ergänzungen und Anmerkungen anbringen können.

Der erste Fragebogen wurde den ExpertInnen schriftlich zugestellt, Expertin 1 wünschte jedoch eine Besprechung des Fragebogens vor Ort. Die restlichen ExpertInnen beantworteten den Fragebogen auf elektronischem Weg. Der zweite Fragebogen für die Bewertungsfunktionen und Gewichtungen erfolgte mit allen ExpertInnen in einem Gespräch, welches zwischen 40 und 80 Minuten dauerte.

Die Erkenntnisse aus dem ersten Teil der Befragungen dienten dazu, die Indikatoren-Auswahl zu überarbeiten. Ausserdem können aufgrund der Anmerkungen der ExpertInnen bereits mögliche Grenzen bei der Messung des Erholungspotenzials anhand einer MCDA aufgezeigt werden.

Der zweite Teil der Befragung (siehe Anhang B.) ist darauf ausgelegt, die für die Modellierung im Rahmen des AHP benötigten Einschätzungen der ExpertInnen zu erhalten. Klassischerweise, würde die Standardisierung der Kriterien in der MCDA meistens anhand der In Kapitel 3.3.2. besprochenen Standardisierungsformel vorgenommen. Für eine differenzierte Standardisierung wurden die ExpertInnen gebeten, anhand von Bewertungskurven aufzuzeichnen, wie die «physischen» Kriterienwerte auf einer Skala von 0 bis 10 standardisiert werden sollten. Diese Methodik wurde bereits von Altweg (2014) für Indikatoren zur Ermittlung der Überbauungseignung angewandt. Neben den Bewertungsfunktionen, welche dazu dienen, die Kriterien der Indikatoren auf einer Skala von 0 bis 10 zu bewerten, werden die Indikatoren und deren Kriterien untereinander, anhand einer *Pairwise Comparison* im Rahmen eines *Analytical Hierarchy Processes* (AHP) gewichtet (Malczewski & Rinner 2015). Die Standardisierung und Gewichtung sollte immer unter Berücksichtigung der Nutzergruppe und im Hinblick auf den möglichen Zusammenhang mit dem Erholungspotenzial erfolgen. In den Ergebnissen (Kapitel 4.2.3.) sind die von den ExpertInnen aufgezeichneten Bewertungskurven abgebildet. Die Gewichtungen welche aus der *Pairwise Comparison* resultierten, sind in Kapitel 4.2.4. aufgeführt.

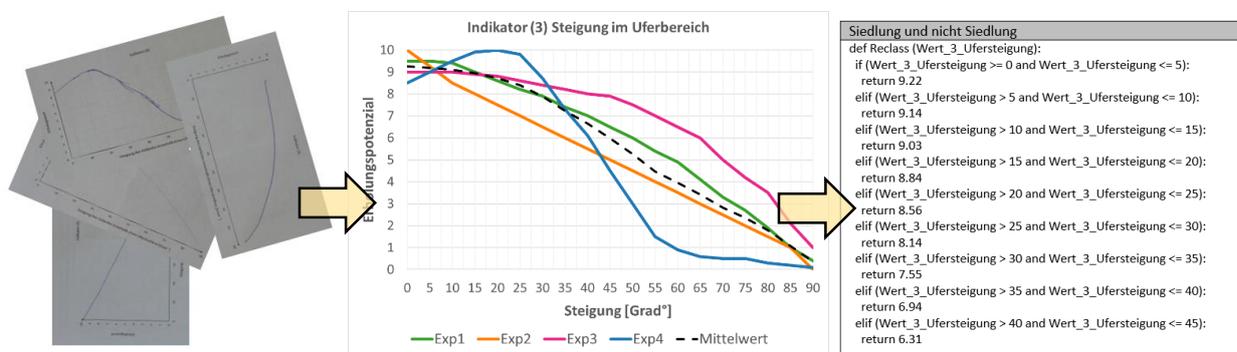
3.5.2. Auswertung der ExpertInnengespräche

Um die Erkenntnisse aus den ExpertInnengesprächen in die Modellierung miteinbeziehen zu können, ist eine Auswertung und Zusammenfassung der Befragungen notwendig. Die Auswertung des ersten Teils

beruhte darauf, die Plausibilitätseinschätzungen zusammen zu tragen und die als unplausibel erachtete Indikatoren auszuschliessen. Ausserdem wurden alle Kommentare und Ergänzungen der ExpertInnen auf Verbesserungs- und Indikatorenvorschläge analysiert. Im Rahmen der Arbeit nicht umsetzbare Vorschläge wurden ebenfalls festgehalten.

Die grösste Herausforderung im Zusammenhang der Auswertung der Befragungen stellte die Zusammenfassung der Bewertungsfunktionen und Gewichtungen dar. Bezüglich Bewertungskurven wurde ein ähnlicher Ansatz wie bei Altweg (2014) verfolgt, indem pro Indikator bzw. Kriterium der Mittelwert aus allen Bewertungskurven der ExpertInnen gebildet wurde. Dieser Mittelwert wurde verwendet, um das Kriterium auf einer Skala von 0 bis 10 zu bewerten.

In dieser Arbeit trat für manche Kriterien das Problem auf, dass die Abweichungen zwischen den individuellen Bewertungskurven der ExpertInnen zum Teil recht deutlich waren (siehe Kapitel 4.2.3.). Wie bereits erwähnt, haben die ExpertInnen die Bewertungsfunktionen für jeden Indikator von Hand auf die Fragebögen eingezeichnet. Den ExpertInnen wurde es freigestellt, eine separate Bewertungskurve für Land bzw. «nicht Siedlungsgebiet» und Siedlungsgebiet einzuzichnen. Im Rahmen der Auswertung wurden die Bewertungskurven ins Excel übertragen. Im Excel konnte der Mittelwert der individuellen Bewertungskurven berechnet werden. Dort, wo eine Expertin / ein Experte zwischen Siedlungs- und «nicht Siedlungsgebiet» unterschied, wurden zwei Mittelwertkurven berechnet und diese jeweils getrennt ausgewiesen. Damit die Mittelwertkurven ins GIS übertragen werden konnten, musste eine Klassenbildung je nach Verteilung der «physischen» Datenwerte der Kriterien stattfinden. Abbildung 12 zeigt anhand des Beispiels für die Steigung im Uferbereich auf, wie die Bewertungsfunktionen in dieser Arbeit ausgewertet und in die Modellierung übertragen wurden. Die von Hand gezeichneten Bewertungsfunktionen wurden ins Excel übertragen indem der Kurvenwert bei jeder Markierung abgelesen wurde (bei 0, 5, 10, 15, 20... Grad). Aus allen Kurven wurde der Mittelwert gebildet und die Werte der Mittelwerts Kurve wiederum in gleichmässige Klassen aufgeteilt.



Von den ExpertInnen
gezeichnete

Bewertungsfunktionen

Ins Excel übertragene Bewertungsfunktionen

Neuklassierung der Kriterienwerte

Abbildung 12: Ablauf der Auswertung der individuellen Bewertungsfunktionen der ExpertInnen

Ähnlich verlief die Auswertung der von den ExpertInnen mithilfe der Gewichtungstabellen ausgearbeiteten Priorisierungen der Indikatoren. Alle Gewichtungen wurden von den Fragebögen ins Excel pro ExpertIn zusammengetragen und miteinander verglichen. Bevor die Gewichtungen der Indikatoren berechnet werden konnten, mussten die individuellen Gewichtungen zu einer aggregierten Gewichtung zusammengeführt werden. Meistens konnte pro paarweiser Vergleich jeweils der Mittelwert aus den vier Gewichtungswerten berechnet werden. Im Falle von Gewichtungsentscheidungen die völlig gegensätzlich ausfielen, d.h. ExpertIn 1 bewertete das eine Kriterium zweimal wichtiger als das andere, ExpertInnen 2, 3 und 4 stuften dieses Kriterium jedoch als unwichtiger ein. In diesem Fall wurde ExpertIn 1 ausgeschlossen und der Mittelwert aus den übrigen Gewichtungswerten gebildet. Sofern sich jedoch jeweils zwei ExpertInnen mit je gegensätzlichen Gewichtungen gegenüberstanden, wurden zwei Mittelwerte berechnet und es mussten mehrere Modellvarianten berechnet werden (siehe Kapitel 4.3.2.).



Von den ExpertInnen ausgefüllte
Gewichtungstabellen

Z	Z1	Z2	Z3	Z4	G	A	A1	A2	A3	A4	G
Z1	1,00	4,00	0,38	2,00	0,31	A1	1,00	0,56	0,28	0,29	0,11
Z2	0,25	1,00	0,39	0,78	0,11	A2	1,78	1,00	4,33	0,71	0,33
Z3	2,65	2,59	1,00	0,29	0,29	A3	3,57	0,23	1,00	0,43	0,18
Z4	0,50	1,28	3,45	1,00	0,29	A4	3,48	1,40	2,34	1,00	0,37
S	4,40	8,87	5,21	4,07	1,00	S	9,84	3,20	7,95	2,43	1,00
A	A5	A6	G	A	A7	A8	A9	A10	G		
A5	1,00	2,67	0,73	A7	1,00	0,63	2,40	0,51	0,22		
A6	0,38	1,00	0,27	A8	1,58	1,00	2,25	0,42	0,25		
S	1,38	3,67	1,00	A9	0,42	0,44	1,00	0,62	0,14		
A	A11	A12	G	A	A10	A10	A10	A10	G		
A11	1,00	2,33	0,70	A10	1,96	2,38	1,61	1,00	0,39		
A12	0,43	1,00	0,30	S	4,95	4,46	7,26	2,55	1,00		
S	1,43	3,33	1,00								

Zusammentragung und Auswertung der
individuellen Gewichtungen im Excel

Erholungspotenzial V1 =
 $0.31 * (0.11 * !\text{Wert}_1_DistGeb! +$
 $0.33 * !\text{Wert}_2a_DistStr! +$
 $0.33 * !\text{Wert}_2b_klmitl_Str_p! +$
 $0.18 * !\text{Wert}_3_Ufersteigung! +$
 $0.11 * !\text{Wert}_4_GK! +$
 $0.11 * !\text{Wert}_5a_VerbSohle! +$
 ...

Formel (Ausschnitt) zur
Berechnung des
Erholungspotenzials für eine
Modellvariante

Abbildung 13: Ablauf der Auswertung der individuellen Gewichtungen.

3.6. GIS-Modellierung

Im ArcGIS werden die Daten für die MCDA aufbereitet. Der Fließgewässerraum bzw. die Fließgewässerabschnitte, zur Messung der Kriterienwerte muss berechnet werden, die Layer mit den «physischen» Kriterienwerten aufbereitet, die standardisierten Werte den Fließgewässerabschnitten zugeordnet und am Schluss die Aggregation aller standardisierten Kriterien zum Erholungspotenzialwert vorgenommen werden.

Eine detaillierte Anleitung der GIS Implementierung ist dem Anhang C. zu entnehmen. Mithilfe des ModelBuilders (ArcGIS) wurden die Daten prozessiert. Der Code zu den jeweiligen ModelBuilder Schemas ist der Arbeit elektronisch beigelegt. In diesem Kapitel wird neben den grundsätzlichen Prinzipien erklärt, wie die Indikatoren und deren Kriterien in der Modellierung umgesetzt wurden. Die Liste mit den definitiven Indikatoren ist in den Resultaten zu finden (siehe Tabelle 3) und die Modellierung baut auf den Erkenntnissen aus den Gesprächen mit den ExpertInnen, auf deren Resultate später eingegangen wird, auf. Ausserdem werden die Modellierungsschritte anhand von Zwischenresultaten veranschaulicht. Die für die Modellierung benötigten Tools waren in ArcGIS Desktop Version 10.3 enthalten oder konnten als Add-In (ArcGIS Editor für Openstreetmap) hinzugefügt werden.

3.6.1. Definition des Gewässerraumes

Die Indikatoren, welche zur Messung des Erholungspotenzials der Fliessgewässer (FGEW) dienen, werden innerhalb von FGEW-Abschnitten gemessen. Anstelle der Pixel bzw. der Rasterauflösung, stellen die FGEW-Abschnitte die kleinste Betrachtungseinheit dar. Die FGEW-Abschnitte werden mittels Puffer und Thiessen Polygonen berechnet (GITTA 2006). Die Breite der Puffer wird basierend auf der Gerinnesohlenbreite (GSBreite) in Anlehnung an die Gewässerraumrichtlinien definiert. Eine an die FGEW-Dimension angepasste Breite der Abschnitte erschien für plausibel da das Gesetz den Gewässerraum ähnlich definiert (AWEL & ARE 2011; GSchV 2014; GSchG 2015). Die GSBreite ist als Attribut der FGEW-Geometrie des Kantons Zürich vorhanden. Der Puffer wurde wie in Tabelle 2 definiert.

GSBreite	Pufferberechnung
< 1m oder eingedolt	$0.5 * 15m$
1 bis 5m	$0.5 * (6 * GSBreite + 10m)$
5 bis 15m	$0.5 * (GSBreite + 50m)$
> 15m	$0.5 * (GSBreite + 100m)$

Tabelle 2: Pufferberechnung anhand des Attributs Gerinnesohlenbreite des FGEW.

Der Puffer wurde im Vergleich zu den gesetzlichen Vorgaben zum Gewässerraum etwas breiter gewählt, die gesetzlichen Vorgaben dienten lediglich als Denkanstoss für das Erstellen der Puffer. Wie bei der Definition des Gewässerraumes, wurden für schmale FGEW weniger breite Puffer definiert als für breitere FGEW (AWEL & ARE 2011). Um die Puffer-Geometrien in möglichst gleichmässige Abschnitte einzuteilen, werden Thiessen Polygone verwendet. In einem zweidimensionalen Raum mit Punkten werden Polygone in der Form erstellt, dass ein Polygon jeweils einen Punkt so umspannt, sodass jede Raumstelle innerhalb dieses Thiessen-Polygons näher an diesem Punkt liegt, als an irgendeinem anderen Punkt (Brassel & Reif 1979; GITTA 2006). Abbildung 14 zeigt die Thiessen Polygone, welche anhand der auf der FGEW-Geometrie platzierten Punkte, berechnet wurden. Zwei Thiessen-Polygon Layer wurden erstellt, einmal für FGEW grösser als 5m (A) und einmal für FGEW kleiner gleich 5m (B). Die Aufteilung wurde vorgenommen, um das Resultat der Thiessen Polygon Berechnungen zu verbessern bzw. unschöne Polygon-Überschneidungen zu minimieren. Anschliessend wurden die Thiessen Polygone mit den Fliessgewässerpuffern (C) verschnitten. Als Resultat erhält man eine an die Gewässerbreite angepasste Unterteilung des Raumes. Diese Unterteilung wird als Fliessgewässerraum (D) bezeichnet.

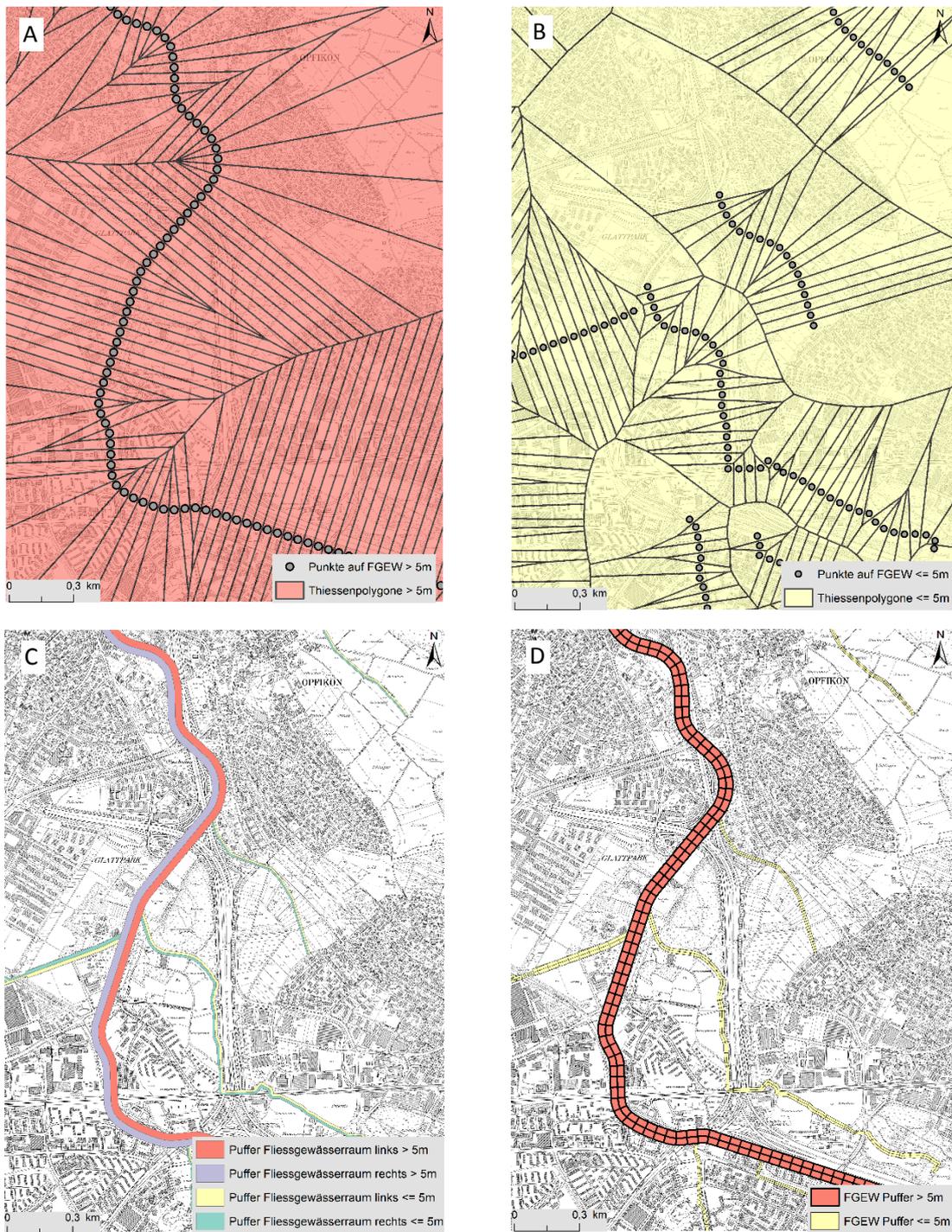


Abbildung 14: Ablauf der Erstellung des Fließgewässerraum Puffers. Thiessen-Polygone (oben), Fließgewässerpuffer (unten links), Verschnittene Geometrie der Thiessen-Polygone und Puffer (unten rechts). Der Ausschnitt liegt in der Umgebung von Opfikon.

Ein Fließgewässerabschnitt ist, wie bereits erwähnt, die kleinste Betrachtungsebene in der Modellierung und zeigt das Erholungspotenzial auf, welches aus den Indikatoren und deren Kriterienwerte berechnet wird. In den nächsten Abschnitten wird erklärt, wie die Kriterien der Indikatoren berechnet wurden. Im Anhang C., werden die im ArcGIS durchgeführten Operationen für die Erstellung der Fließgewässerabschnitte erklärt.

3.6.2. Kriterien des Indikators Erreichbarkeit und Zugänglichkeit

Das erste Kriterium des Indikators Erreichbarkeit und Zugänglichkeit beinhaltet die Messung der Distanz [m] zwischen dem Fliessgewässer und der nächsten Siedlung. Gemessen wird die euklidische Distanz (ArcGIS) von den Gebäude Footprints (Swisstopo 2014a). Die Distanz des Fliessgewässers vom Strassennetz, wird basierend auf dem topografische Landschaftsmodell abgeleitet (Swisstopo 2014b) und stellt das zweite Kriterium dieses Indikators dar. Ausgewählt werden für den Langsamverkehr grundsätzlich geeignete Strassenklassen, 6m Strasse, 4m Strasse, 3m Strasse, 2m Weg, 1m Weg, markierte Spur und Wanderwege. Dies schliesst bereits den Grossteil und somit auch eher stark befahrene Strassen mit ein (ebd.). Grosse Strassen, breiter als 8m, die Autobahnen und Autostrassen werden nicht miteinbezogen. Es wird wiederum die euklidische Distanz von diesen Strassenklassen berechnet. Abbildung 15 zeigt die den Fliessgewässerabschnitten zugewiesenen «rohen» Kriterienwerte in der Region der Stadt Winterthur und Umgebung. Im Sinne der klassischen MCDA stellen die in Abbildung 15 gezeigten Kriterien die Daten-Layer dar.

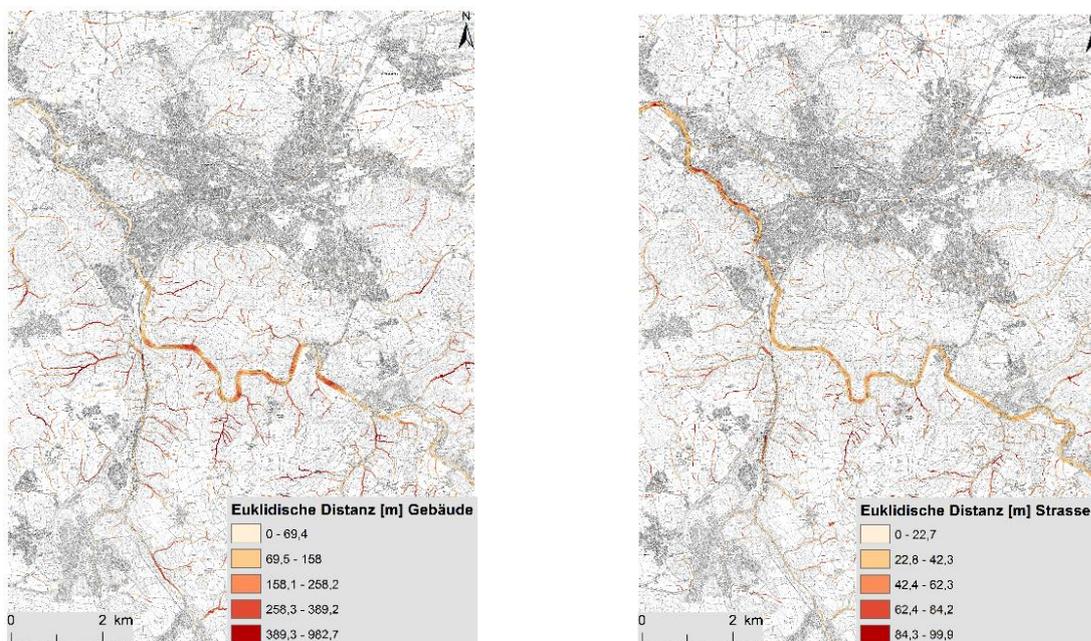


Abbildung 15: Dem Fliessgewässerraum zugeordnete Kriterienwerte des Indikators Erreichbarkeit und Zugänglichkeit, euklidische Distanz [m] zu Gebäuden (links) und euklidische Distanz [m] Strassen (rechts).

Neben der Distanz zum Strassennetz wird als weiteres Kriterium die Länge des Strassennetzes innerhalb eines Fliessgewässerabschnittes, gemessen. Um die Länge des Strassennetzes zu messen, wurde ein separater Puffer, mit einer Breite von $0.5 \cdot (GS\text{Breite} + 50\text{m})$ erstellt, mit welchem das Strassennetz (gleiche Klassen wie für die Distanz) verschnitten wurde. Durch die Verschnidung erhält man die Linielänge der Strassen pro Abschnitt, welche den Fliessgewässerabschnitten als Attribut zugeordnet werden kann. Abbildung 16 zeigt die mit dem Puffer verschnittenen Strassen sowie die pro Fliessgewässerabschnitt klassierte Strassenlänge [m] für einen Ausschnitt der Töss bei Sennhof.

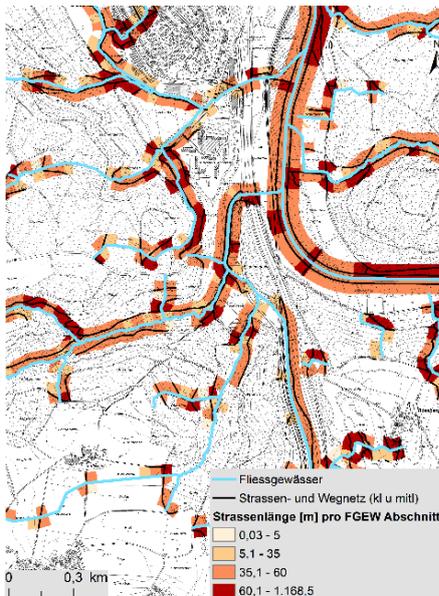


Abbildung 16: Mit dem Fließgewässerpuffer verschnittene Strassen und der Strassenlänge [m] pro FGEW-Abschnitt. Abschnitte ohne Strassen weisen den Wert NULL auf.

Als drittes Kriterium des Indikators Erreichbarkeit und Zugänglichkeit, wird die Steigung [Grad°] des Geländes innerhalb des Uferstreifens berechnet (siehe Abbildung 17). Dies ermöglicht Rückschlüsse auf die Zugänglichkeit des Fließgewässers. Der Uferstreifen wird als separate Puffer-Geometrie berechnet, indem vom FGEW-Abschnitts-Puffer ein Puffer mit der GSBreite subtrahiert wurde. Das Digitale Höhenmodell mit einer Auflösung von 0.5m wurde verwendet, um die Steigung abzuleiten. Kimerling et al. (2011) oder Wilson et al. (2007) erklären die Grundprinzipien solcher Analysen und zeigen Methoden auf, wie Höhenmodelle bearbeitet werden können. Wird die Steigung in Grad berechnet, beträgt diese zwischen 0 und 90 Grad (ebd.). In dieser Arbeit wird nicht auf diese Herleitungen eingegangen, sondern auf Kimerling et al. (2011) verwiesen. Ausserdem wird für die Ableitung der Geländesteigung aus dem Höhenmodell auf die *Slope* Funktion (ArcGIS) zurückgegriffen. Die Geländesteigung innerhalb des Uferstreifens wurde anschliessend mit einem 3x3 *Low-Pass Filter* prozessiert. Durch die Filterung entsteht im Allgemeinen eine Glättung der Werte und es werden Ausreisser eliminiert (Lillesand et al. 2008; Wilson et al. 2007). Basierend auf der gefilterten Geländesteigung, wird für jeden Uferstreifen der Maximalwert extrahiert und dieser dem zugehörigen Fließgewässerabschnitt zugeordnet.

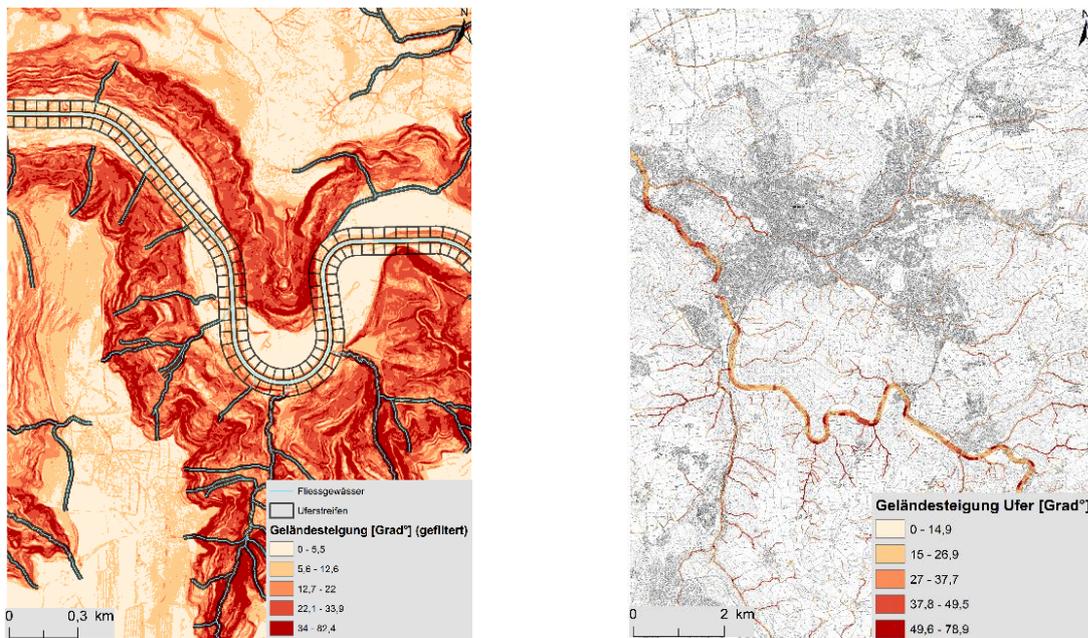


Abbildung 17: Links ist die Uferstreifengeometrie und die klassierte Geländesteigung dargestellt. Rechts werden die dem Fließgewässerraum zugeordnete «physischen» Kriterienwerte (Geländesteigung Ufer [Grad°]) für die Stadt Winterthur und Umgebung aufgezeigt.

Das letzte Kriterium des Indikators Erreichbarkeit und Zugänglichkeit bilden die Güteklassen des öffentlichen Verkehrs (ÖV). Es gibt die ÖV-Kategorien A bis F, wobei A die beste und F die schlechteste Kategorie darstellt. Bei der Kategorisierung werden die Distanzen zu den Haltestellen und die an den Haltestellen frequentierenden öffentlichen Verkehrsmittel berücksichtigt (AFV 2013). Diese Daten liegen als Polygone vor und können mit den Fließgewässerabschnitten verschnitten werden. Jedem Fließgewässerabschnitt wird die beste in diesem Abschnitt vorkommende Kategorie zugewiesen. Abbildung 18 zeigt wiederum die Zwischenresultate dieses Kriteriums auf. Sämtliche Bearbeitungsschritte für diesen Indikator sind im Anhang C. dokumentiert.

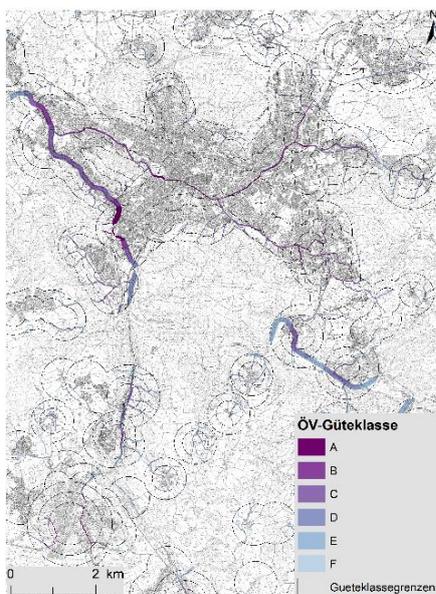


Abbildung 18: Die den Fließgewässerabschnitten zugewiesenen ÖV-Güteklassen A bis F, Gebiete ohne ÖV-Güteklasse weisen den Wert NULL auf.

3.6.3. Kriterien des Indikators Natürlichkeit

Alle Kriterien des Indikators Natürlichkeit wurden im Rahmen der Erhebungen zum Zustand der Fließgewässer, Ökomorphologiestufe F, erhoben und waren als Attribute in der Fließgewässergeometrie des Kantons Zürich vorhanden (Hütte & Niederhauser 1998). Die Fließgewässergeometrie mit den Attributen der Ökomorphologie wurde mit den Fließgewässerabschnitten verschnitten. Daraus resultiert eine Geometrie, welche die Attribute beider verschnittener Geometrien aufweist. Die Attribute Uferverbauung (linkes- und rechtes Ufer), Verbauungsmaterial (linkes- und rechtes Ufer), Sohlenverbauung, Sohlenmaterial und Ufermaterial, Gerinnesohlenbreite, die Breiten- und Tiefenvariabilität sowie die Zustandsklasse konnten über einen *Join* mit den Fließgewässerabschnitten verknüpft werden.

Unter dem Verbauungsgrad der Sohle sowie des Ufers ist das Ausmass an künstlichen Massnahmen zur Stabilisierung der Sohle und des Böschungsfusses gemeint. Als Wasserspiegelvariabilität wird die Variabilität des mittleren Wasserstandes definiert, wobei zwischen der Breiten- und Tiefenvariabilität unterschieden wird. Die Zustandsklasse ist das Endresultat welches anhand aller Ökomorphologie-Faktoren berechnet wird. Dabei können ebenfalls Durchgängigkeitsstörungen berücksichtigt werden. Diese Daten wurden hier aber nicht verwendet. Die Verteilung der Natürlichkeitsklassen der Fließgewässer wurde bereits in Kapitel 2.5. erläutert. Unter der Gerinnesohlenbreite ist die mittlere Breite der Gewässersohle innerhalb eines Fließgewässerabschnittes zu verstehen. Gemessen wird der Abstand zwischen dem linken und rechten Uferböschungsfuss. Normalerweise ist dieser Bereich frei von höheren Pflanzen, da der Bereich bei Hochwasser gefüllt ist (Hütte & Niederhauser 1998).

Abbildung 19 zeigt wiederum das Zwischenresultat für einige der Kriterien des Indikators Natürlichkeit, den Verbauungsgrad des Ufers, das Sohlenmaterial sowie die Breitenvariabilität.

Die Kriterien wurden den Fließgewässerabschnitten zugeordnet und entsprechend den Ökomorphologie-Kategorien klassifiziert. Der Verbauungsgrad des Ufers lässt sich in sieben Klassen «nicht bestimmt», «keine», «vereinzelt (bis 10%)», «mässig (10 – 30%)», «stark (30 – 60 %)», «überwiegend (> 60%)» und «vollständig (100%)» einordnen. Die Klassierung des Verbauungsgrades der Sohle, der hier nicht aufgezeigt ist, gestaltet sich gleich. Zwischen verschiedenen Materialien wird beim Ufermaterial unterschieden. Einerseits werden undurchlässige Materialien wie Bettongittersteine, dichte Natursteine, Mauern und andere undurchlässige Materialien unterschieden, andererseits gehören Holz, lockere Natursteine und Lebendverbau zu den durchlässigen Materialien. Beim Sohlenmaterial wird zwischen sechs Klassen unterschieden (nicht bestimmt, Steinschüttung, Holz, Betongitter, undurchlässig, andere). Die Breitenvariabilität des Gewässers kann entweder ausgeprägt, eingeschränkt oder nicht vorhanden (keine) sein (Hütte & Niederhauser 1998). Wie diese ökomorphologischen Merkmale erhoben wurden sind im Bericht zur Ökomorphologie Stufe F zu entnehmen (ebd.). Im Anhang C. sind wiederum die Modellierungsschritte zu diesem Indikator im Detail erläutert.

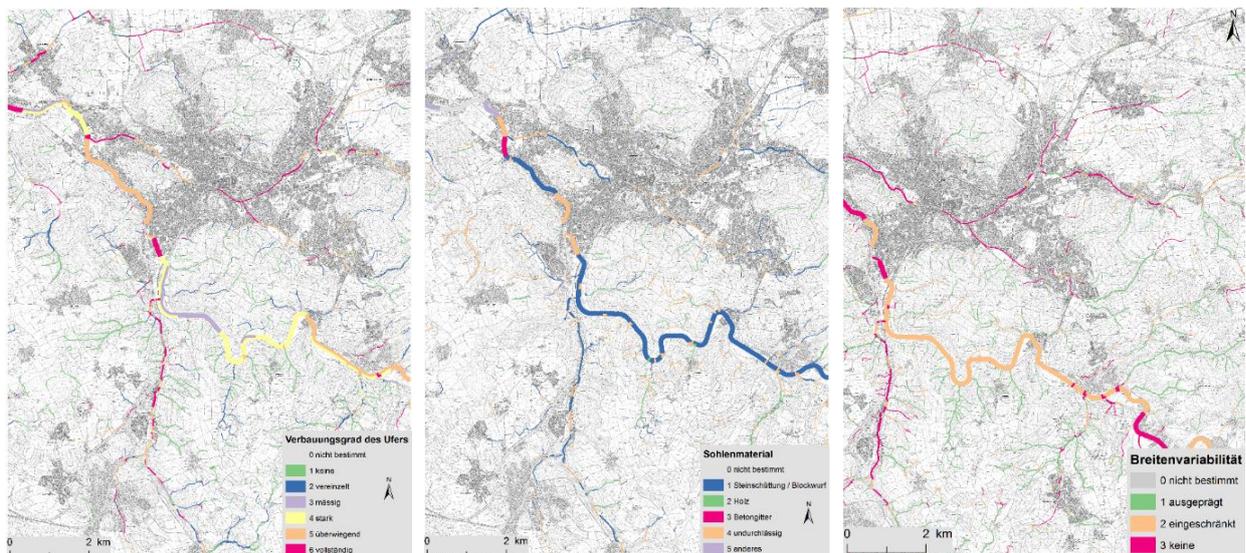


Abbildung 19: Drei Beispiele für dem Fließgewässerraum zugeordnete natürlichs Kriterien, Uferverbauung, Sohlenmaterial und Breitenvariabilität.

3.6.4. Kriterien des Indikators Gewässerraumnutzung

Zum Indikator Gewässerraumnutzung zählen die Kriterien Verpflegungsmöglichkeiten, Infrastruktur, Landnutzung und Schutzgebiete. Das Kriterium Verpflegungsmöglichkeiten (siehe Abbildung 20) beruht darauf, zu messen, ob in der Umgebung des Fließgewässerabschnittes z.B. Restaurants vorhanden sind. Die Punktdaten wurden von Openstreetmap mithilfe des ArcGIS Editors für OSM bezogen. Die Daten von Openstreetmap sind mit bestimmten Attributen versehen welche ein Feature charakterisieren, auch *Tags* genannt. Verpflegungsmöglichkeiten wurden anhand von den *Tags* `amenity=restaurant|fast_food|cafe|bar|pub` herausgefiltert (Openstreetmap 2015). Basierend den so bezogenen Punktdaten, wurde eine Interpolation berechnet, um eine kontinuierliche Werteoberfläche, welche mit den Fließgewässerabschnitten verrechnet werden konnte, zu erhalten. Die Werteoberfläche stellt die Verpflegungsdichte dar. Für die Interpolation wurde die Punkt-Dichte Funktion (ArcGIS) verwendet, als Suchradius wurden 1000m verwendet. Interpolationsmethoden werden im GIS-Umfeld häufig verwendet (Slocum et al. 2014; Dent et al. 2009; Burrough & McDonnell 1998). Diese Distanz wurde im Hinblick darauf gewählt, dass keine Punkte welche sehr weit vom Fließgewässer entfernt und somit ausserhalb des Naherholungsspektrums liegen, miteinbezogen werden. Ausserdem liefert diese Methode plausible Resultate was das Aussehen des Interpolationsrasters betrifft (natürliche Form und Ausdehnung der Dichtewerte). Den Fließgewässerabschnitten wurde mithilfe des *Zonal Statistics Tools* (ArcGIS) und der *Join* Funktion, die Dichtewerte des Interpolationsrasters zugeordnet.

Gleichermassen gestaltet sich die Berechnung des Kriteriums Infrastruktur, welches wiederum auf OSM Punktdaten (siehe Abbildung 20) basiert. Es wird nach den Tags `leisure=playground`, `amenity=firepit|bench|toilets` und `tourism=picnic_site` gefiltert. Ausserdem wird diesem Punktedatensatz die Flussbäder aus dem Vector25 Datensatz hinzugefügt (Swisstopo 2008). Diese Punkte, welche Flussbäder, Spielplätze, Feuerstellen, Picknickplätze, Bänke und öffentliche Toiletten verorten, werden für

die Berechnung der Infrastrukturdichte verwendet. Die Interpolation und Zuteilung der Dichte Werte an die Fließgewässerabschnitte erfolgt auf dieselbe Weise wie für die Verpflegungsmöglichkeiten.

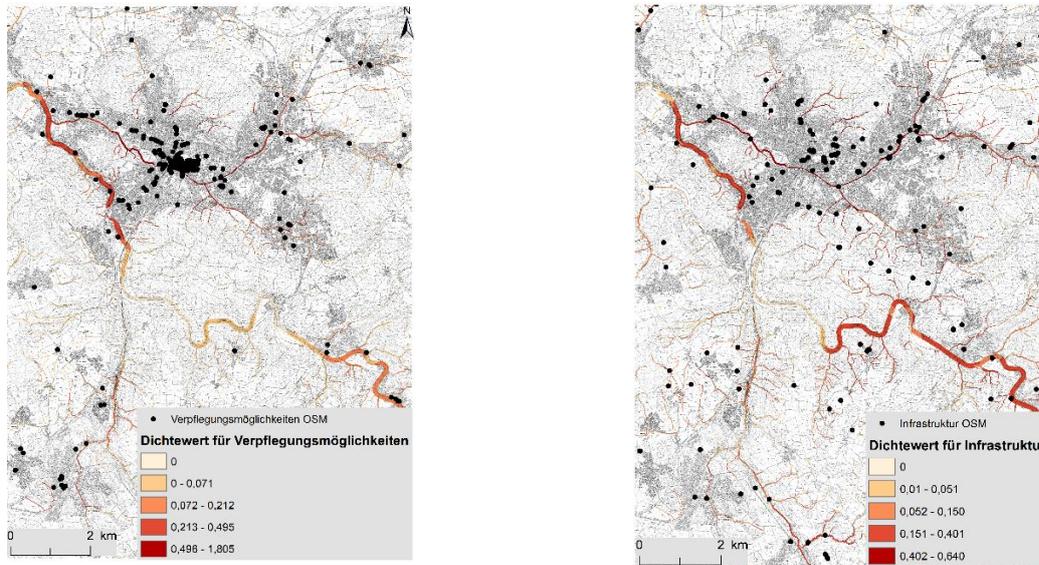


Abbildung 20: Dem Fließgewässerraum zugeordnete Kriterien Verpflegungsmöglichkeiten (links) und Infrastruktur (rechts) des Indikators Gewässerraumnutzung.

Das neunte Kriterium stellt die Landnutzung dar (siehe Abbildung 21). Diese basiert auf dem Nutzungs- und Zonenplan des Kantons Zürich. Die Nutzungsklassen wurden in Gruppen eingeteilt, um später die Bewertung durch die ExpertInnen zu vereinfachen. Es wird zwischen neun unterschiedlichen Landnutzungsgruppen unterschieden (1 = Industrie- und Dienstleistungen, 2 = Wohnzonen, 3 = Freihalte- und Erholungszonen, 4 = Landwirtschaft, 5 = Wald, 6 = reine Industriezone, 7 = Verkehrszone, 8 = öffentlicher Raum, 9 = Gewässer). Die Einteilung entspricht den Nutzungsklassen, es wurde lediglich darauf verzichtet die verschiedenen Unterklassen in die Bewertung miteinzubeziehen. Den Landnutzungsgruppen wurde aufgrund der ExpertInneneneinschätzungen ein Wert zugewiesen. Pro Abschnitt wurde mit dem *Zonal Statistics Tool* (ArcGIS) der Mittelwert aus allen bewerteten Landnutzungsgruppen extrahiert.

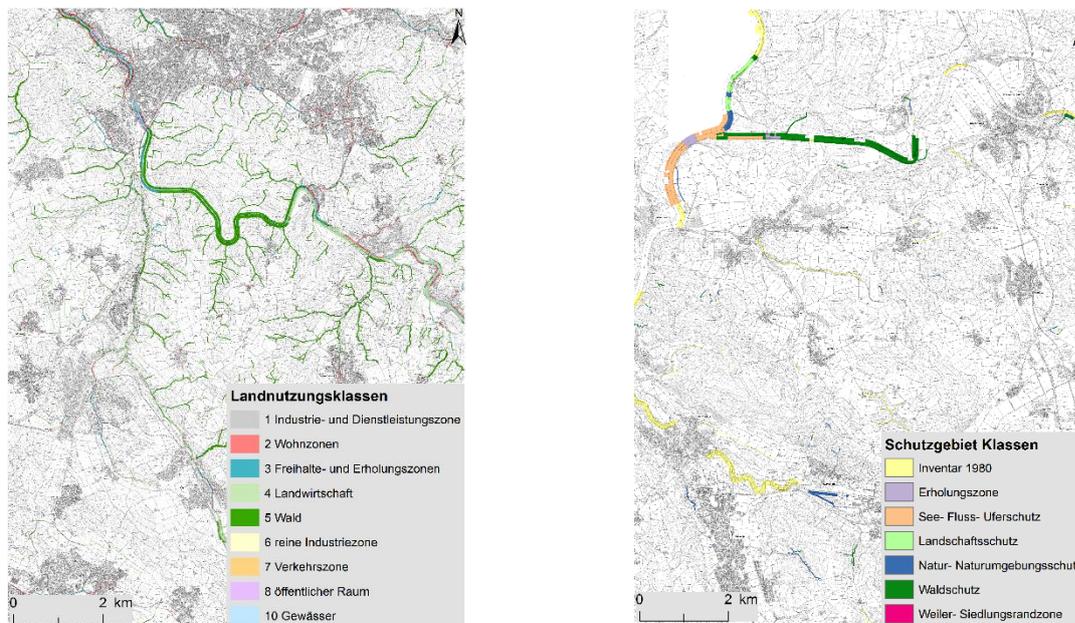


Abbildung 21: Dem Fliessgewässerraum zugeordnete Kriterien Landnutzungsklassen (links) und Schutzgebiet Klassen (rechts) des Indikators Gewässerraumnutzung.

Die Schutzgebiete stellen das letzte Kriterium des Indikators Gewässerraumnutzung dar. Dieser Layer setzt sich zusammen aus den Schutzgebieten des Inventars von 1980 sowie aus den Gebieten über welche eine Schutzverordnung verfügt wurde. Das Naturschutzinventar von 1980 beinhaltet die überkommunal bedeutenden Natur- und Landschaftsschutzgebiete (ALN 2015). Schutzverordnungen werden in der Politik als Instrument zur Sicherstellung der Erhaltung von gefährdeten, besonders wertvollen Landschaften und Naturräumen verwendet (Meier 2003).

Es wird ein anderer Gebietsausschnitt, in der Umgebung des Rheins bei Flaach, gezeigt, weil dort unterschiedliche Schutzgebiet Klassen vorhanden sind. Den Schutzgebieten wird, wie für die bisher beschriebenen Kriterien, später im Rahmen des AHP einen Wert zugewiesen.

3.6.5. Kriterien des Indikators Ungestörtheit

Die Ungestörtheit stellt den letzten Indikator für die Quantifizierung des Erholungspotenzials dar. Die Lärmbelastung, ausgehend von Strasse und Bahn sowie unangenehme Gerüche in Form der Distanz zu Abwasserreinigungsanlagen (ARA) werden als Kriterien berücksichtigt (siehe Abbildung 22). Daten über die Lärmbelastung [dB] konnten von der entsprechenden Fachstelle beim Bundesamt für Umwelt bezogen werden. Die Lärmdaten beruhen auf den Modellierungen welche im Rahmen der sonBASE Untersuchungen durchgeführt wurden (Catillaz & Frey 2012; Ingold & Köppli 2009). Die den Fliessgewässerabschnitten zugewiesenen Lärmwerte reichen für den Strassenlärm von 0 bis maximal 86.6 Dezibel [dB], die Eisenbahnlärmwerte von 1 bis 74 [dB]. Es wurde jeweils pro Abschnitt anhand des *Zonal Statistics Tools* (ArcGIS) der maximale dB-Wert berechnet und dieser dem Abschnitt zugeteilt.

Aus den Vector25 Daten (Swisstopo 2008) konnten die Abwasseranlagen in Form von Punktdaten entnommen und wie bei der Erreichbarkeit und Zugänglichkeit die euklidische Distanz berechnet werden.

In Spiess et al. (2008) wurde die Nähe zu Abwasseranlagen ebenfalls in der Modellierung verwendet. Diese Abstandswerte zu ARAs wurden den Fließgewässerabschnitten zugewiesen. Für die Übertragung der Werte kommt wiederum das *Zonal Statistics Tool* (ArcGIS) zum Einsatz. Diese Werte werden im Rahmen der AHP standardisiert. Wie die Aufbereitung der Daten im Detail durchgeführt wurde, wird im Anhang C. erläutert.

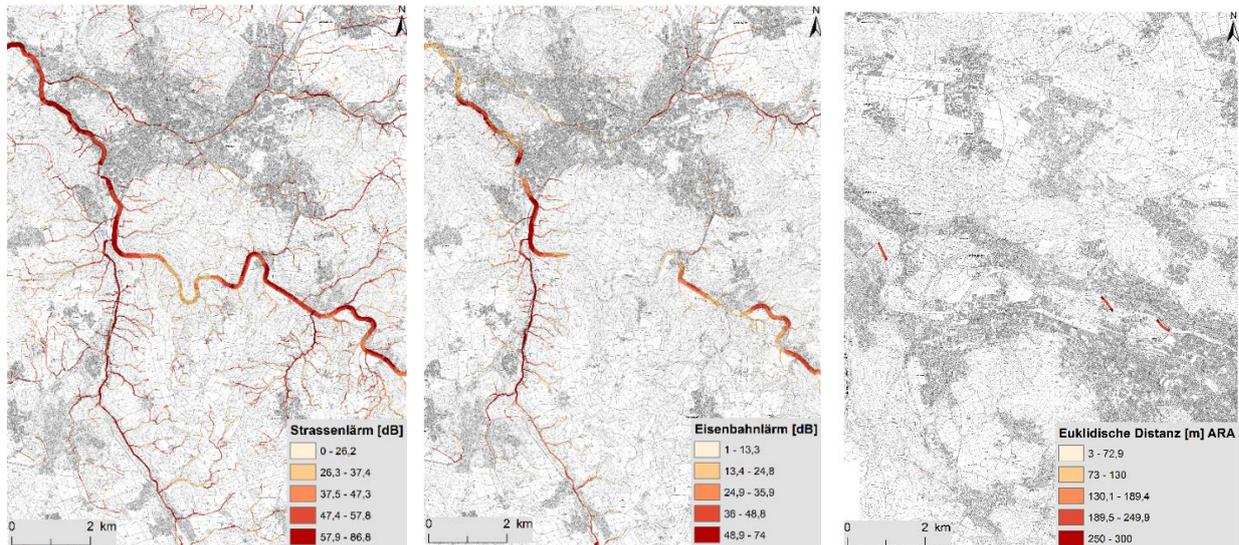


Abbildung 22: Dem Fließgewässerraum zugeordnete Indikatoren der Kategorie Ungestörtheit.

Ungestörtheit ist der letzte Indikator zur Quantifizierung des Erholungspotenzials der Fließgewässerabschnitte. Die soeben besprochenen Kriterien unter den Indikatoren Erreichbarkeit und Zugänglichkeit, Natürlichkeit, Gewässerraumnutzung und Ungestörtheit werden anhand der Bewertungskurven (siehe Kapitel 4.2.3.) standardisiert. Neben der Standardisierung werden die Indikatoren und Kriterien von den ExpertInnen priorisiert, d.h. erhalten ein Gewicht (siehe Tabelle 4). Aufgrund dieser Gewichtung wird anschliessend das Erholungspotenzial mittels bereits erwähnter Formel (siehe Kapitel 3.3.3.) berechnet.

Neben dem Erholungspotenzial, was die Angebotsseite repräsentiert, wird im nächsten Kapitel gezeigt, wie die Nachfrage berechnet wurde. Die Berechnung der Nachfrage stellt eine Annäherung der Messung der Naherholungsintensität dar (vgl. Kienast et al. 2012; Buchecker et al. 2013).

3.6.6. Potenzielle Nachfrage

In Anlehnung an die Methode von Kienast et al. (2012) zur Erfassung der Naherholungsintensität, wurde in dieser Arbeit ein Indikator zur Ermittlung der potenziellen Nachfrage nach Naherholung ermittelt. Die hier verwendete Methode basiert auf einer Interpolation von Punktdaten, wie sie bereits für die Dichteberechnungen der Verpflegung und Infrastruktur berechnet wurde. Verschiedene Interpolationsmethoden sind im GIS bereits verfügbar. Interpolationsmethoden sind im GIS-Feld weit verbreitet, in Mitas & Mitsova (1999) oder Burrough & McDonnell (1998) wird detailliert auf diese eingegangen. ArcGIS liefert bereits die Funktion für die Interpolationsberechnung. Die Punktdaten

wurden aus den Hektar basierten Bevölkerungs- und Beschäftigtenstatistikdaten des Bundesamtes für Statistik (BFS) abgeleitet. Die verwendeten Attribute aus den BFS Daten sind die ständige Wohnbevölkerung sowie die Anzahl Voll- und Teilzeitbeschäftigten in allen Sektoren. Abbildung 23 zeigt zur besseren Veranschaulichung die Zwischenresultate der Interpolationen.

Für die Berechnungen wurde das Hektarraster in Punkte transformiert, somit stellt jeder Punkt die Anzahl der ständigen Wohnbevölkerung bzw. die Anzahl Voll- und Teilzeitbeschäftigten in allen Sektoren pro ha im Jahre 2013 dar (letzte Erhebung). Die Interpolation der Punktdaten wurde mit einem Suchradius von 1km durchgeführt. Je nach Suchradius verändern sich die Interpolationsergebnisse erheblich. Die Punktdichte Interpolation ist, wie bereits angetönt wurde, nicht die einzige geeignete Interpolationsmethode. Die *Inverse Distance Weighting-* (IDW) oder *Kriging* Methode würden, je nach Parameterdefinition, leicht unterschiedliche Ergebnisse liefern (vgl. Mitas & Mitasova 1999; Burrough & McDonnell 1998; Slocum et al. 2014). Wie für die anderen Kriterien, wurden die Interpolationswerte den Fließgewässerabschnitten zugeordnet. Im Anhang C. werden die Modellierungsschritte für das Erzeugen der potenziellen Nachfrage erläutert.

Im Gegensatz zu den anderen Kriterien wird die Nachfrage weder standardisiert noch gewichtet und fließt nicht in die Erholungspotenzialberechnungen mit ein. Anhand der potenziellen Nachfrage soll eine Gegenüberstellung zwischen Erholungspotenzial und Nutzungsintensität ermöglicht werden. Dies eröffnet eine erweiterte Diskussionsgrundlage.

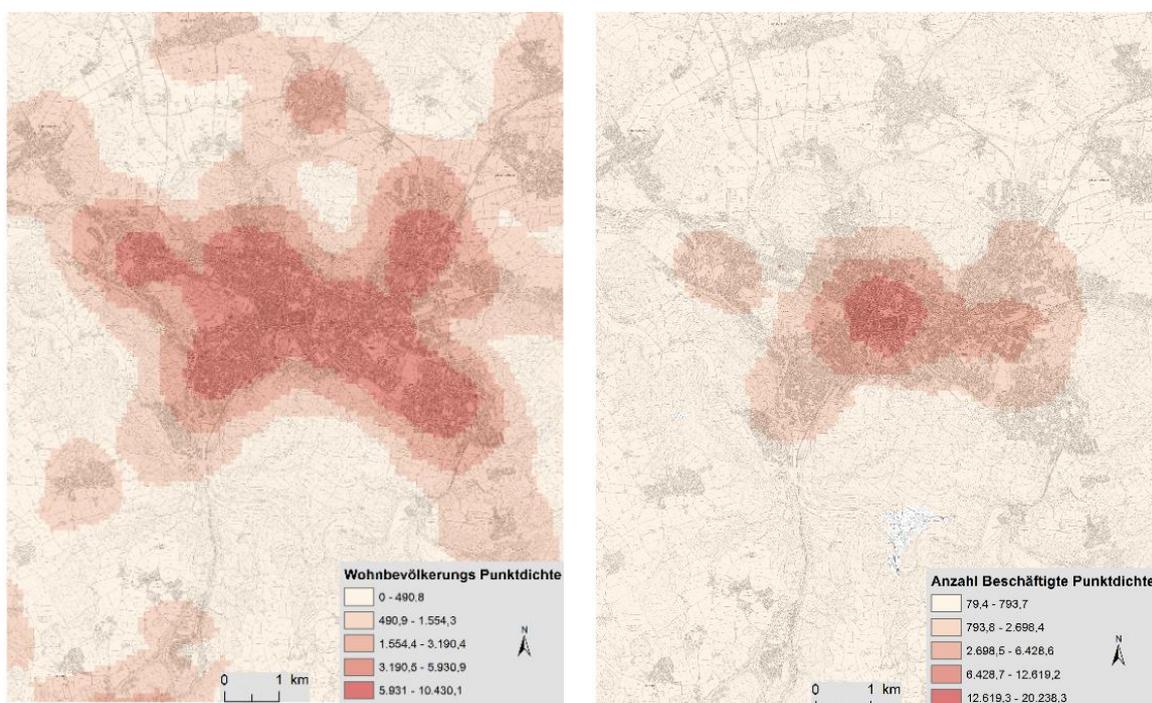


Abbildung 23: Resultat der Punkt-Dichte Interpolation für die Wohnbevölkerungs- (links) und Beschäftigtenaten (rechts) des BFS.

3.6.7. Unterscheidung zwischen Siedlungs- und «nicht Siedlungsgebiet»

Um eine differenzierte Gewichtung der Indikatoren zu ermöglichen und aufgrund der Rückmeldungen der ExpertInnen, wurden die Fließgewässerabschnitte nach städtisch und ländlich klassiert (siehe Kapitel 4.2.). Die Unterscheidung zwischen Stadt und Land erscheint zunächst trivial, es gibt jedoch unterschiedliche Interpretationen der Begriffe «städtisch» und «ländlich» oder «Stadt/Land». Ausserdem wird in der Raumplanung auf verschiedene Begriffe, wie zum Beispiel dem Überbauungsgrad, der baulichen Dichte oder der Bevölkerungsdichte, zurückgegriffen, um den Raum einzuteilen und zu beschreiben (ARE 2015a; Kanton Zürich 2014). Kennwerte, wie die baulichen Dichte, gelten innerhalb von Bauzonen und sind nicht kontinuierlich im Raum verteilt (ARE 2015a). Genauso verhält es sich mit der Bevölkerungsdichte, welche interpoliert werden muss, um z.B. ein kontinuierliches Raster zu erhalten. Eine Verschneidung mit den Fließgewässerabschnitten erfordert einen flächendeckenden Datensatz. Inert nützlicher Zeit konnte keine geeignete Methode für die Zuordnung des Überbauungsgrades, der baulichen Dichte oder eines anderen in Frage kommenden Kennwerts auf die Fließgewässerabschnitte erarbeitet werden. Aus diesem Grund wurden die Vector25 Siedlungsdaten verwendet, um zu unterscheiden, welche Fließgewässerabschnitte innerhalb der Siedlungsräume verlaufen. Dazu mussten die Siedlungsdaten bearbeitet werden, denn v.a. die grösseren Fließgewässer sind auch im Datensatz des Siedlungsgebiets «ausgeschnitten» worden. Durch eine Polygon-Aggregation konnte dies behoben werden. Ausserdem wurden Siedlungspolygone mit einer Fläche von weniger als 50km² gelöscht. Diese Methode ist eine Vereinfachung der ursprünglich geplanten Unterscheidung, aus einer Differenzierung zwischen «städtisch» und «ländlich» wurde eine Unterscheidung zwischen Siedlungs- und «nicht Siedlungsgebiet». Auch die im ArcGIS durchgeführten Schritte dieser Berechnungen werden im Anhang C. aufgezeigt.

Auf das Miteinbeziehen der Flickr Daten als zusätzlicher Indikator für die potenzielle Nachfrage bzw. als Kriterium für die Beliebtheit (vgl. Wood et al. 2013; Richards & Friess 2015) wurde aus zeitlichen sowie aus datentechnischen Gründen (z.B. beschränkte Genauigkeit und Aussagekraft der Flickr-Daten) verzichtet.

3.6.8. Validierung

Welche Aspekte bei einer Validierung einer Modellierung oder einer Forschungsarbeit berücksichtigt werden sollten, wird von Rykiel (1996) im Detail behandelt. Die Validierung kann unterteilt werden in die Datenvalidität, die operationelle Validität sowie die konzeptuelle Validität. Im Rahmen der Diskussion wird in einer Methodenreflexion diesen Aspekten Rechnung getragen. In Zusammenhang mit der Validierung wird oft von Unsicherheiten gesprochen (ebd.).

Unsicherheitsquellen bei einer MCDA werden von Malczewski & Rinner (2015) erwähnt. Dabei kann es sich um Unsicherheiten in der Modellierung, Unsicherheiten der kartographischen Darstellung und der Gewichtung der Kriterien handeln. Der im Rahmen der Sensitivitätsanalyse, als Teil der Validierung, am

häufigsten angewandte Methode ist der Vergleich der Ergebnisse bei unterschiedlicher Gewichtung der Kriterien (ebd.). Wie oben erwähnt, stellt die Sensitivitätsanalyse nur einen Teilaspekt der Validierung dar. Wie die unterschiedlichen Indikatoren und deren Kriterien gewichtet werden, hängt stark von den Einschätzungen der einzelnen ExpertInnen ab. Es gibt Möglichkeiten, den Einfluss der Gewichtung der Indikatoren in Form einer visuellen Sensitivitätsanalyse aufzuzeigen. Den ExpertInnen würde dann direkt auf einer Karte die Veränderung der Resultate aufgrund ihrer Entscheidungen aufgezeigt (Rinner 2007). Anhand der vier Modellvarianten, welche aufgrund der zum Teil sehr unterschiedlichen Prioritätseinschätzungen der ExpertInnen erstellt wurden, kann dieser Thematik trotzdem Rechnung getragen werden. Die Modellvarianten werden in Kapitel 4.3.2. miteinander verglichen. Die Tabellen 6 und 7 beschreiben ausserdem die Verteilung der Kriterienwerte, was die Interpretation der Erholungspotenzialwerte erleichtert und zur Sensitivitätsanalyse in Hinsicht der besseren Transparenz beiträgt.

3.6.9. Methoden zur Analyse der Resultate

Bei der visuellen Aufbereitung der Resultate (z.B. Karten) spielt die Klassierung der Datenwerte eine Rolle, die verschiedenen Klassierungsmethoden (vgl. Slocum et al. 2014; Dent et al. 2009; Kimerling et al. 2011) wurden berücksichtigt, deren Untersuchung ist jedoch kein Hauptbestandteil der Arbeit und deshalb wird nicht im Detail auf diese eingegangen. Die Datenklassierung spielt z.B. bei der Aufbereitung der Erholungspotenzialwerte eine Rolle. Dabei wird auf die Klassierungsmethoden aus der Kartographie zurückgegriffen. Die häufigsten Methoden sind *Equal Intervall*, *Optimal (median)*, *Natural Breaks*, *Mean-Standard Deviation*, *Maximum Breaks* und *Quantiles*. Je nach Datenverteilung und Klassierungszweck eignen sich unterschiedliche Methoden (Slocum et al. 2014). Die Auswirkungen der Wahl der Klassierungsmethode ist nicht Teil dieser Arbeit. Für den Vergleich der Modellvarianten wurde eine Klassierung im Sinne einer *Equal Intervall* Klassierung gewählt, um durch die Definition identischer Klassenintervalle Unterschiede sichtbar zu machen. Ansonsten wurde auf die *Natural Breaks* Klassierung zurückgegriffen, welche die Klassen basierend auf der Datenverteilung festlegt. Mit dieser Klassierung werden, ähnlich wie bei *Maximum Breaks*, die Differenzen innerhalb der Klassen minimiert und zwischen Klassen maximiert (ebd.). Um die Auswahl der Farbwerte bei der Erstellung von Karten zu erleichtern und zu verbessern, wurde auf *Color Brewer 2.0* zurückgegriffen (Harrower & Brewer 2003).

Mithilfe von Stichproben wird in eine Plausibilitätsprüfung der Modellierung vorgenommen. Dies beinhaltet die Auswahl einiger Stichproben (Fliessgewässerabschnitte) um diese auf ihre Plausibilität zu prüfen. Diese Überprüfung beinhaltet zwei Teile. Einerseits wird das Modellverhalten geprüft, d.h. es wird aufgezeigt, weshalb die Fliessgewässerabschnitte unterschiedliche Erholungspotenzialwerte aufweisen. Andererseits wird dargelegt, wie sich das Erholungspotenzial basierend auf den Kriterienwerten zusammensetzt.

Die Stichproben wurden zufällig aus allen Fliessgewässerabschnitten ausgewählt. Drei Beispiele aus den Fliessgewässerabschnitten innerhalb des Siedlungsgebiets und drei Beispiele welche nicht im Siedlungsgebiet liegen, wurden überprüft. Die Stichproben sollten dabei möglichst gleichmässig über den Kanton Zürich verteilt sein. Es handelt sich somit um eine Art geschichtete zufällige Stichprobe (Atteslander 2003). Um die Stichproben auszuwählen, wurden die OBJECTIDs der Fliessgewässerabschnitte für das Siedlungs- und «nicht Siedlungsgebiet» zufällig sortiert und jeweils die ersten drei ausgewählt.

Im Rahmen der Plausibilitätsprüfung werden ausserdem einige Abschnitte für einen «Realitätscheck», d.h. einer Feldbegehung ausgewählt. Die Feldbegehung wird anhand von Fotos dokumentiert und es wird auf diese Weise ein subjektiver Eindruck über das Erholungspotenzial der Fliessgewässerabschnitte ermöglicht. Es soll ermittelt werden, ob sich ein bestimmter Fliessgewässerabschnitt effektiv zu Erholung eignet oder eher nicht. Insgesamt wurden fünf Fliessgewässerabschnitte besucht. Die Abschnitte wurden so ausgewählt, dass sowohl Siedlungs- als auch «nicht Siedlungsgebiete» besucht wurden und die Abschnitte in unterschiedlichen Regionen liegen. Es wurde bei der Auswahl der Abschnitte für die Begehung ausserdem darauf geachtet, auch solche auszuwählen, welche vom Kanton in den nächsten 20 Jahren als prioritär für die Revitalisierung eingestuft werden (Hollenstein et al. 2015).

Die Plausibilitätsprüfung fällt in dieser Arbeit eher klein, nicht sehr ausführlich aus. Grund dafür ist der zeitliche Aspekt, denn um das Untersuchungsgebiet, den Kanton Zürich, abzudecken wären viele Stichproben notwendig, was wiederum viel Zeit in Anspruch nehmen würde, oder weitere Datensätze z.B. über die Revitalisierungsvorhaben müssten hinzugezogen werden. Abgesehen davon würde dies ebenfalls den Rahmen dieser Masterarbeit sprengen.

Die Analyse der Erholungspotenziale beinhaltet eine Gegenüberstellung zur potenziellen Nachfrage, um eine Fokussierung auf die für die Naherholung relevanten Fliessgewässerabschnitte zu ermöglichen. Die Naherholungsintensität bzw. der Nutzungsdruck (vgl. Buchecker et al. 2013) soll mit den Kriterien der potenziellen Nachfrage (siehe Kapitel 3.6.6.) angenähert werden. Aufgrund der statistischen Kennwerte werden die Fliessgewässerabschnitte in weitere Klassen eingeteilt. Eine Unterteilung der Fliessgewässerabschnitte in die Klassen «hohes Erholungspotenzial hohe Nachfrage», «hohes Erholungspotenzial tiefe NF», «tiefes Erholungspotenzial hohe Nachfrage» und «tiefes Erholungspotenzial tiefe Nachfrage» erscheint für sinnvoll. Diese weitere Unterteilung von Fliessgewässerabschnitten dient als Diskussionsgrundlage im Hinblick auf den Vergleich mit den aktuellen Revitalisierungsplanungen. In Kapitel 4.3.5. ist die Karte für den Vergleich mit den Revitalisierungsvorhaben zu finden.

Eine Aggregation der Erholungspotenzialwerte der Fliessgewässerabschnitte auf Gemeindeebene bietet sich an, denn im Rahmen von Ökosystemdienstleistungen werden oft die NUTS-Levels (Nomenclature of

Territorial Units for Statistics) verwendet. Die Gemeinde-Ebene würde dem NUTS-2 Level entsprechen (Maes et al. 2012; Ghermandi 2015; Bartelme 2005; Grêt-Regamey, Weibel, et al. 2014).

Die aggregierte Darstellung erfolgt in Form von Choroplethen-Karten. Choroplethen-Karten werden in der Kartographie häufig zur Darstellung von numerischen Werten, z.B. Bevölkerung pro km² oder Ertrag an Weizen pro Hektar, verwendet und basieren meistens auf administrativen Grenzen (z.B. Gemeinden) (Dent et al. 2009; Slocum et al. 2014). Um die Erholungspotenzialwerte anhand einer Choroplethen-Karte darstellen zu können wurde eine Normalisierung vorgenommen. Der Mittelwert des Erholungspotenzials (Modellvariante 2) pro Gemeinde wurde anhand der Fliessgewässerlänge der Gemeinde [m pro km²] anhand von folgender Formel normiert: $\text{Erholungspotenzial Gemeinde} * (\text{Fließgewässerlänge Gemeinde} / \text{maximale Fließgewässerlänge})$. Diese Normalisierung sollte, im Sinne von Slocum et al. (2014), den Ansprüchen einer Choroplethen-Karte besser gerecht werden als dies bei der Verwendung der Mittelwerte des Erholungspotenzials pro Gemeinde der Fall wäre. Diese Normalisierung erscheint ausserdem als sinnvoll, weil je nachdem, wie viele Gewässerabschnitte sich innerhalb einer Gemeinde befinden, der Erholungspotenzialwert mehr oder weniger aussagekräftig ist.

Basierend auf dieser Aggregation werden die normalisierten Erholungspotenzialwerte auf bestimmte Muster analysiert. Es wird ausserdem untersucht, ob allfällige räumliche Muster zufällig sind oder eine räumliche Autokorrelation besteht (Diniz-Filho et al. 2003; Anselin et al. 2006; Kimerling et al. 2011). Die Choroplethen-Karten sollen in erster Linie eine alternative Darstellungs- und Betrachtungsweise der Fliessgewässerabschnitte bieten.

Das nächste Kapitel umfasst die Resultate der Arbeit. Zuerst wird auf die Ergebnisse der zwei ExpertInnenbefragungen eingegangen. Dies beinhaltet die Zusammenfassung der Erkenntnisse aus der Befragung sowie das Aufzeigen der Bewertungsfunktionen und Gewichtungen. Anschliessend werden die Resultate aus der GIS-Modellierung dargestellt. Das Erholungspotenzial wird für alle Fliessgewässer aufgezeigt. Die Modellierungsergebnisse werden auf Ihre Plausibilität geprüft. Anschliessend werden weitere Produkte im Hinblick auf die kulturellen Ökosystemdienstleistungen und Revitalisierungsplanung aufgezeigt.

3.6.10. Daten und Software

Neben ArcGIS (Version 10.3) (ESRI 2015), wird Excel und SPSS 23 für die Weiterverarbeitung und Analyse der Ergebnisse auf der GIS-Modellierung verwendet.

Es wurden von Swisstopo verschiedene Datensätze verwendet, dazu gehören die digitalen administrativen Grenzen der Schweiz für die kartographische Darstellung (Swisstopo 2006), das Topologische Landschaftsmodell für Kriterium 2a und 2b (TLM) (Swisstopo 2014b), sowie der Swiss Buildings Datensatz für Kriterium 1 (Swisstopo 2014a). Vector25 Daten (Primärflächen und Anlagen) wurden für Kriterium 12 sowie für die Unterscheidung von Siedlungs- und «nicht Siedlungsgebiet»

verwendet (Swisstopo 2008). Die Pixelkarte PK200 diente als Hintergrund für die kartographische Darstellung der Daten (Swisstopo 2005).

Daten über die Wohnbevölkerung und der Anzahl Beschäftigten für die potenzielle Nachfrage, wurden vom Bundesamt für Statistik bezogen (BFS 2010; BFS 2013). Diese Daten liegen in der Form «Anzahl Personen pro Hektar» vor und wurden dementsprechend anhand eines Hektar-Rasters interpoliert.

Verschiedene Datensätze wurden vom Kanton Zürich bezogen. Die Ökomorphologische Erhebung der Fliessgewässer für den Indikator Natürlichkeit (Kanton Zürich 2012b), Sportanlagen für Kriterium 8 (Kanton Zürich 2011b), Schutzverordnungen über Natur- und Landschaftsschutzgebiete von überkommunaler (kt./reg.) Bedeutung (SVO) für Kriterium 10 (Kanton Zürich 2011a), Zonenpläne der Gemeinden für Kriterium 9 (Kanton Zürich 2010), Digitales Terrainmodell (DTM) für Kriterium 3 (Kanton Zürich 2015a), Seen Datensatz (Kanton Zürich 2009) und Raster-Übersichtsplan (Kanton Zürich 2012a) für die kartographische Darstellung, sowie den ÖV-Güteklassen für Kriterium 4 (Kanton Zürich 2015b).

Vom Bundesamt für Umwelt wurden Lärmdaten des Strassenverkehrs und der Bahn (Kriterium 11), die im Rahmen des sonBASE Projektes erhoben wurden, verwendet (Catillaz & Frey 2012).

Von Openstreetmap.org wurden Punktdaten aufgrund von Tags für die Kriterien 7 und 8 heruntergeladen (Openstreetmap 2015). Ausserdem dienten Luftbilder von Google Maps als Darstellungshilfe (Google 2015)

4. Resultate

4.1. Ergebnisse aus der Literaturrecherche

In Tabelle 3 ist die definitive Indikatoren-Auswahl, welche basierend auf den Rückmeldungen der ExpertInnen erstellt wurde aufgeführt. Jene Indikatoren, die in der Modellierung verwendet wurden, sind grau schattiert. Die restlichen Indikatoren, die nicht in die Modellierung einbezogen worden waren, sind nicht hervorgehoben.

Die ursprüngliche Idee, Aktivitäten, welche in Zusammenhang mit dem Fliessgewässer stehen, ebenfalls zu messen, wurde wieder verworfen. Der Grund dafür war, dass das Erholungspotenzial u.a. stark von der jeweiligen Nutzergruppe abhängig ist und die Aktivitäten sich meistens auf spezifische Nutzergruppen beziehen (Mönnecke et al. 2006). Aufgrund der Erkenntnisse aus den Befragungen der ExpertInnen (siehe Kapitel 4.2.) konnte die ursprüngliche Indikatorenliste weiterentwickelt werden. Es wurden ausserdem Indikatoren genannt, welche zwar wichtig wären um das Erholungspotenzial zu modellieren, deren Daten jedoch nicht vorhanden waren.

Indikator	Kriterium	Berechnung	Daten	Quellen
Erreichbarkeit & Zugänglichkeit	(1) Distanz des FGEW-Abschnittes zum nächsten Gebäude	Euklidische Distanz in Meter von Gebäudeumrissen	TLM Gebäude Footprints	(Grêt-Regamey, Kienast, et al. 2014; Kienast et al. 2012; Kienast et al. 2013; Barbosa et al. 2007)
	(2) Distanz des FGEW-Abschnittes zum Strassennetz	Euklidische Distanz in Meter vom Strassen- und Wegnetz	TLM Strassen- und Wegnetz	
	(3a) Steigung des Geländes im FGEW- Abschnitt Uferbereich	Steigung des Geländes für den Uferstreifen berechnen	Digitales Terrain Modell ZH	(Grêt-Regamey, Kienast, et al. 2014)
	(3b) Am FGEW-Abschnitt «parallel» verlaufende kleine und mittelgrosse Strassen und Wege, Dichte des Wegnetzes	Sortierung der Strassen- und Wege nach der Länge pro FGEW-Abschnitt	TLM Strassen- und Wegenetz	ExpertInnen, Betreuerinputs (Nahuelhual et al. 2013; Peña et al. 2015)
	(4) Güteklasse des öffentlichen Verkehrs	Güteklasse pro FGEW-Abschnitt extrahieren	ÖV-Güteklassen	ExpertInnen
	Zugangshindernisse	nicht bestimmt	Zäune, Sträucher, Bäume, privat Grundstücke	ExpertInnen, Kaiser (2005)
	Dichte des Fussverkehrsnetzes	nicht bestimmt	TLM Strassen- und Wegenetz	ExpertInnen
	Zustand und Beschaffenheit der Strassen und Wege	nicht bestimmt	TLM Strassen- und Wegnetz	ExpertInnen, Kaiser (2005)
Natürlichkeit	(5a und b) Verbauungsgrad des FGEW Ufers und der Sohle	Bereits vorhandene Attribute verwenden und dem FGEW-Abschnitt zuweisen	Ökomorphologiestufe F Erhebungen	(Junker & Buchecker 2008; Hütte & Niederhauser 1998; Kaiser 2005)
	(5c und d) Material des Ufers und der Sohle (lebend, Beton, Mauer, Holz etc.) am FGEW Abschnitt	Attribute aus FGEW Erhebungen	Ökomorphologiestufe F Erhebungen	

Tabelle 3: Liste der Indikatoren und Kriterien. Verwendete Kriterien wurden grau hervorgehoben und die Nummer des zugehörigen Kriteriums wurde in Klammern angegeben.

Indikator	Kriterium	Berechnung	Daten	Quellen
	(6a und b) Breiten- und Tiefenvariabilität (ausgeprägt, eingeschränkt, keine) am FGEW Abschnitt	Attribute aus FGEW Erhebungen	Ökomorphologie stufe F Erhebungen	
	Zustand des FGEW Abschnitts	Ökomorphologie Klasse ZH	Ökomorphologiestufe F Erhebungen	
Gewässerraumnutzung	(7) Verpflegungsmöglichkeiten am FGEW-Abschnitt d.h. Restaurants, Kaffees oder Bars	Dichteberechnung aus Punktdaten (Interpolation)	Openstreetmap	ExpertInnen
	(8) Angebot an Infrastrukturen am FGEW-Abschnitt d.h. Spielplätze, Picknickplätze Feuerstellen, öffentliche Toiletten, Sitzbänke, Flussbäder	Dichteberechnung aus Punktdaten (Interpolation)	Openstreetmap	ExpertInnen, (Bögli 2015; Kaiser 2005)
	(9) Landnutzung des FGEW-Abschnittes	Bewertung der gruppierten Landnutzungs-kategorie d.h. reine Industrie, Industrie und Dienstleistung, Wohnen, Landwirtschaft, Wald, Verkehrsfläche	Zonen- und Nutzungsplan	(Kienast et al. 2012; Kienast et al. 2013)
	(10) Zugehörigkeit des FGEW Abschnitts zu einem Schutzgebiet	Bewertung der Schutzgebiete des Inventars von 1980 und der Schutzverordnungen	SVO und Schutzgebiete	(Peña et al. 2015; Nahuelhual et al. 2013)
Ungestörtheit	(11 a und b) Strassen- und Bahnlärm am FGEW-Abschnitt	Messung des Lärmpegels in [dB] am Tag	sonBase Modellierungen	(Kaiser 2005; Catillaz & Frey 2012)
	(11 c) Grosse Strassen welche parallel am FGEW-Abschnitt verlaufen	Länge der grossen Strassen (z.B. Autobahnen) welche «parallel» des FGEW-Abschnitts verlaufen	TLM Strassen- und Wegnetz	ExpertInnen
	(12) Geruchsbelastung aufgrund der Nähe zu Abwasserreinigungsanlagen	Euklidische Distanz des FGEW-Abschnitts zu den ARA-Punktdaten	Vector25 eob ARA	(Spiess et al. 2008; Kaiser 2005)

Tabelle 3ff.: Liste der Indikatoren und Kriterien. Verwendete Kriterien wurden grau hervorgehoben und die Nummer des zugehörigen Kriteriums wurde in Klammern angegeben.

Indikator	Kriterium	Berechnung	Daten	Quellen
	Fluglärm	Messung des Lärmpegels in [dB] am Tag	Start- und Landeschneisen	(Bögli 2015)
	<i>Soundscape</i> am FGEW-Abschnitt, Plätschern, Rauschen hörbar, in Relation zum Lärm setzen	nicht bestimmt	Abflussmenge, Fliessgeschwindigkeit	ExpertInnen
	Hindernisse am und im FGEW	nicht bestimmt	Flusskraftwerke, Schwellen, Wehre, Abstürze	ExpertInnen, (Grünstadt Zürich 2005)
	Sicherheit (sozial)	nicht bestimmt	nicht bestimmt	ExpertInnen, (Bögli 2015)
	Crowding	Kritischer Wert bei welchem die Nutzungsdichte als störend erachtet wird	nicht bestimmt	ExpertInnen
	Nutzungskonflikte	nicht bestimmt	nicht bestimmt	ExpertInnen
Aktivitäten	Schwimmen	Flussbäder, Wasserqualität, Strömungsgeschwindigkeit, Abflussmenge, Verbote	Punktdaten Flussbäder	(Spiess et al. 2008; Kaiser 2005)
	Boot, Kajak fahren	Eignungskarten, Informationen rund ums Kajakfahren, Verbote	rivermap.ch	
	Fischen	geeignete Orte markieren	Fischfang Statistiken, Amt für Fischerei	
	Fahrrad fahren (Biken, Rennrad, sportlich, gemütlich)	Verfügbarkeit von geeigneten Wegen	TLM Strassen- und Wegnetz	
	Spazieren, Joggen, Wandern	Verfügbarkeit von geeigneten Wegen	TLM Strassen- und Wegnetz	
	Picknicken, Grillieren	Verfügbarkeit von geeigneten Standorten	nicht bestimmt (evtl. OSM)	

Tabelle 3ff.: Liste der Indikatoren und Kriterien. Verwendete Kriterien wurden grau hervorgehoben und die Nummer des zugehörigen Kriteriums wurde in Klammern angegeben.

Indikator	Kriterium	Berechnung	Daten	Quellen
Potenzielle Nachfrage	Anzahl Personen welche potenziell den FGEW-Abschnitt aufsuchen	Dichteberechnungen aus der Anzahl Beschäftigten und ständigen Wohnbevölkerung	Bevölkerungs- und Beschäftigtenstatistik Bundesamt für Statistik	(Kienast et al. 2012; Buchecker et al. 2013; Grêt-Regamey, Kienast, et al. 2014)
	Popularität des FGEW Abschnittes	Dichteberechnung der Anzahl Flickr Fotos	Flickr.com	(Richards & Friess 2015; Bagstad et al. 2012; Keeler et al. 2015)
Weitere	Alternative Erholungsräume in der Umgebung zur Abwägung des Nutzungsdruckes	nicht bestimmt	nicht bestimmt	ExpertInnen
	Stadtbild, Architektonische Aspekte	nicht bestimmt	nicht bestimmt	ExpertInnen, (Kaiser 2005)
	Identität, des räumlichen- und städtebaulichen Umfeldes	nicht bestimmt	nicht bestimmt	ExpertInnen
	(konkrete) Gestaltungs- und Aufenthaltsqualität	nicht bestimmt	nicht bestimmt	ExpertInnen
	Berücksichtigung von Altersgruppen/ Menschen mit Behinderung	nicht bestimmt	nicht bestimmt	ExpertInnen

Tabelle 3ff.: Liste der Indikatoren und Kriterien. Verwendete Kriterien wurden grau hervorgehoben und die Nummer des zugehörigen Kriteriums wurde in Klammern angegeben.

4.2. Ergebnisse aus der ExpertInnenbefragung

4.2.1. Befragung Teil 1

In Abbildung 24 ist ersichtlich, wie die ExpertInnen grundsätzlich zu den verschiedenen Indikatoren stehen, die Ihnen in der ersten Befragung vorgelegt wurden. Den ExpertInnen wurde die Frage gestellt, ob Sie die aufgeführten Kriterien zur Messung des zugehörigen Indikators für plausibel erachten. Die Indikatoren wurden am Anfang eingeteilt in Erreichbarkeit und Zugänglichkeit, Attraktivität und Ungestörtheit. Erst im zweiten Teil wurde die Kategorie Attraktivität in Natürlichkeit und Gewässerraumnutzung aufgeteilt. Die von den ExpertInnen eingereichten Fragebögen sind dieser Arbeit elektronisch beigefügt.

Wie in Tabelle 3 ersichtlich ist, sind die Kriterien in der Kategorie Erreichbarkeit und Zugänglichkeit (Kriterien 1-3) die Distanz zu Gebäuden und dem Strassen- und Wegnetz sowie die Steigung des Geländes im Uferbereich und der ÖV-Güteklasse. Letztere kam erst später hinzu und fehlt in Abbildung 24. Die ExpertInnenzustimmung für die Indikatoren der ersten Kategorie ist ausser für die Ufersteigung relativ hoch.

Die Kriterien (4 – 9) Verbauungsgrad, Materialien und Breiten- und Tiefenvariabilität, Landnutzungsklasse und Schutzgebiete gehörten in der ersten Befragung der Kategorie Attraktivität an. Vor allem ExpertIn 2 steht den ersten drei Kriterien dieser Kategorie relativ kritisch gegenüber. Auch ExpertIn 1 scheint betreffend dem Verbauungsgrad sowie Breiten- und Tiefenvariabilität Vorbehalte zu haben. Der Uferzustand (Kriterium 6) wurde im ersten Befragungsteil ebenfalls aufgelistet, den ExpertInnen war jedoch nicht verständlich, was dieser genau messen sollte und wurde deshalb von fast allen ExpertInnen nicht beurteilt. Deshalb wurde dieses Kriterium weggelassen. Bei den übrigen Indikatoren scheinen sich die ExpertInnen einig zu sein und erachten die Indikatoren grundsätzlich für plausibel.

An dieser Stelle wird auf die Kommentare der ExpertInnen zu den Indikatoren 1 bis 3 eingegangen. Mit Expertin 1 wurde bereits die Kriterien-Auswahl in einem Gespräch ausgewertet, während die anderen ExpertInnen ihre Antworten auf elektronischen Weg einreichten. Für Expertin 1 waren die Ausführungen zu den Indikatoren etwas zu knapp und dadurch unklar, was schlussendlich in der Modellierung gemessen werden würde: «...es stellt sich die grundsätzliche Frage, was man messen will, die Distanz oder der verfügbare Raum? Misst man die Distanz dann sollten es nicht mehr als 400m sein, danach wird meistens auf den öffentlichen Verkehr umgestiegen.». Der Expertin erschienen die Indikatoren etwas zu allgemein: «...es müssen immer verschiedene Aspekte berücksichtigt werden...». Expertin 1 sprach die Erlebbarkeit des Gewässers an, wofür die Strassen oder Wege nicht mehr als 50m entfernt sein sollten. Ausserdem sollte man sich auf Strassen und Wege beschränken, welche für die (Nah-)Erholung geeignet seien. Verschiedene Nutzergruppen hätten ausserdem unterschiedliche

Ansprüche und Nutzungskonflikte seien auch vom Platz d.h. der Strassenbreite abhängig. Expertin 1 war der Meinung, dass die Indikatoren wohl eher für ländliche Gebiete geeignet seien, da in städtischen Gebieten die Situation komplexer und vielfältiger sei.



Abbildung 24: Ergebnisse der ersten Befragung bezüglich der Plausibilität der aufgestellten Indikatoren. Zustimmungsebene wird anhand von „trifft nicht zu“, „trifft eher nicht zu“, „trifft eher zu“ und „trifft zu“ und „trifft vollständig zu“ gemessen.

Experte 2 war der Meinung, dass die Zugänglichkeit von Fließgewässern vor allem von der konkreten Ausgestaltung des Uferbereiches abhängig sei. Durch bauliche Massnahmen könnte auch eine stark abfallende Uferböschung zugänglich gemacht werden. Als Beispiel nennt der Experte den Wipkingerpark in Zürich. Dieser Aspekt sei nicht in den Indikatoren wiederzufinden, es scheint jedoch auch keine Daten zu geben, um diese Ausgestaltungen messen zu können.

Expertin 3 merkt bezüglich des Indikators Ufersteigung an, dass die Ausprägung der Vegetation am Ufer eine sehr wichtige Rolle bei der Zugänglichkeit zum Fließgewässer spiele: «...ein dicht bewachsener, flacher Uferstreifen ist weniger zugänglich, als ein steiler Uferbereich, der mit Tritten oder Stufen versehen ist.» Auch Experte 4 macht dieselbe Anmerkung, dass die Vegetation zwischen dem Fließgewässer und dem Weg berücksichtigt werden sollte.

Neben der Kommentierung der Indikatoren 1 – 3 konnten die ExpertInnen weitere Indikatoren vorschlagen. Expertin 1 war der Meinung, dass die Nähe zu ÖV-Haltestellen relevant wäre. Ausserdem

sollte vielleicht der Motorisierte Individualverkehr (MIV) in die Modellierung miteinbezogen werden. Expertin 3 war ebenfalls der Meinung, dass die Nähe zu ÖV-Haltestellen ein wichtiges Kriterium wäre.

Anstelle der Distanz zu Gebäuden sollte gemäss Experte 2 die Reisezeit berücksichtigt werden, denn die Erholungssuchenden würden auch den MIV, ÖV oder das Fahrrad benutzen. Ausserdem macht Experte 2 eine Anmerkung betreffend der Nutzergruppen. Ausserhalb des Siedlungsgebietes seien vermutlich eher Wanderer als Spaziergänger anzutreffen, für welche die Erreichbarkeit und Zugänglichkeit weniger wichtig sei. Aus diesem Grund sei die Erreichbarkeit und Zugänglichkeit wohl eher innerhalb der Siedlungs- und Stadtquartiere relevant.

Experte 4 war der Meinung, dass es neben der reinen Distanz der Strassen- und Wege zum Fließgewässer, eine Rolle spiele, ob die Wege «parallel» zum Fließgewässer verlaufen. Parallele Strassen und Wege seien viel attraktiver als quer verlaufende Wege und sollten deshalb gegenüber anderen Strassen übergewichtet werden.

Als nächstes wird zusammengefasst, welche Vorbehalte die ExpertInnen gegenüber dem Indikator Attraktivität (bzw. Natürlichkeit und Gewässerraumnutzung) hatten. Expertin 1 war der Meinung, dass Attraktivität sehr unterschiedlich je nach Person oder Nutzergruppe beurteilt werden würde. Die Kriterien 4 bis 7 würden in städtischen Gebieten wahrscheinlich schlecht bewertet werden. Dies müsste irgendwie berücksichtigt oder kompensiert werden. Vielleicht könnten städtische Gebiete exemplarisch detailliert untersucht werden. Expertin 1 nennt diesbezüglich jedoch keinen konkreten Umsetzungsvorschlag. Die Kriterien 8 und 9 werden von Expertin 1 als plausibel erachtet. Es sei jedoch weiterhin schwierig, die Attraktivität aufgrund dieser Kriterien zu beurteilen, weil die Attraktivität abhängig vom restlichen Umfeld des Fließgewässers sei. Ausserdem läge es im Auge des Betrachters, was schön sei und was eher nicht.

Laut Experte 2 sei es nicht so, dass naturnahe Fließgewässer zwingend eine höhere Attraktivität hätten als solche die eher naturfremd seien. Die Attraktivität sei vielmehr eine Frage der Identität, des räumlichen- und städtebaulichen Umfeldes und der konkreten Gestaltungs- und Aufenthaltsqualität des jeweiligen Gewässerabschnittes. Ein gutes Beispiel hierfür sei der Schanzengraben in Zürich. Der Gewässerraum trage viel zur Lesbarkeit der Stadtstruktur bei und sei ausserdem auch durch seine Geschichte ein identitätsstiftendes Element. Der frühere Wassergraben der Stadtbefestigung sei zwischenzeitlich zwar ein abweisender Fabrikkanal gewesen, heute sei dieser jedoch eine beliebte Erholungs-oase in der Innenstadt von Zürich. Das Fehlen der Breiten- und Tiefenvariabilität sowie das Vorhandensein einer dichten Bebauung der Sohle und einem vollständig verbauten Böschungsfuss (Mauer, dicht) und ohne Uferbereich rechts und links, habe keine negativen Auswirkungen auf die Attraktivität dieses Gebietes. Basierend auf den aufgelisteten Indikatoren würde der eben

beschriebene Fliessgewässerabschnitt wahrscheinlich schlecht bewertet werden, obwohl das Gegenteil der Fall sei.

Ausschlaggebend sei gemäss Expertin 3 nicht nur der Verbauungsgrad und das Material, sondern auch die Art der Verbauung bzw. die bauliche Umsetzung. So könnten auch undurchlässige Verbauungen unter Umständen attraktiv sein, da so der Zugang zum Gewässer ermöglicht werden würde. Als Beispiele werden Buhnen genannt. Hingegen könnten durchlässige Wurzelstöcke oder Faschinen eher den direkten Zugang zum Fliessgewässer erschweren und so weniger attraktiv wirken. Es würde wiederum auf die Nutzergruppe ankommen d.h. ob Erholungssuchende direkt ans Fliessgewässer möchten oder nur als Spaziergänger das Fliessgewässer aus einiger Distanz betrachten würden. Für reine Spaziergänger seien wohl durchlässige Verbauungen attraktiver. Bezüglich Kriterium 10, den Schutzgebieten, macht Expertin 3 die Bemerkung, dass grundsätzlich die Attraktivität der Landschaft in Schutzgebieten wahrscheinlich höher sei als in anderen Gebieten. Auf das Fliessgewässer bezogen, müsse dies aber nicht unbedingt zutreffen, denn gerade wegen des Schutzgebietes könne das Fliessgewässer weniger sichtbar und zugänglich sein und somit an Attraktivität verlieren.

Experte 4 weist darauf hin, dass in vergangenen Untersuchungen herausgefunden werden konnte, dass von den Erholungssuchenden eher ein Ufer ohne viel Vegetation gegenüber eines stark bewachsenen Ufers bevorzugt werden würde (Bögli 2015).

Kriterien, welche gegenüber den bereits genannten ebenfalls oder besser zur Messung der Attraktivität des Fliessgewässers geeignet sein könnten, wurden verschiedene erwähnt. Experte 2 war der Ansicht, dass es wünschenswert wäre, wenn verschiedene architektonische und städtebauliche Faktoren in die Modellierung miteinfließen könnten: Die Bedeutung als identitätsstiftender Raum, die Unverwechselbarkeit, die Qualität des ortsbaulichen und städtebaulichen Kontexts sowie die Orientierung der Gebäude, Sichtbeziehungen, die Qualität der Uferbebauung (Qualität und Wertigkeit der Materialien und Dimensionierung), Qualität des Fusswegnetzes (z.B. direkte Verbindungen und lange Abschnitte ohne trennwirkende Elemente), hoher Gehkomfort, Breite des Fusswegs, Steigungen und Höhendifferenz, Eignung für Einzelpersonen und Gruppen, verschiedene Altersklassen, Menschen mit Behinderung, Nutzer von fahrzeugähnlichen Geräten (Kinderwagen), bis hin zum Belag seien gemäss Experte 2 relevante Aspekte für die Erholung. Experte 2 merkte jedoch an, dass er keine Möglichkeit sehe, diese Faktoren in eine grossräumige Modellierung der Erholungspotenzial mit einfließen zu lassen.

Als mögliche Ergänzungen nennt Experte 4 die Fliessgeschwindigkeit sowie die Abflussmenge des Fliessgewässers. Diese seien besonders wichtig, um die Auswirkungen auf die *Soundscape* beurteilen zu können.

Als nächstes werden die Anmerkungen der ExpertInnen zu den Indikatoren 10 und 11 zur Quantifizierung der Ungestörtheit erläutert. Experte 2 merkt an, dass eine ARA eine Geruchsbelastung darstellen könne, dies jedoch nicht immer effektiv der Fall sei, z.B. Aufgrund von Hindernissen. Die Sichtbarkeit der Lärmquellen sollte gemäss Experte 4 vielleicht ebenfalls miteinbezogen werden. Ausserdem führt Experte 4 seine Bemerkung betreffend der *Soundscape* aus. Das Erholungspotenzial eines Fließgewässers mit einem hohen Eigensound könnte weniger unter Strassenlärm leiden, als dies an einem Fließgewässer mit geringem Eigensound der Fall wäre.

Es wurden ebenfalls einige Indikatoren genannt, welche als Störungen erachtet werden und deshalb in die Modellierung miteinbezogen werden könnten. Expertin 1 würde Nutzungskonflikte als wichtigen Störungsfaktor erachten, sieht jedoch keine Möglichkeit dies in Form von verfügbaren Daten in die Modellierung einfließen zu lassen. Experte 2 macht die Anmerkung, dass Hindernisse berücksichtigt werden könnten. Die Fusswege sollten über möglichst lange Strecken durchgängig sein.

Experte 4 würde stark befahrene Strassen, welche entlang des Fließgewässers verlaufen, als zusätzlichen Störfaktor miteinbeziehen.

Gewässerbezogene Aktivitäten wurden in der Modellierung, wie in Tabelle 3 ersichtlich ist, nicht separat behandelt. Die ExpertInnen waren der Meinung, dass die Aktivitäten nach Nutzergruppen getrennt werden sollten. Einige Aktivitäten welche für die Nutzergruppe Spaziergänger und Wanderer relevant seien, könnten mit den anderen Indikatoren verrechnet werden. Unter diese Aktivitäten fallen z.B. Picknicken (Rastmöglichkeiten, Feuerstellen) und Schwimmen (Flussbäder). Expertin 3 erwähnt, dass für Fussgänger und Velofahrer auch Verpflegungsmöglichkeiten wie Kioske, Restaurants und Besenbeizen wichtig seien. Experte 4 macht darauf aufmerksam, dass eine starke Erholungsnutzung von gewissen Nutzergruppen, welche Kontemplation und Naturnähe suchen, als negativ empfunden werden könnte.

Neben dem Erholungspotenzial, welches die Angebotsseite repräsentiert, soll die potenzielle Nachfrage ebenfalls gemessen werden. Im ersten Fragebogen wurden die Kategorien Benutzung und Popularität verwendet. Unter Benutzung fiel die Bevölkerungsdichte (die Beschäftigtendichte wurde nicht von Anfang an verwendet) und als Popularität sollten Metadaten von georeferenzierten Flickr Fotos als Kriterium herangezogen werden.

Vorbehalte bezüglich des Indikators Bevölkerungsdichte gab es fast keine. Experte 4 erwähnt, dass die Bevölkerungsdichte später noch mit dem nutzbaren Potenzial an Flüssen und Erholungsgebieten in Bezug gesetzt werden sollte. Damit meint er, dass der Nutzungsdruck am Fließgewässer mit dem restlichen Angebot an Erholungsflächen in Verbindung steht. Experte 2 fand, dass Beschäftigte vor allem über die Mittagspause potenzielle Erholungssuchende seien. Zum Indikator Flickr-Fotos, gab es

keine Bemerkungen, nur Experte 4 hat explizit erwähnt, dass dies eine interessante Ergänzung zur Bevölkerungsdichte sein könnte.

Andere Indikatoren, welche für die Messung der Nachfrage geeignet wären, wurden von Experte 4 in Form von der ÖV-Zugänglichkeit (S-Bahn Station in der Nähe) genannt. Dies wurde von anderen ExpertInnen jedoch unter Erreichbarkeit und Zugänglichkeit bereits erwähnt. Expertin 1 erwähnt, dass empirisch erhobene Nutzerzahlen am besten geeignet wären, um die Nachfrage zu berechnen, sie war sich jedoch bewusst, dass solche Erhebungen nur sehr punktuell vorhanden sind (z.B. für die Limmat oder den Glattpark) (Mönnecke et al. 2006; Bögli 2015).

Am Schluss des Fragebogens hatten die ExpertInnen die Möglichkeit, zusätzliche Anmerkungen anzubringen.

Zum Strassen- und Wegnetz hatte Expertin 1 ergänzt, dass die Breite, der Zustand, die Vielfältigkeit, mögliche Aktivitäten bis hin zur Beleuchtung einen Einfluss auf das Erholungspotenzial haben würden. Die Aufenthaltsdauer der Erholungssuchenden sei ebenfalls relevant. Zudem betont Expertin 1 die unterschiedliche Bedeutung der Erholung zwischen dem ländlichen und städtischen Gebiet und fände es wichtig, diese in die Modellierung miteinzubeziehen. Sie verweist darauf, dass die Berücksichtigung aller Aspekte sehr wahrscheinlich nicht möglich und deshalb eine Einschränkung notwendig sei.

Konkrete Vorschläge bezüglich der Ergänzung von Indikatoren macht Experte 2. Er schlägt vor, dass die Dichte des Fussverkehrsnetzes mitsamt den Querungsmöglichkeiten über das Fließgewässer geeignet wäre, das Erholungspotenzial zu messen. Attraktionen und Freizeiteinrichtungen wie z.B. Parkanlagen, Spielplätze und Restaurants, welche sich entlang des Fließgewässers befänden könnten als Indikatoren mit einfließen. Ausserdem wäre der Aspekt Sicherheit ebenfalls relevant.

Sofern die Nutzergruppe Fahrradfahrer in der Modellierung berücksichtigt werden sollen, so Expertin 3, wäre es notwendig die Kriterien anders zu gewichten und es bräuchte Ergänzungen. Für Fahrradfahrer spiele die Verbindung von Routen eine wichtige Rolle, ausserdem ist ein Abschnitt für die Erholung irrelevant, wenn keine Strasse oder Weg vorbeiführt, auch wenn der Abschnitt aufgrund der anderen Kriterien hoch bewertet werden würde.

Die Nutzergruppen werden auch von Experte 4 angesprochen. Seiner Meinung nach seien Jogger und Fahrradfahrer bezüglich Attraktivität weniger anspruchsvoll als Spaziergänger was ästhetische Aspekte anbelange. Falls Fahrradfahrer berücksichtigt würden, wäre es notwendig, dass die Distanzen weniger ins Gewicht fallen würden. Das *Crowding* wird von Experte 4 als möglicher Faktor angesprochen. Es müsste berücksichtigt werden, ab welchem Niveau die Nutzungsdichte als störend empfunden werden würde. Als weiteren Punkt spricht Experte 4 die Umgebungsnutzung an. Seiner Ansicht nach ist es relevant, wie naturnah die Umgebung des Fließgewässerabschnittes ausfällt.

Wie dieses Kapitel aufgezeigt hat, gab es bereits im ersten Befragungsteil differenzierte und kritische Rückmeldungen zur Auswahl der Indikatoren und deren Kriterien. Die Komplexität dieser Thematik wird aufgrund der Zusammenfassung der Rückmeldung, von «nur» vier ExpertInnen, noch einmal verdeutlicht.

4.2.2. Schlussfolgerungen aus der Befragung Teil 1

Die erste ExpertInnenbefragung hat aufgezeigt, dass wie von Mieg & Näf (2005) erwähnt, jeder/jede ExpertIn z.B. aufgrund seiner alltäglichen beruflichen Erfahrungen, seine eigene Sichtweise auf die Thematik hat und die Fragen dementsprechend beantwortet.

Es stellte sich heraus, dass die ExpertInnen mehr über die Modellierung wissen wollten. Vor allem bei den Distanzmessungen war unklar, von wo aus und für wen die Distanz gemessen werden sollte. Die Idee der Modellierung war es, nicht Stichproben zu machen, womit die Distanzen nur eine Annäherung dafür sind, wie gut ein Fliessgewässerabschnitt schliesslich für einzelne Personen oder Haushalte konkret erreichbar sein würde. Eine sinnvolle Einschränkung wäre es, sich auf die Nutzergruppe Spaziergänger und Wanderer zu konzentrieren, welche vor allem Naherholungsräume suchen.

Dadurch, dass die ExpertInnen aufgrund ihres beruflichen Hintergrundes unterschiedliche Blickwinkel auf die Thematik haben, wurde oft auf den Unterschied zwischen städtisch und ländlich hingewiesen. Deshalb wurde entschieden, im zweiten Teil der Befragung, den ExpertInnen die Möglichkeit zu bieten, zwischen städtisch und ländlich bzw. zwischen Siedlungs- und «nicht Siedlungsgebiet» unterscheiden zu können. In Kapitel 3.6.7. wurde die Umsetzung im GIS besprochen.

Aufgrund der ExpertInnenrückmeldungen wurde der Indikator ÖV-Güteklassen hinzugefügt. Parkplätze für Autos und Fahrräder standen ebenfalls zur Auswahl. Für die Naherholung wurde jedoch darauf verzichtet.

Es stellte sich heraus, dass die Steigung des Ufers aufgrund der genannten anderen Faktoren, nur eine grobe Annäherung an die realen Bedingungen darstellen wird. Immerhin soll die Möglichkeit bestehen, im Siedlungsgebiet die Ufersteigung weniger stark zu gewichten oder gar nicht zu berücksichtigen. Um einen besseren Indikator zu entwickeln, der die Ufersteigung mit anderen Faktoren kombiniert, fehlte jedoch die Methode und die Zeit im Rahmen dieser Arbeit.

Zusätzlich zur Distanz des Fliessgewässers vom Strassen- und Wegnetz, sollen «parallel» zum Fliessgewässer verlaufende Strassen berücksichtigt werden. In Kapitel 3.6.2. wurde die GIS-Implementierung bereits besprochen.

Der Verbauungsgrad des Ufers und die verwendeten Materialien sind für die Ästhetik, aber auch für die Zugänglichkeit relevant. Dies ist ein Konflikt, denn es können nicht gleichzeitig beide Aspekte

berücksichtigt werden. Es wird sich deshalb auf die ästhetische Wirkung beschränkt wie sie auch in anderen Studien erforscht wurde (Junker & Buchecker 2008).

Der Indikator Attraktivität wurde geändert, denn es führte zu verschiedenen Äusserungen, dass jede Person etwas Anderes als attraktiv empfinden würde. Stattdessen wurden die Indikatoren Natürlichkeit und Gewässerraumnutzung erstellt. Unter die Gewässerraumnutzung werden zwei neue Kriterien, Verpflegungsmöglichkeiten und Infrastruktur gezählt. Unter Verpflegungsmöglichkeiten sollten u.a. Restaurants miteinbezogen werden, während unter Infrastrukturen Parkbänke, öffentliche Toiletten, Feuerstellen, Picknickplätze und Spielplätze zu verstehen sind. Die Aktivitäten wurden somit nicht mehr einzeln gemessen, sondern im Indikator Gewässerraumnutzung miteinbezogen. Einzelne Aktivitäten wie Kanu- oder Bootfahren wurden aufgrund der Einschränkung auf Naherholungsgebiete und die Nutzergruppe Spaziergänger und Wanderer nicht mehr berücksichtigt. Für die Erholung im Allgemeinen spielen die Aktivitäten jedoch eine wichtige Rolle (siehe Tabelle 3).

Weitere Vorschläge konnten einerseits aus zeitlichen Gründen nicht miteinbezogen werden. Beispielsweise wäre das Erarbeiten von Faktoren, die die *Soundscape* ausmachen und deren Umgestaltung in einen bewertbaren Indikator zu aufwändig. Andererseits waren zum Teil schlichtweg keine Daten zu den wünschenswerten Indikatoren vorhanden. Bezüglich der Ungestörtheit wurde die Sichtbarkeit erwähnt. Nach einigen Tests wurde darauf verzichtet, weitere Untersuchungen bezüglich Sichtbarkeit zu machen, denn die Sichtbarkeitsanalyse ist wiederum ein weites Feld und hätte den Rahmen der Arbeit noch mehr ausgedehnt. Die Kategorie Ungestörtheit wurde um den Indikator grosse «parallele» Strassen erweitert, denn die Methode war gleich wie für die Messung der kleinen und mittleren «parallelen» Strassen umsetzbar. Hindernisse wurden oft genannt und würden ein weiteres grosses Gebiet für zusätzliche Untersuchungen (geeignete Methoden) eröffnen. Daten zu Durchgängigkeitsstörungen in Gewässern sind in Form der Ökomorphologieerhebungen vorhanden. Methoden um Hindernisse für die Erreichbarkeit der Fliessgewässer miteinzubeziehen, wurde im Rahmen dieser Arbeit nicht nachgegangen. Es müsste klar definiert werden, welche Hindernisse gemeint sind und inwiefern diese als Indikatoren überhaupt gemessen werden könnten, was wiederum den zeitlichen Rahmen überschritten hätte. Das *Crowding* wäre auch für die Naherholung relevant, es konnte jedoch innert nützlicher Zeit keine Methode gefunden werden, mit welcher dies messbar wäre, vor allem für den gesamten Kanton Zürich.

Neben dem Erholungspotenzial, welches das Angebot repräsentiert, wurde vorgeschlagen, die Nachfrage mit der Bevölkerungsstatistik und Flickr Fotos zu repräsentieren. Die ExpertInnen betonten, dass es wichtig wäre, neben der Bevölkerungsstatistik ebenfalls die Anzahl Beschäftigte in der Nachfrage miteinzubeziehen. Grundsätzlich wurden die Flickr Fotos als interessante Ergänzung angesehen, in dieser Arbeit werden die Flickr Daten jedoch nicht berücksichtigt. Es wurde ebenfalls

erwähnt, dass der Nutzungsdruck berücksichtigt werden sollte. Dieser sei neben dem Erholungsangebot des Fließgewässers vom umliegenden Naherholungsangebot abhängig. Expertin 1 ging der Ansatz, die Nachfrage aufgrund der Bevölkerungsdichte zu messen zwar in die richtige Richtung, jedoch sei es wichtig nicht nur die Bevölkerungsdichte, sondern auch den Versorgungsgrad zu beachten. Neben dem qualitativen müsse auch der quantitative Aspekt berücksichtigt werden.

Die ExpertInnenbefragung hat gezeigt, dass die Indikatoren von den ExpertInnen unterschiedlich interpretiert werden. Manche Verbesserungsvorschläge und Anmerkungen sind für die Bewertung des Erholungspotenzials durchaus relevant, würden jedoch über die in dieser Arbeit angewandte Methodik, deren Kern die MCDA ist, hinausgehen. Es wird später aufgezeigt, inwiefern das Erholungspotenzial mit dieser Methode gemessen werden kann und die von den ExpertInnen aufgezeigten Punkte müssen bei der Beurteilung und in der Diskussion wieder aufgegriffen werden.

4.2.3. Befragung Teil 2 Bewertungsfunktionen

In den Abbildungen 25 – 32 werden alle Bewertungsfunktionen für die Standardisierung der «physischen» Kriterienwerte aufgezeigt. Wie die Bewertungskurven ausgewertet wurden, wird in Kapitel 3.5.1. erklärt. Nicht immer bewerteten ExpertInnen alle Indikatoren und nicht immer unterschieden diese zwischen Siedlung und «nicht Siedlungsgebiet». Die im Diagramm aufgeführten Bewertungskurven zeigen auf, wie sich der Mittelwert zusammensetzt. In Klammern wird aufgezeigt, ob die Bewertungskurve für die Siedlung (S) oder «nicht Siedlungsgebiet» bzw. Land (L) gilt. Dort wo ExpertInnen im Diagramm fehlen haben diese keine Kurve gezeichnet und der Mittelwert musste aufgrund der anderen ExpertInneneinschätzungen berechnet werden.

Bei Kriterium 1 waren sich die ExpertInnen relativ einig darüber, wie die Distanz bewertet werden sollte (siehe Abbildung 25). Einige ExpertInnen fanden, dass die Erreichbarkeit und Zugänglichkeit nicht direkt zum Erholungspotenzial gezählt, sondern getrennt ausgewiesen werden sollte. Die maximale Distanz von 1000m wurde von einigen ExpertInnen als zu gering angesehen. Dies kann daran liegen, dass die ExpertInnen die Distanz anders interpretierten, nämlich als die Distanz welche ein einzelner Spaziergänger zu Fuss zurücklegen würde. Die mittlere Distanz zwischen Fließgewässer und Gebäuden liegt im Kanton Zürich bei ca. 500m, weshalb eine Distanz von 1000m ausreicht. Der Unterschied zwischen Siedlungs- und «nicht Siedlungsgebiet» ist gering, die Bewertung wurde jedoch aufgeteilt, da die ExpertInnen 1 und 2 zwei Bewertungskurven einzeichneten. Die Distanz wurde im Durchschnitt so bewertet, dass mit zunehmender Distanz bis zu einem Wert von 200m der Wert relativ stark abnimmt und danach die Kurve etwas abflacht.

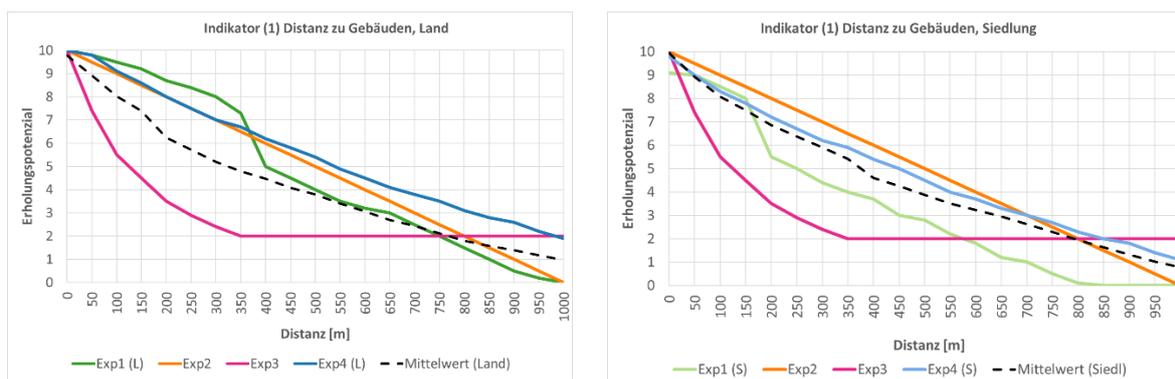


Abbildung 25: Bewertungsfunktionen für die Distanz zu Gebäuden (Kriterium 1).

In Kriterium 2a wird nicht zwischen Siedlung und «nicht Siedlungsgebiet» unterschieden. Abgesehen von Experte 2, sind sich die Bewertungskurven sehr ähnlich. Für Kriterium 2b bewerteten die ExpertInnen die Strassenkategorien A, B, C und D (siehe Abbildung 26). Kategorie A sind kleinere und mittlere, für den Langsamverkehr grundsätzlich nutzbare Strassen, die «parallel» zum Fließgewässer verlaufen, Kategorie B beinhaltet nur kleine und mittlere Strassen, ohne dass diese «parallel» zum Fließgewässer sein müssten, Kategorie C beinhaltet grössere, für den Langsamverkehr ungeeignete Strassen und Kategorie D «parallel» verlaufende grosse Strassen. Kriterium 2b wurde bei der Modellierung etwas abgeändert, d.h. es wurden nur die Kategorien A und D berechnet. Ausserdem wurde die Kategorie D später zum Indikator Ungestörtheit gezählt. Die ExpertInnen waren sich einig darüber, dass Kategorie A einen hohen Wert und Kategorie D einen niedrigen Wert erhalten sollten. Es gab unterschiedliche Meinungen darüber, was genau unter den Strassenkategorien zu verstehen ist und wie diese genau modelliert werden sollten.

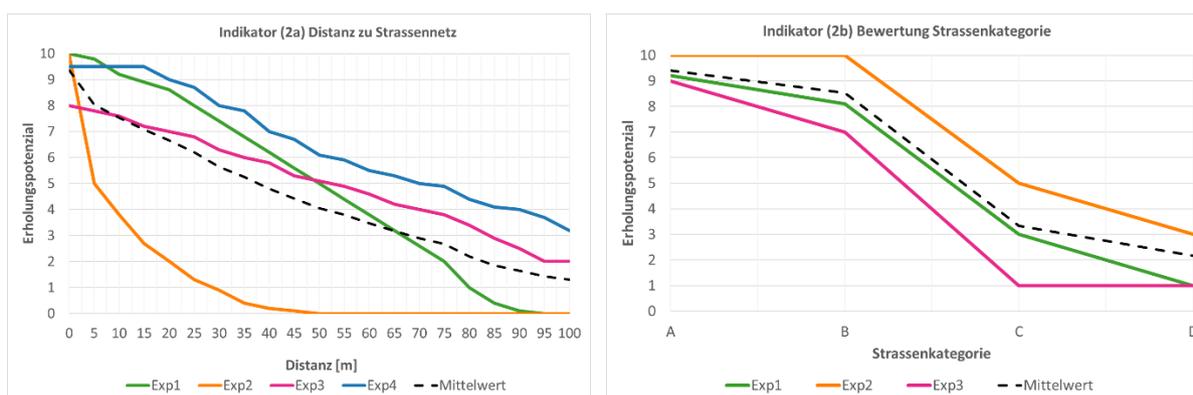


Abbildung 26: Bewertungsfunktionen für die Distanz zum Strassennetz und der Strassenkategorien (2a und 2b).

Zum Indikator Erreichbarkeit und Zugänglichkeit zählen ausserdem die in Abbildung 27 abgebildeten Kriterien. Die Geländesteigung des Uferbereiches, Kriterium 3, wurde von den ExpertInnen durchschnittlich so bewertet, dass eine geringe Steigung bis zu ca. 15 bis 20 Grad das Erholungspotenzial nicht verschlechtert. Ab einer gewissen Steigung des Ufers soll sich das Erholungspotenzial jedoch verringern. Experte 4 war der Meinung, dass eine geringe Steigung sogar besser wäre, als ein allzu flaches Terrain, denn dies könnte eine bessere Sicht auf das Gewässer

ermöglichen. Aus diesem Grund weicht die Bewertungskurve dieses Experten etwas mehr von den anderen Bewertungskurven ab. Auch hier wurde nicht zwischen Siedlung und «nicht Siedlung» unterschieden. Bei den verschiedenen ÖV-Güteklassen, Kriterium 4, wurden die Bewertungskurven eher flach gezeichnet. Dies ist darauf zurückzuführen, dass die meisten ExpertInnen der Meinung waren, dass das grundsätzliche Vorhandensein des ÖV-Angebots wichtiger sei, als die spezifische Erschliessungsklasse. Gebiete ohne ÖV-Güteklasse wurden mit 0 bewertet. Die Bedeutung der ÖV-Kategorien (A bis F) wurden in Kapitel 3.6.2. bereits besprochen.

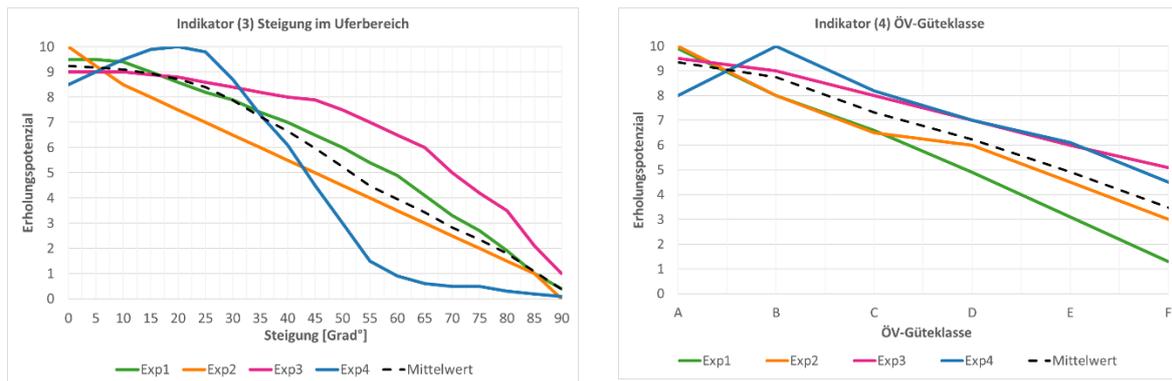


Abbildung 27: Bewertungsfunktionen für die Steigung im Uferbereich und der ÖV-Güteklasse (Kriterium 3 und 4).

Kriterien 5a und 5b umfassen mit dem Verbauungsgrad der Sohle, des Uferbereiches und den Materialien, aus welchen die Sohle und Uferböschung bestehen, gleich mehrere Aspekte der Ökomorphologie (siehe Abbildung 28). Damit die Bewertung nicht zu lange dauerte, wurden diese Aspekte in je zwei Bewertungskurven (Siedlung, «nicht Siedlung») zusammengefasst. In der ersten ExpertInnenbefragung wurde bereits deutlich, dass einige ExpertInnen diesem Kriterium eher vorsichtig gegenüberstanden. Die Gründe für Ihre Bedenken äusserten die ExpertInnen auch bei der zweiten Befragung. Zum Verbauungsgrad der Sohle und des Ufers äusserten alle ExpertInnen Ihre Meinung, wobei Experte 2 diesen Aspekt nur für ländliche bzw. «nicht Siedlungsgebiete» als relevant erachtete. Für ländliche, «nicht Siedlungsgebiete» ist zu erkennen, dass starke Verbauungen gegenüber wenig verbauten Fließgewässern besser bewertet werden. Innerhalb von Siedlungsgebieten bewerten die ExpertInnen den Verbauungsgrad wesentlich vorsichtiger, was aufgrund der in Kapitel 4.2.2. bereits erwähnten Gründen nachvollziehbar ist. Es wird jedoch angenommen, dass sich eine stärkere Verbauung negativ auf das Erholungspotenzial auswirkt. Die unterschiedlichen Materialien zu bewerten, erwies sich als schwierig, denn nur wenige ExpertInnen wollten sich auf eine unterschiedliche Bewertung der Materialien einlassen. Expertin 3 hatte Ihre Vorbehalte ebenfalls geäußert, sah jedoch eine Tendenz in der Attraktivität der verschiedenen Materialien, was sich in der Bewertungskurve abzeichnet. Undurchlässige Materialien wie z.B. Beton erhalten eine tiefe, Natursteine oder lebend Verbau eine eher hohe Bewertung. Experte 2 war der Meinung, dass die Materialien nur ausserhalb des Siedlungsgebiets für eine Schätzung des

Erholungspotenzials eingesetzt werden können. Ausserdem sah er nur einen Unterschied zwischen lebend Verbau und den restlichen Materialien. Experte 4 war ebenfalls sehr vorsichtig bei der Beurteilung der Materialien und sprach durchlässigen Materialien gegenüber undurchlässigen nur einen geringfügig höheren Wert zu. Expertin 1 erachtete eine Beurteilung der Materialien für schwierig, oder wenig aussagekräftig. Im Siedlungsbereich würde sie jedoch Beton als wesentlich unattraktiver als Steinmauern einschätzen.

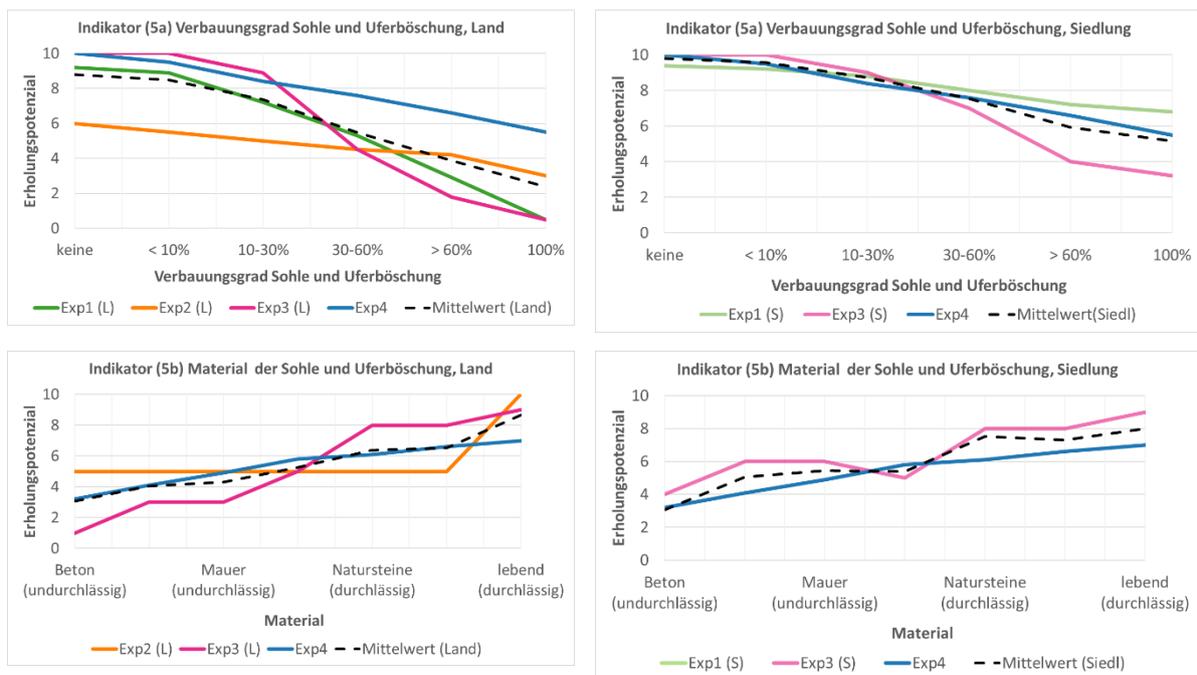


Abbildung 28: Bewertungsfunktionen für den Verbauungsgrad der Sohle und Uferböschung und den Materialien.

Ein weiterer Aspekt der Natürlichkeit sind die Wasserspiegelbreiten- und Wasserspiegeltiefenvariabilität (siehe Abbildung 29). Diese wurde wiederum von fast allen ExpertInnen bewertet. Für nicht Siedlungsgebiet bzw. Land wurde wiederum eine deutlichere Bewertung als innerhalb des Siedlungsgebietes aufgezeichnet. Expertin 1 war zum Beispiel der Auffassung, dass innerhalb der Siedlung die Breitenvariabilität keinen Einfluss auf das Erholungspotenzial habe. Die übrigen ExpertInnen waren der Auffassung, dass es zwar einen Einfluss haben könnte, der Unterschied zwischen einer ausgeprägten Breitenvariabilität und keiner Variabilität jedoch wesentlich schwächer sei. Ähnlich wurde die Tiefenvariabilität beurteilt, wobei Experte 2 der Ansicht war, dass die Tiefenvariabilität keinen zusätzlichen Mehrwert bringen würde.

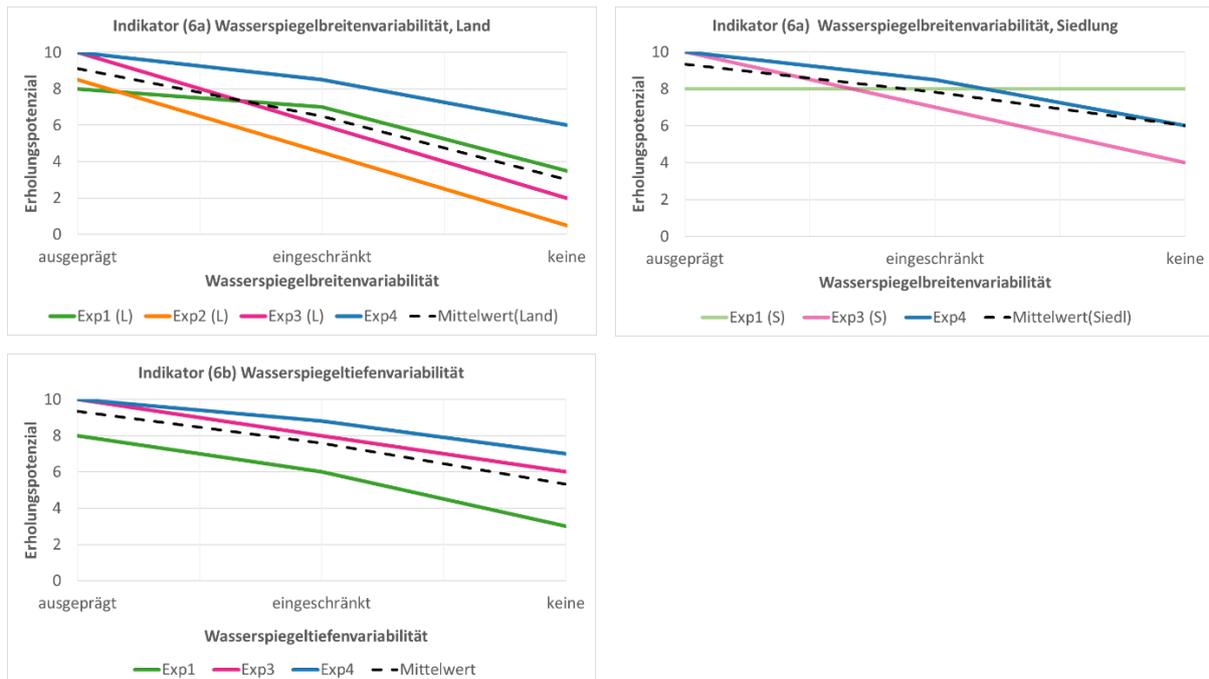


Abbildung 29: Bewertungsfunktionen für die Wasserspiegelbreiten- und Wasserspiegeltiefenvariabilität.

Die ersten Bewertungsfunktionen für die Gewässerraumnutzung sind in Abbildung 30 dargestellt. Betrachtet man die Bewertungskurven für Kriterium 7, Verpflegungsmöglichkeiten, wird erkennbar, dass die ExpertInnen sehr unterschiedliche Vorstellungen bezüglich deren Messung hatten. Auch mit einer Aufteilung zwischen Siedlung und «nicht Siedlung» werden die Unterschiede nicht merklich verringert. Die Unterschiede sind vor allem darauf zurückzuführen, dass jede ExpertIn eine unterschiedliche Art wählte, um aufzuzeigen, dass ihrer Meinung nach bei einer bestimmten Dichte an Verpflegungsmöglichkeiten eine Sättigung erreicht wird und der Wert ausserhalb des Siedlungsgebiets, ab einer gewissen Dichte sogar eher abnimmt. Wo diese Sättigungsgrenze ist, darin sind sich die ExpertInnen jedoch uneinig. Die Festlegung der Klassen in keine, niedrig, mittel und hoch liess den ExpertInnen zusätzlichen Spielraum für Interpretationen. Die mittlere Bewertungskurve wurde trotzdem beibehalten, weil sie den Trend eines zuerst zunehmenden Wertes bei zunehmender Dichte mit einem maximalen Wert bei einer mittleren Dichte und danach wieder leicht abnehmender Bewertung widerspiegelt. Innerhalb des Siedlungsraumes sind die Bewertungskurven sich etwas ähnlicher. Experte 4 möchte die Unterschiede nicht zu sehr betonen. Die übrigen ExpertInnen nehmen jedoch eine mit zunehmender Verpflegungsmöglichkeitendichte steigende Bewertungskurve an. Bei der Infrastrukturdichte weicht vor allem Experte 4 von den übrigen Bewertungskurven ab, weil er keinen grossen Unterschied zwischen einer niedrigen und mittleren bis hohen Dichte einzeichnet. Ausserdem ist er der Meinung, dass eine sehr hohe Infrastrukturdichte störend für Erholungssuchende sein könne. Expertin 1 zeichnet eine relativ flache Bewertungskurve auf, was in einem geringen Unterschied zwischen keiner und sehr hoher Infrastrukturdichte resultiert. Für die ExpertInnen 2 und 3 ergibt sich mit zunehmender Infrastrukturdichte ein höherer Erholungspotenzialwert.

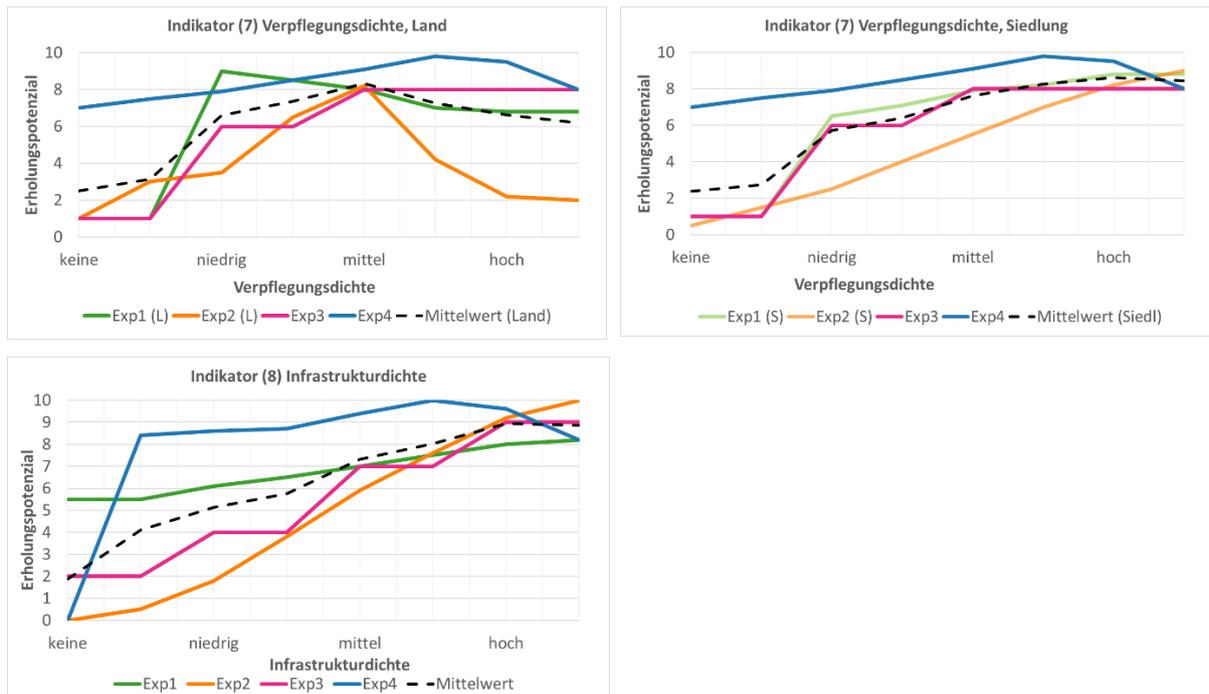


Abbildung 30: Bewertungsfunktionen für die Verpflegungs- und Infrastrukturdichte im Fließgewässerraum.

Die Kriterien Landnutzung und Schutzzone (siehe Abbildung 31), wurden als Säulendiagramme dargestellt, denn es handelt sich um unterschiedliche Kategorien. Während die Schutzzone fast durchgehend mit einem hohen Wert versehen wurden, gibt es bei der Landnutzung deutlichere Unterschiede. Die Klassen A (Industrie und Dienstleistungen), F (reine Industriezone) und G (Strassen und Verkehr) wurden niedrig bzw. als für die Erholung eher ungeeignet bewertet. Die Klassen C (Erholungs- und Freihaltezone), D (Landwirtschaftszone), E (Wald) und I (Fussgängerzone, später nicht berücksichtigt) wurden mit den höchsten Werten versehen. Die Wohnzone (B) wurde im mittleren Bereich eingestuft. Weil unter Klasse H verschiedene Zonen mit sehr unterschiedlicher Eignung fallen können (Schulareale, Flughafen, Bahnhof) gehen die ExpertInneneinschätzungen bei dieser Klasse auseinander, je nachdem wie die Klasse interpretiert wurde.

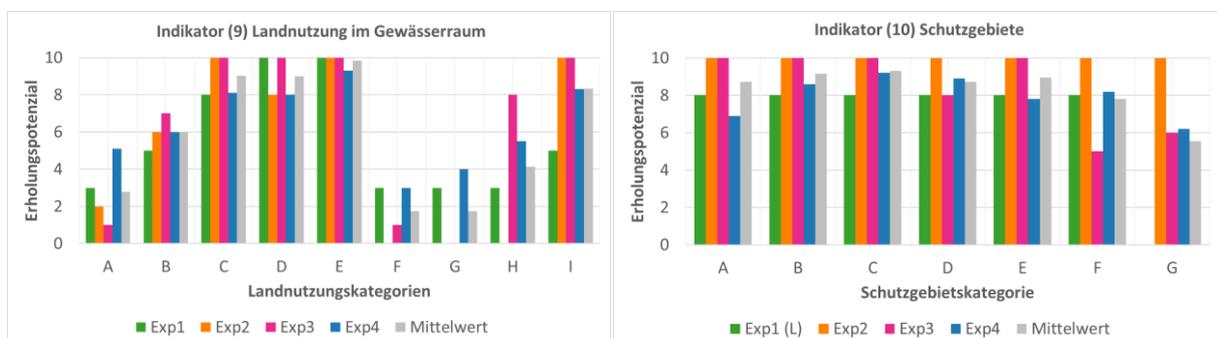


Abbildung 31: Bewertung der Landnutzungs- und Schutzzonekategorien.

Als letzten Indikator, Ungestörtheit, werden mögliche erholungsvermindernde Faktoren von den ExpertInnen bewertet. Für den Lärm, Kriterium 11, sind sich die Bewertungskurven sehr ähnlich.

Expertin 1 zeichnet für die Siedlungsgebiete, aufgrund der ihrer Meinung nach höheren Lärmtoleranz, eine weniger stark abfallende Bewertungskurve auf.

Bei Kriterium 12 wurde aufgrund der grossen Abweichung zwischen den ExpertInnen, Experte 2 ausgeschlossen da seine Bewertungskurve sich am deutlichsten von den übrigen unterschied. Bei den Kriterien 7 und 8 gehen die ExpertInnenmeinungen ebenfalls recht stark auseinander. Es konnte jedoch keine ExpertIn ausgeschlossen werden und deshalb wurde trotz den unterschiedlichen Bewertungskurven der Mittelwert gewählt. Kriterium 12, die Distanz zu Abwasserreinigungsanlagen, wird von Experte 2 ganz unterschiedlich bewertet als von den übrigen ExpertInnen, deshalb wird in diesem Fall die Mittelwerts Kurve nur aus den Bewertungskurven der ExpertInnen 1,2 und 4 gebildet.

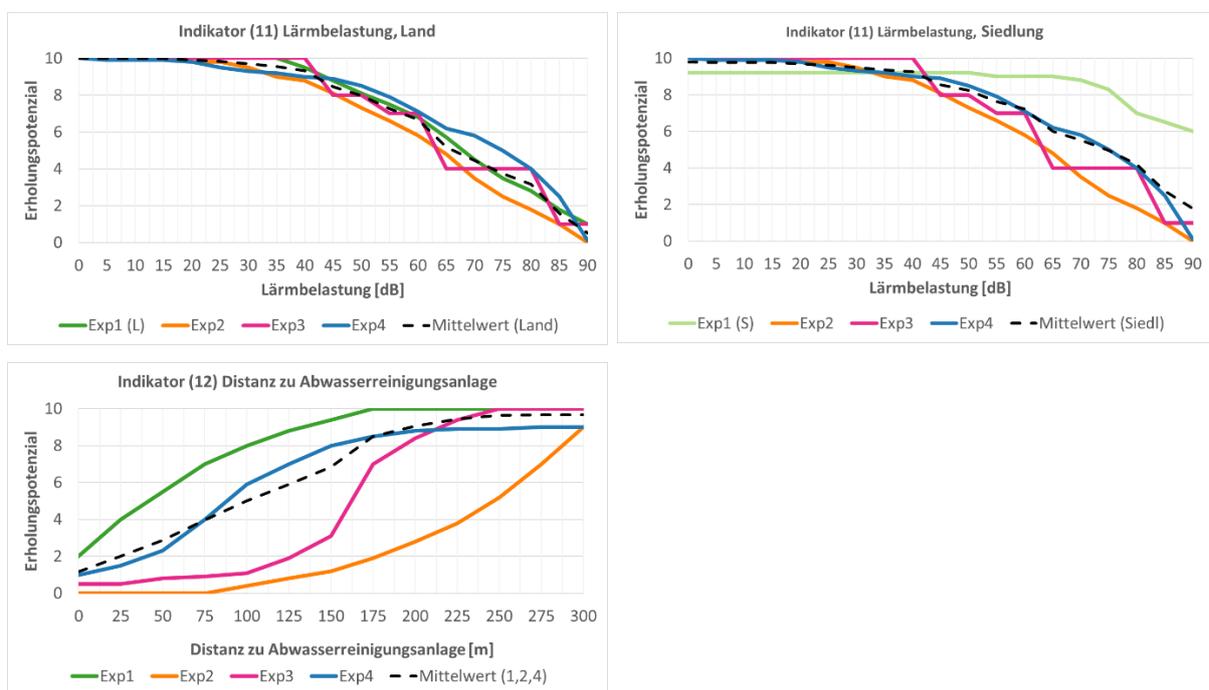


Abbildung 32: Bewertungsfunktionen der Lärmbelastung und Distanz zu Abwasserreinigungsanlagen

4.2.4. Befragung Teil 2 Gewichtungen

Neben den Bewertungsfunktionen haben die ExpertInnen die Indikatoren und Kriterien gewichtet wie bereits in Kapitel 3.3.3. besprochen wurde. Weil die ExpertInnen unterschiedliche Gewichtungen gesetzt hatten, wurden vier verschiedene Modellvarianten berechnet. Das Resultat der Gewichtungen der vier Modellvarianten ist in Tabelle 4 aufgeführt. Wie in den Methoden erklärt, wurden die einzelnen Gewichtungsentscheidungen (Paarweise Vergleiche) der ExpertInnen zusammengefasst. Eine Differenzierung zwischen Siedlung und Land wurde bei allen Gewichtungen vorgenommen. Die Varianten sind entstanden, da sich die ExpertInnen bezüglich der Gewichtungen bei der *Pairwise Comparison* zum Teil widersprachen. Beim Vergleich zwischen Erreichbarkeit und Zugänglichkeit und Natürlichkeit wurde von zwei ExpertInnen die Erreichbarkeit und Zugänglichkeit höher gewichtet als die Natürlichkeit, während die anderen ExpertInnen dies genau umgekehrt einschätzten. So verhielt

es sich bei der *Pairwise Comparison* zwischen Erreichbarkeit und Zugänglichkeit vs. Störung: ersterer Indikator wurde von zwei ExpertInnen höher gewichtet, die anderen tiefer. Dieselbe Situation ergab sich beim Vergleich zwischen Gewässerraum vs. Störungen, Distanz zu Gebäuden vs. Ufersteigung, Verpflegungsmöglichkeiten vs. Landnutzung sowie Infrastrukturen vs. Schutzgebiete. Ausserdem musste bei vielen Gewichtungen jeweils ein/eine ExpertIn ausgeschlossen werden, um eine einheitliche Gewichtung, d.h. entweder in der Tendenz wichtiger oder unwichtiger, zu erhalten. Jene Expertin, jeder Experte der mit seiner Gewichtung in der Minderheit war, wurde ausgeschlossen. Diese Vorkehrung ermöglicht eine Reduktion der Varianten, denn bereits vier verschiedene Varianten zu vergleichen erweitert die Arbeit. Bei der Erreichbarkeit und Zugänglichkeit gibt es keine Tendenz, was darauf hindeutet, dass die ExpertInnen bei der Gewichtung unterschiedliche Blickwinkel hatten. Die Natürlichkeit wird durchgehend im «nicht Siedlungsgebiet» höher gewichtet, die Gewässerraumnutzung ist hingegen in der Siedlung wichtiger.

	Gewichtung	Variante 1 Siedl./ Land	Variante 2 Siedl. / Land	Variante 3 Siedl. / Land	Variante 4 Siedl. / Land
Indikatoren	Erreichbarkeit & Zugänglichkeit	0,31 / 0,14	0,30 / 0,14	0,10 / 0,14	0,09 / 0,14
	Natürlichkeit	0,11 / 0,35	0,12 / 0,37	0,23 / 0,37	0,23 / 0,35
	Gewässerraumnutzung	0,29 / 0,10	0,40 / 0,16	0,40 / 0,16	0,27 / 0,10
	Ungestörtheit	0,29 / 0,41	0,18 / 0,33	0,27 / 0,33	0,40 / 0,41
	Distanz Gebäude	0,11 / 0,21	0,11 / 0,21	0,11 / 0,13	0,09 / 0,14
	Distanz Strassennetz	0,33 / 0,28	0,33 / 0,28	0,33 / 0,28	0,23 / 0,28
	Geländesteigung Ufer	0,18 / 0,13	0,18 / 0,13	0,18 / 0,22	0,18 / 0,22
	ÖV-Erschliessung	0,37 / 0,38	0,37 / 0,38	0,37 / 0,37	0,37 / 0,37
	Verbauungsgrad & Material	0,73 / 0,67	0,73 / 0,67	0,73 / 0,67	0,73 / 0,67
	Breiten- Tiefenvariabilität	0,27 / 0,33	0,27 / 0,33	0,27 / 0,33	0,27 / 0,33
Kriterien	Verpflegungsmöglichkeiten	0,22 / 0,12	0,23 / 0,12	0,23 / 0,20	0,22 / 0,20
	Infrastruktur	0,25 / 0,27	0,38 / 0,39	0,38 / 0,40	0,25 / 0,28
	Landnutzung	0,14 / 0,20	0,13 / 0,20	0,13 / 0,12	0,14 / 0,12
	Schutzgebiete	0,39 / 0,41	0,26 / 0,29	0,26 / 0,28	0,39 / 0,40
	Lärm	0,70 / 0,73	0,70 / 0,73	0,70 / 0,73	0,70 / 0,73
	Nähe zu ARA	0,30 / 0,27	0,30 / 0,27	0,30 / 0,27	0,30 / 0,27

Tabelle 4: Übersicht der durchschnittlichen ExpertInnen-Gewichtungen im AHP.

Die Ungestörtheit sowie die Distanz zu Gebäuden wird im «nicht Siedlungsgebiet» als wichtiger erachtet. Bei der Gewichtung der Distanz zu Strassen, der Steigung des Ufers, sowie der ÖV-Güteklasse und dem Verbauungsgrad, sind die Prioritäten für Siedlung und nicht Siedlung etwa gleich. Die Breiten- und tiefenvariabilität wird im «nicht Siedlungsgebiet» als etwas wichtiger eingestuft. Im Siedlungsgebiet spielen die Verpflegungsmöglichkeiten für die ExpertInnen eine wichtigere Rolle,

wobei die Infrastrukturen im Siedlungs- und «nicht Siedlungsgebiet» etwa gleich gewichtet werden. Für die Landnutzungsklassen kann keine Tendenz aufgezeigt werden, wobei die Schutzgebiete im Siedlungs- und «nicht Siedlungsgebiet» dieselbe Priorität erhalten.

Die Resultate aus der in Kapitel 3.3.3. besprochenen Konsistenzprüfung werden in Tabelle 5 aufgezeigt. Für jede Modellvariante wurde pro Gewichtungsmatrix ein Konsistenzwert berechnet. Die Richtwerte für $\alpha = 0.05, 0.2$ und 0.4 sind $4.14, 4.55$ und 5.1 (bei $N=4$) bzw. $2.14, 2.55$ und 3.1 (bei $N=2$) (Alonso & Lamata 2006). Ein Vergleich mit den Tabellenwerten zeigt, dass die zusammengefassten Gewichtungen selten sehr inkonsistent ausfielen, denn meistens liegen die Werte unter oder leicht über den kritischen Werten 4.14 respektive 2.14 , was ein Konsistenzniveau von 95% beträgt. Einige Gewichtungen liegen jedoch auch in einem Konsistenzbereich von 60%.

Konsistenzwert	Indikatoren Siedl	Indikatoren Land	E&Z Siedl	E&Z Land	Nat Siedl	Nat Land	Gewraumnu Siedl	Gewraumnu Land	Ungest Siedl	Ungest Land
Modellvar1	5.0	4.0	4.5	4.1	2.0	2.0	4.2	4.3	2.0	2.0
Modellvar2	4.3	4.4	4.5	4.1	2.0	2.0	4.2	4.2	2.0	2.5
Modellvar3	4.1	4.4	4.5	4.2	2.0	2.0	4.2	4.2	2.0	2.5
Modellvar4	4.5	4.0	4.5	4.2	2.0	2.0	4.2	4.3	2.0	2.5

Tabelle 5: Für die Gewichtungsmatrizen berechneten Konsistenzwerte. Die Richtwerte (λ_{max}) für $\alpha = 0.05$ und 0.2 sind 4.14 respektive 4.55 für $n=4$ und 2.14 respektive 2.55 für $n=2$.

Im folgenden Kapitel werden die Resultate der GIS-Analyse aufgezeigt. Es wurden im Methoden Teil bereits einige Zwischenergebnisse der verschiedenen Kriterien der Indikatoren aufgezeigt (siehe Kapitel 3.6.). Die im Rahmen der AHP anhand der Bewertungsfunktionen Gewichtungen abgeleiteten Erholungspotenzialwerte (siehe Kapitel 3.3.3.) werden für die vier Modellvarianten aufgezeigt.

4.3. Resultate der GIS-Modellierung

Das Endresultat der GIS-Analyse sind die Fließgewässerabschnitte für das «nicht Siedlungsgebiet» und für das Siedlungsgebiet. Den Fließgewässerabschnitten wurden einerseits die «rohen» Datenwerte zugeordnet, ausserdem sind die ungewichteten Kriterienwerte und natürlich die Erholungspotenzialwerte als Attribute in der Tabelle der Fließgewässerabschnitte (Geometriedaten im ArcGIS) enthalten. Zusätzliche Attribute sind die Breite des Fließgewässers am jeweiligen Abschnitt, sowie die potenzielle Nachfrage, d.h. die Wohnbevölkerung und Anzahl Beschäftigte.

4.3.1. Verteilung der Kriterienwerte

In Tabelle 6 und 7 sind die deskriptiven statistischen Kennwerte der Kriterienwerte der Fließgewässerabschnitte für das «nicht Siedlungsgebiet» ($n = 113'384 = \text{ca. } 2835\text{km}$) bzw. das Siedlungsgebiet ($n = 28'434 = \text{ca. } 711\text{km}$) aufgelistet. Dies ermöglicht eine bessere Einschätzung der Erholungspotenzialwerte. Bei einer Diskussion beider Tabellen sollten neben den Kennwerten immer die Bewertungskurven mitberücksichtigt werden, welche zum Teil für das Siedlungs- und «nicht Siedlungsgebiet» unterschiedlich ausfallen.

Als erstes wird kurz auf einige Besonderheiten der Tabelle für das «nicht Siedlungsgebiet» eingegangen. Je nach Bewertungskurve sind die Minimum- und Maximum-Werte unterschiedlich definiert. Für den Indikator Ungestörtheit weisen alle Kriterien einen sehr hohen Mittelwert auf, wobei der Median sogar noch darüber liegt. Nur Kriterium 11a (Strassenlärm) hat einen etwas geringeren Mittelwert mit 8.5 und zeigt eine gewisse Streuung der Werte mit einer Standardabweichung von 1.5. Somit ergibt sich für den Indikator Ungestörtheit ein Mittelwert von 9.5. Betrachtet man die Kriterien der Gewässerraumnutzung, sind die Mittelwerte der Kriterien Verpflegungsmöglichkeiten, Schutzgebiete und Infrastruktur eher tief. Viele Landnutzungsklassen scheinen im Fliessgewässerraum einen hohen Wert aufzuweisen, was der Mittelwert von 9.1 zeigt. Insgesamt liegt der Mittelwert aller Kriterien der Gewässerraumnutzung bei 5.2. Die Mittelwerte der Kriterien Natürlichkeit bewegen sich in ähnlichen Bereichen zwischen 6.6 und 7.8. Am niedrigsten ist der Wert für Kriterium 5d (Material der Sohle). Der Mittelwert für Natürlichkeit liegt bei 7. Beim Betrachten der Kriterien zur Erreichbarkeit und Zugänglichkeit, fällt auf, dass das Kriterium 4 (ÖV-Güteklassen) nur einen Mittelwert von 1.8 aufweist. Im «nicht Siedlungsgebiet» scheint es daher wenig Abschnitte mit einer guten ÖV-Güteklasse zu geben. Kriterien 2a (Distanz Strassen) und 2b (Länge Strassen pro Abschnitt) haben etwa denselben Mittelwert von 4.8 und 4.7. Kriterien 1 (Distanz zu Gebäuden) und 3 (Ufersteigung) weisen einen Mittelwert von 7.3 und 7.7 auf. Zusammengefasst resultiert daraus ein Mittelwert von 5.3 für den Indikator Erreichbarkeit und Zugänglichkeit. Ein Vergleich der aggregierten Mittelwerte zeigt, dass die Werte für Gewässerraumnutzung und Erreichbarkeit und Zugänglichkeit im Durchschnitt geringer ausfallen als für die Natürlichkeit und die Ungestörtheit mehrheitlich den höchsten Wert aufweisen wird.

	Ungestörtheit				Nutzung				Natürlichkeit					Erreichb. & Zug.					
Kriterium	12	11c	11b	11a	10	9	8	7	6b	6a	5d	5c	5b	5a	4	3	2b	2a	1
Mittelwert	9.9	9.9	9.9	8.5	3.5	9.1	5.0	3.2	7.8	6.8	6.6	7.1	6.7	7.2	1.8	7.7	4.7	4.8	7.3
Median	10.0	10.0	10.0	8.9	1.0	9.0	5.4	2.8	7.6	9.1	6.4	6.5	8.5	8.5	0.0	8.1	4.0	5.0	7.7
Min	0.5	0.9	0.4	0.0	1.0	0.0	1.0	1.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1.0	0.0	0.0
Max	10.0	10.0	10.0	10.0	9.3	9.8	8.9	7.9	9.3	9.1	8.7	8.7	8.8	8.8	9.1	9.2	9.4	8.7	9.4
STD	0.5	0.9	0.4	1.5	3.6	1.1	2.3	1.3	1.8	2.8	2.0	1.8	2.8	2.6	2.4	1.5	3.5	2.2	1.5
Mittelwert	9.5				5.2				7.0					5.3					

Tabelle 6: Statistische Kennwerte für das «nicht Siedlungsgebiet» welche in der Modellierung u.a. aufgrund der Bewertungskurven abgeleitet wurden.

Wie die Kriterienwerte der Fliessgewässerabschnitte im Siedlungsgebiet verteilt sind, ist anhand von Tabelle 7 ersichtlich. Die Verteilung der Mittelwerte ist unterschiedlich im Vergleich zum «nicht Siedlungsgebiet». Die Ungestörtheit hat weiterhin den höchsten aggregierten Mittelwert, dieser ist jedoch etwas geringer, obwohl der Median sogar über dem Mittelwert liegt. Nur Kriterium 11a (Strassenlärm) weicht mit einem Mittelwert von 7.8 markant von den anderen Kriterien dieses Indikators ab. Bei der Gewässerraumnutzung weisen Kriterien 7 und 8 (Verpflegungsmöglichkeiten und Infrastruktur) im Durchschnitt höhere Werte auf, als im «nicht Siedlungsgebiet», dafür sind die Landnutzung (9) und Schutzgebiete (10) geringer, was insgesamt in einem ähnlichen aggregierten Mittelwert resultiert. Der Indikator Natürlichkeit hat einen etwas geringeren Mittelwert von 6.1 im Vergleich zum «nicht Siedlungsgebiet», die Kriterien unterscheiden sich ebenfalls etwas deutlicher, vor allem 5d und 5c (Material Ufer und Sohle) sind geringer gegenüber den anderen Kriterien. Erreichbarkeit und Zugänglichkeit weist einen deutlich höheren Gesamtmittelwert (7.3) auf als dies beim «nicht Siedlungsgebiet» der Fall ist, denn alle Kriterien sind im Durchschnitt höher bewertet.

	Ungestörtheit				Nutzung				Natürlichkeit					Erreichb. & Zug.					
Kriterien	12	11c	11b	11a	10	9	8	7	6b	6a	5d	5c	5b	5a	4	3	2b	2a	1
Mittelwert	9.9	9.4	9.5	7.8	1.7	6.2	7.1	5.0	6.9	7.0	4.6	4.6	6.6	7.1	5.9	8.1	6.8	6.4	9.3
Median	10.0	10.0	9.8	7.9	1.0	6.0	8.0	4.2	7.6	6.0	3.6	4.9	5.9	8.7	5.6	8.1	8.0	6.9	9.4
Min	1.6	2.2	5.2	0.0	1.0	0.0	1.0	1.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1.0	0.0	0.0
Max	10.0	10.0	9.8	9.7	9.5	9.8	9.4	8.6	9.3	9.3	7.5	7.5	9.8	9.8	9.1	9.2	9.4	8.7	9.4
STD	0.8	2.1	0.6	1.3	2.2	2.1	2.4	2.4	1.6	1.4	1.8	0.8	1.8	3.1	2.1	1.0	3.1	1.6	0.4
Mittelwert	9.1				5.0				6.1					7.3					

Tabelle 7: Statistische Kennwerte für das Siedlungsgebiet welche in der Modellierung u.a. aufgrund der Bewertungskurven abgeleitet wurden.

Im nächsten Kapitel können nun unter Berücksichtigung der besprochenen Faktoren, d.h. den Bewertungskurven, den Gewichtungen und der statistischen Kennwerte der ungewichteten Indikatoren und deren Kriterienwerte, die Modellvarianten besser miteinander verglichen werden.

4.3.2. Darstellung und Vergleich der Erholungspotenzialwerte

Für die Fliessgewässerräume wurden vier verschiedene Modellvarianten, resultierend aus den unterschiedlichen Gewichtungen, berechnet. Die erste Karte (Abbildung 33) zeigt die Verteilung der Erholungspotenzialwerte für die Fliessgewässerabschnitte im Kanton Zürich anhand von

Modellvariante 2. Die Erholungspotentialwerte der Fliessgewässerabschnitte für Modellvariante 2, wurden bei der Erstellung der Karte in sechs Klassen, gemäss *Natural Breaks* eingeteilt (Slocum et al. 2014). Modellvariante 2 wurde gewählt, weil die Variante eine ausgeglichene Gewichtung aufweist und weil der Indikator Ungestörtheit nicht zu stark gewichtet wurde, da dieser Indikator einen geringen Informationsgehalt aufweist. Ausserdem konnten nicht alle Varianten im Rahmen der Arbeit aufbereitet werden.

Wie bereits in Kapitel 4.2.4. erwähnt, wurden aufgrund der Gewichtungsentscheidungen der ExpertInnen vier verschiedene Modellvarianten berechnet. Die Berechnungsformel für die Modellvarianten (siehe Kapitel 3.3.3.) wurde bereits besprochen. Wie die Formeln konkret im GIS umgesetzt wurden, ist im Anhang C. einsehbar.

Auf der kantonalen Massstabebene in sind nur die Werte der grössten Flüsse (z.B. Sihl, Rhein, Limmat, Thur, Töss und Reuss) einigermaßen gut erkennbar. Ersichtlich sind ausserdem die unterschiedlichen Werte der Fliessgewässerabschnitte innerhalb und ausserhalb des Siedlungsgebiets aufgrund der separaten Bewertung und Gewichtung. Diese Karte wird später im Kapitel 4.3.5. mit der potenziellen Nachfrage (Wohnbevölkerungs- und Beschäftigtendichte) verglichen und die Verteilung der Erholungspotenzialwerte wird für Siedlungs- und «nicht Siedlungsgebiet» erläutert. Für den Moment dient die Karte (Abbildung 33) dazu, dem Leser einen ersten Eindruck zu ermöglichen.

Der Karte wurden zwei Diagramme beigefügt, welche die Verteilung des Erholungspotenzials im Fliessgewässernetz aufzeigen. Das eine Diagramm umfasst alle Fliessgewässerabschnitte im «nicht Siedlungsgebiet», das andere Diagramm jene im Siedlungsgebiet. Rund 2835km der Fliessgewässerabschnitte befinden sich ausserhalb von Siedlungen. Nur 56km weisen ein geringes Erholungspotenzial zwischen 9.5 und 13.7 auf, 626km haben ein Erholungspotenzial zwischen 13.8 und 15.6 und für 250km wurde ein Erholungspotenzial zwischen 15.7 und 17.3 berechnet. Diese drei schlechtesten Klassen umfassen 932km. Die restlichen 1903km werden den drei restlichen Klassen zugeordnet, wobei 861km der Fliessgewässerabschnitte der besten Klasse (Erholungspotenzial zwischen 19.8 und 21.7) zugeteilt wurden. Während im «nicht Siedlungsgebiet» die Mehrheit der Fliessgewässerabschnitte ein relativ hohes Erholungspotenzial aufweisen, zeichnet sich im Siedlungsgebiet ein etwas unterschiedlicheres Bild ab. Etwas 711km der Fliessgewässerabschnitte verlaufen innerhalb des Siedlungsgebiets, während ca. 316km ein Erholungspotenzial zwischen 7.4 und 11.0. Die drei besseren Erholungspotenzialklassen (11.1 bis 14.0) umfassen 395km. Im Gegensatz zum «nicht Siedlungsgebiet» können nur 70km der Abschnitte in die allerbeste Klasse eingeteilt werden. Insgesamt ist im Siedlungsgebiet die Klassenverteilung etwas ausgeglichener als im «nicht Siedlungsgebiet».

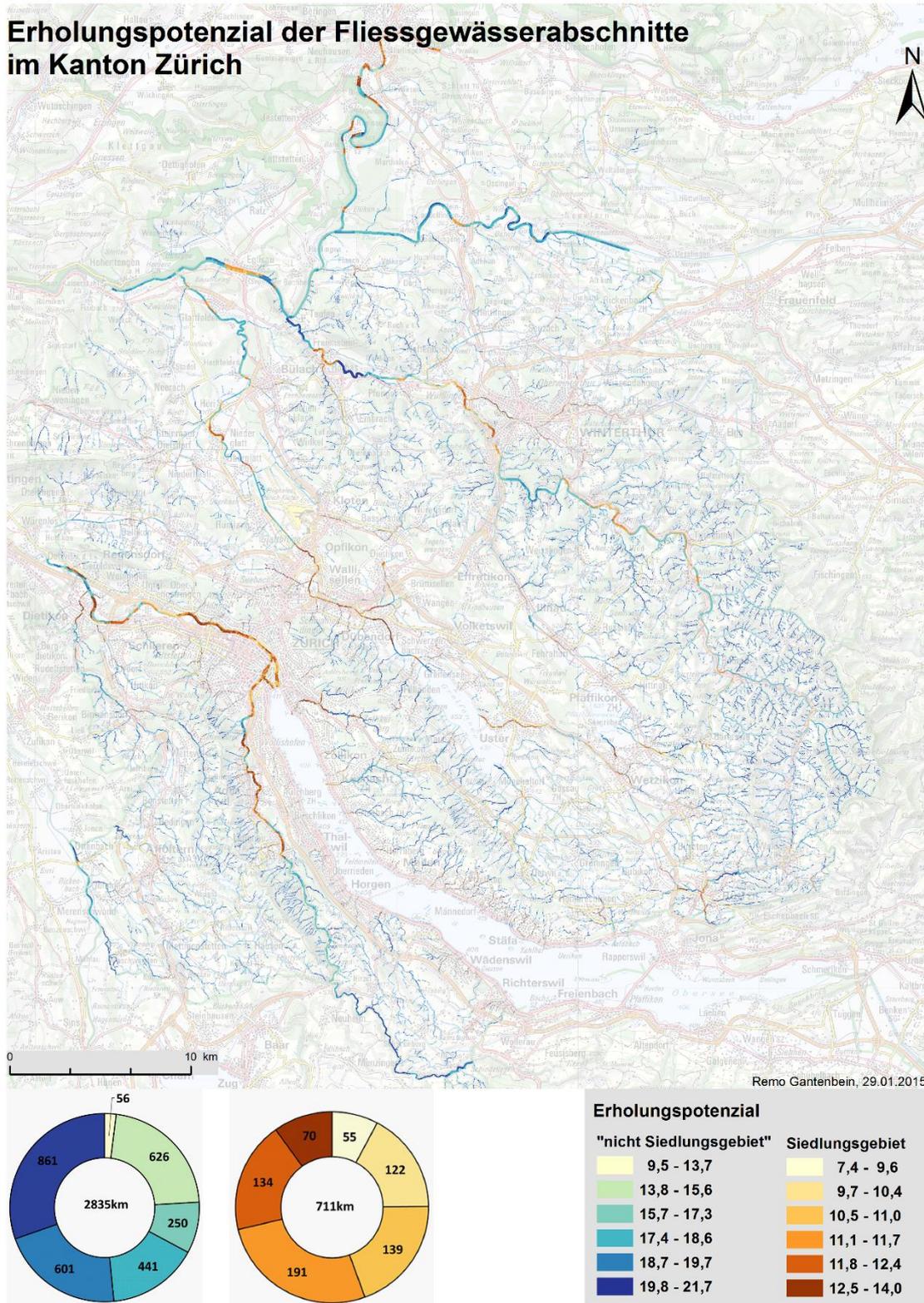


Abbildung 33: Erholungspotenzial der Fliessgewässerabschnitte für Modellvariante 2 (Siedlung und «nicht Siedlung») Siehe Anhang D.

In einem ersten Schritt werden nun die Modellvarianten und deren Unterschiede aufgezeigt. Dies stellt eine einfache Sensitivitätsanalyse dar und ist ein Beitrag zur Prüfung der operationalen Validität (Rykiel 1996; Malczewski & Rinner 2015). Zur genaueren Betrachtung der Modellvarianten bedarf es einer grösseren Darstellungsskala als dies die Karte (Abbildung 33) ermöglicht. Für den Vergleich zwischen den Varianten wurden Klassengrenzen im Sinne von *Equal Intervall* gebildet (Slocum et al. 2014). Die Unterschiede werden jeweils anhand von deskriptiven statistischen Kennwerten und Histogrammen, sowie den maximalen Differenzen zwischen den Modellvarianten aufgezeigt. Zuerst wird auf die Unterschiede der Modellvarianten im «nicht Siedlungsgebiet» (Land) eingegangen (siehe Abbildung 34). Es handelt sich um einen Kartenausschnitt in der Region von Kyburg, im Zentrum der Karte verläuft die Töss. Aufgrund der grossen Ähnlichkeit zwischen den Varianten 1 und 4 sowie 2 und 3 wurde darauf verzichtet alle vier Varianten darzustellen, sondern der Fokus auf die Varianten 2 und 4 gesetzt.

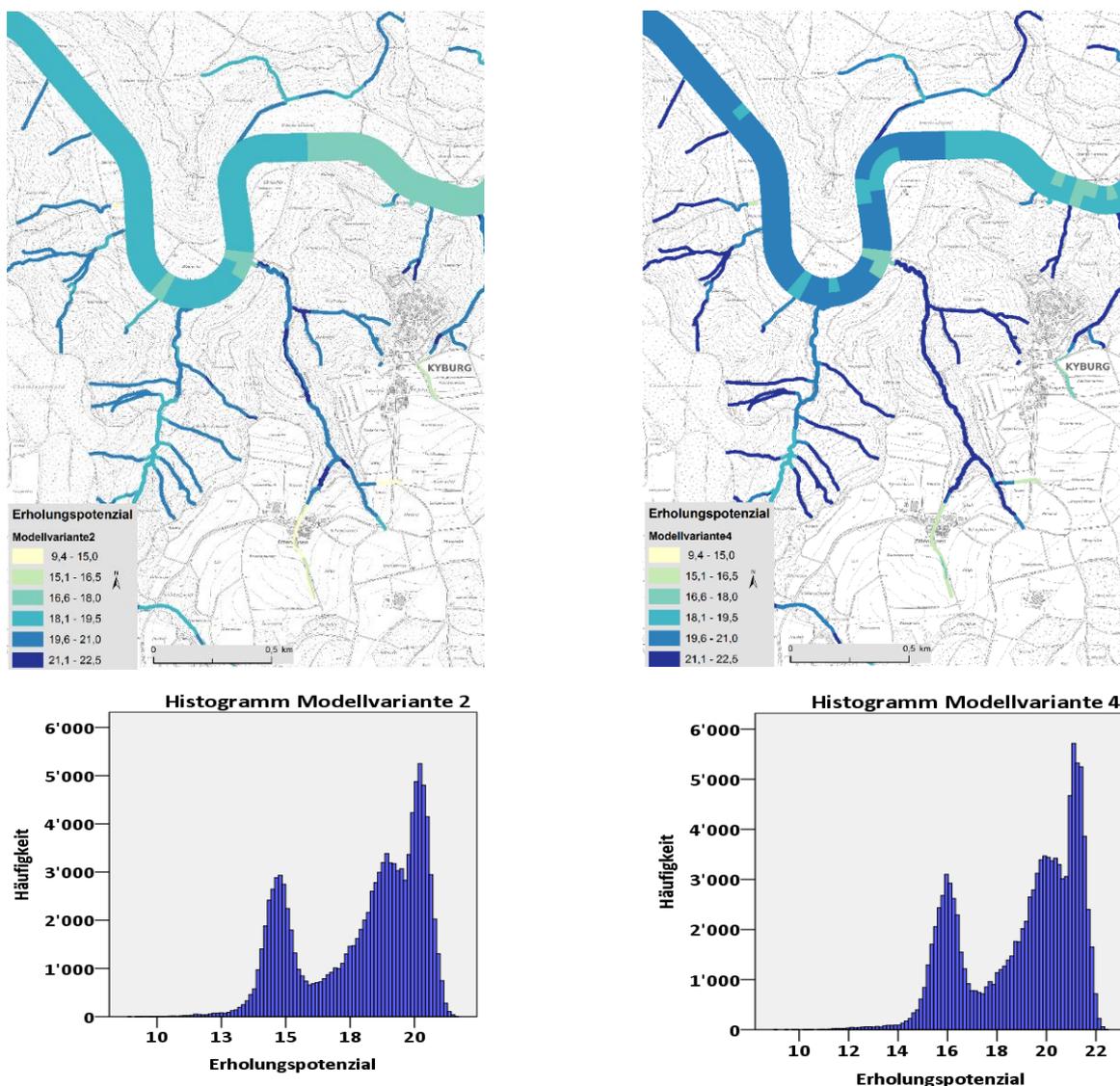


Abbildung 34: Darstellung des Erholungspotenzials für zwei der vier Modellvarianten (nicht Siedlung) im Massstab 1:10000 und deren Histogramme. Kartenausschnitt Töss bei Kyburg.

Aufgrund der Modellierung des Erholungspotenzials in Abschnitte (ca. alle 50m beginnt ein neuer Abschnitt), können abrupte Änderungen im Erholungspotenzial auftreten, falls sich ein oder mehrere Kriterienwerte verändern. Dies wird in Abbildung 34 sichtbar. Die breite der Fließgewässerabschnitte variiert je nach Breite des Fließgewässers. In allen Modellvarianten kommt es vor, dass mehrere Abschnitte derselben Klasse angehören, es jedoch auch Unterbrüche gibt, wenn einzelne Abschnitte ein niedrigeres Erholungspotenzial aufweisen.

Bei einem Blick auf die Histogramme der Modellvarianten (Abbildung 34) wird ersichtlich, dass die Datenverteilungen der zwei Varianten eine ähnliche Form aufweisen. Einerseits gibt es zwei *Peaks* bei allen Verteilungen und andererseits bewegen sich die Werte zwischen 8.82 und 22.53. Aufgrund der Klassenanzahl wurde für die Karten, Werte zwischen 9.4 und 22.5 gewählt. Es gibt jedoch auch Unterschiede zwischen den Varianten was die Mittelwerte, den Median, sowie die Minimal- und Maximalwerte betrifft. In Abbildung 35 sind die statistischen Kennwerte aufgelistet, wobei diese bei allen Varianten in einem ähnlichen Wertebereich liegen. Aufgrund der Streuung der Werte liegt die Standardabweichung der Modellvarianten zwischen 2.20 und 2.27. Modellvariante 1 weist mit einem durchschnittlichen Erholungspotenzial von 19.05 den höchsten Wert auf, Modellvariante 4 mit 19.02 den zweithöchsten und Modellvariante 2 mit 17.98 den zweitniedrigsten bzw. Modellvariante 3 mit 17.98 den niedrigsten Wert auf. Variante 1 und 4 sowie Variante 2 und 3 sind sich sehr ähnlich, daher könnten die Varianten in zwei Gruppen unterteilt werden. Die Erholungspotenzialwerte der Gruppe aus 1 und 4 sind etwas höher als für die Gruppe aus 2 und 3.

Das Histogramm mit der maximalen absoluten Differenz der Erholungspotenzialwerte zwischen den Varianten verdeutlicht die eher geringen Unterschiede zwischen den Abschnitten. Für mehr als 80'000 der insgesamt 113'384 Abschnitte unterscheidet sich das Erholungspotenzial je nach Variante um maximal 1.5, bei ca. 20'000 Abschnitten liegt die maximale Differenz bei 1.

Variante	Mittelwert	Median	Min/Max	STD
1	19.05	19.70	9.04/22.53	2.21
2	17.98	18.66	8.90/21.69	2.27
3	17.92	18.60	8.82/21.64	2.26
4	19.02	19.66	8.99/22.49	2.20

N = 113'384

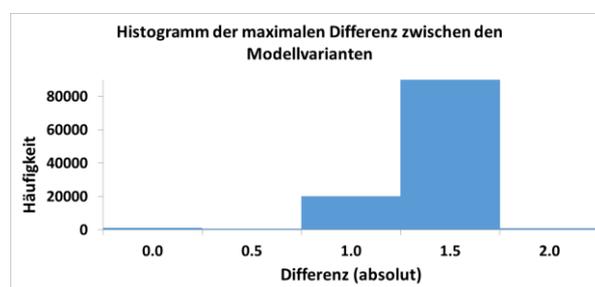


Abbildung 35: Statistik der Erholungspotenzialwerte der Modellvarianten 1 bis 4 für die nicht Siedlungsgebiete sowie die maximale Differenz zwischen den Varianten.

Als nächstes wird auf die Unterschiede der Modellvarianten im Siedlungsgebiet eingegangen, es handelt sich um einen Kartenausschnitt in der Stadt Winterthur, wo die kleinere Eulach in die Töss bei Wülflingen mündet.

Die bereits besprochenen abrupten Wechsel der Erholungspotenzialwerte, wurde bereits erwähnt und trifft auf die Abschnitte im Siedlungsgebiet exemplarisch zu (siehe Abbildung 36 und 37). Im Gegensatz zu den «nicht Siedlungsgebieten» zeigen die Histogramme eine unterschiedliche Verteilung auf. Der minimale und maximale Wertebereich liegt zwischen 6.53 und 19.08 und ist somit tiefer als beim «nicht Siedlungsgebiet». Aufgrund der Klassenanzahl wurde für die Karten ein Klassierungsbereich zwischen 7.4 und 19.0 gewählt. Die Standardabweichung ist aufgrund der weniger gestreuten Datenverteilung geringer und liegt zwischen 1 und 1.49. Zwischen den Modellvarianten sind die Unterschiede im Siedlungsgebiet gegenüber dem «nicht Siedlungsgebiet» ausgeprägter, ausserdem kann keine Gruppierung der Varianten, wie im «nicht Siedlungsgebiet», aufgrund dieser Werte ausgemacht werden. Deshalb wurden alle vier Varianten dargestellt. Im Durchschnitt weist Variante 2 mit einem Erholungspotenzial von 11.10 den niedrigsten, Variante 1 mit 12.60 den zweitniedrigsten, Variante 3 mit 13.51 den zweithöchsten und Variante 4 mit 15.38 den höchsten Wert aus. Die Wahl der Variante fällt daher für das Siedlungsgebiet stärker ins Gewicht als beim «nicht Siedlungsgebiet».

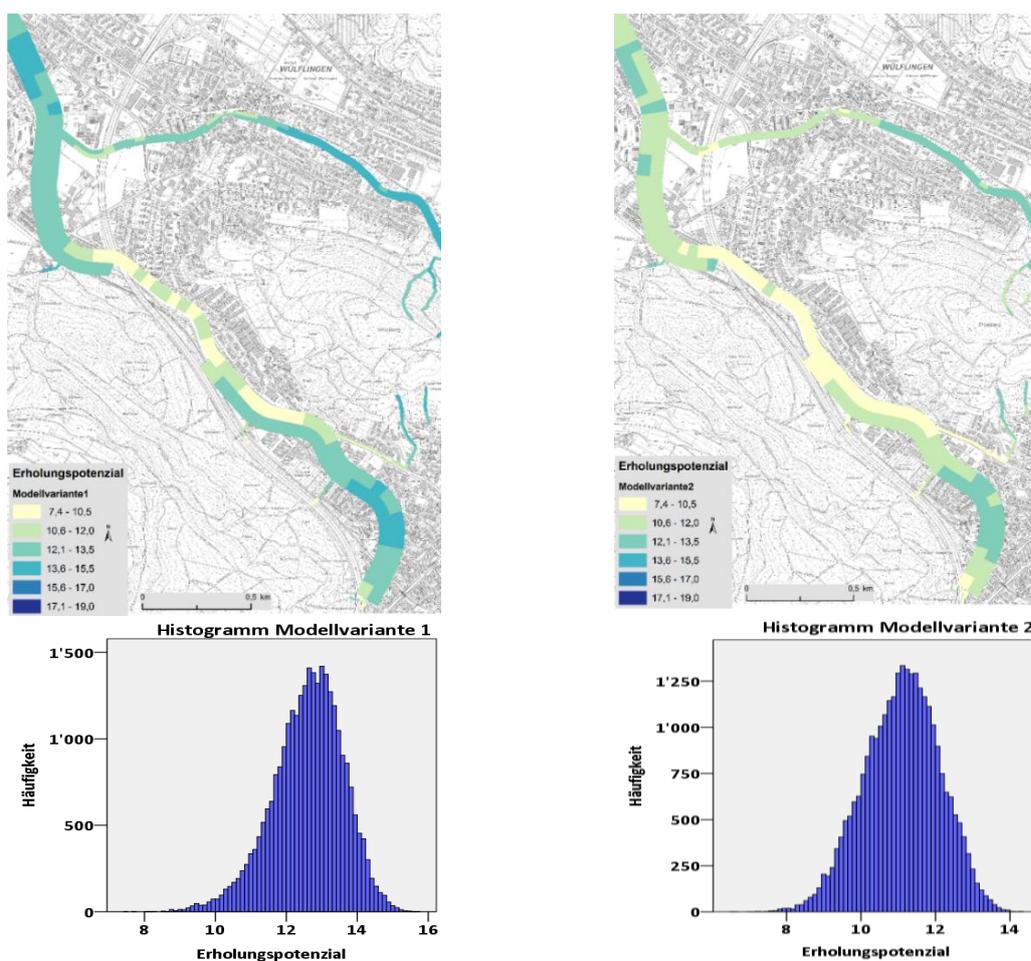


Abbildung 36: Darstellung des Erholungspotenzials für die Modellvarianten 1 und 2 (Siedlung) im Masstab 1:10'000 und deren Histogramme. Kartenausschnitt: Töss und Eulach bei Winterthur Wülflingen.

Trotz den deutlichen Unterschieden zwischen den Varianten sind vor allem auf dem Kartenausschnitt gewisse identische Muster zu erkennen. Die Klassenwechsel liegen oft an derselben Stelle, weil sich dort die Kriterienwerte verändern.

Die maximale, absolute Differenz der Erholungspotentialwerte zwischen den Varianten, für die 28'434 Gewässerabschnitte beträgt zwischen den Varianten im Durchschnitt 4.27 und die Spannweite reicht von minimal 0 bis maximal 6.98. Die Mehrheit der Abschnitte unterscheidet sich maximal um 2.5 bis 5.5 im Erholungspotenzial. Dies verdeutlicht die Aussage, dass beim Siedlungsgebiet im Gegensatz zum «nicht Siedlungsgebiet» je nach Variantenwahl sehr unterschiedliche Erholungspotenziale für denselben Abschnitt erzielt werden. Trotz den Unterschieden scheinen die grundlegenden Muster zwischen den Varianten ähnlich zu sein.

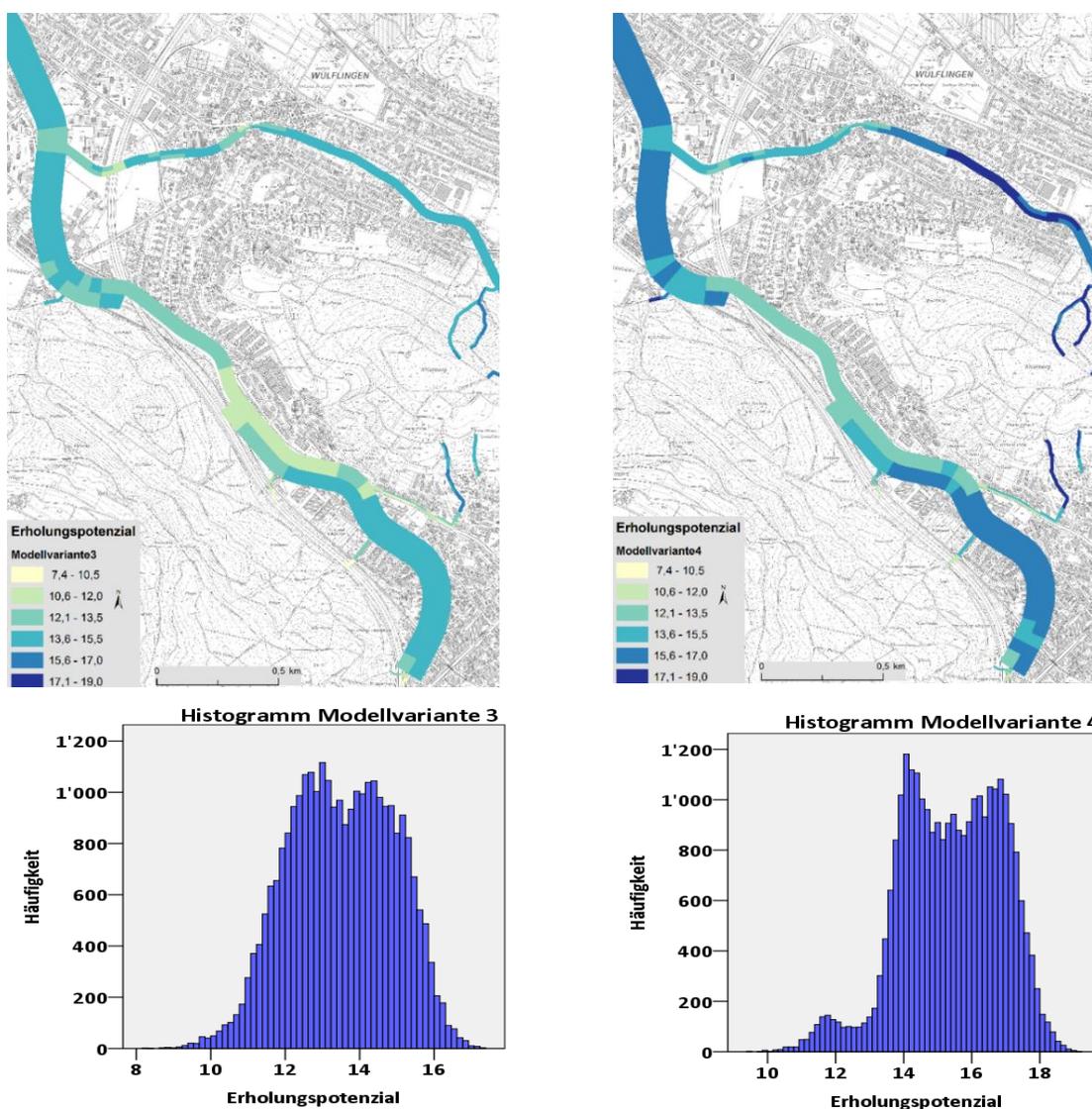


Abbildung 37: Darstellung des Erholungspotenzials für die Modellvarianten 3 und 4 (Siedlung) im Masstab 1:10'000 und deren Histogramme.

Variante	Mittelwert	Median	Min/Max	STD
1	12.60	12.67	7.49/15.66	1.00
2	11.10	11.13	6.53/14.24	1.01
3	13.51	13.50	8.22/17.29	1.41
4	15.38	14.43	9.41/19.08	1.49

$N = 28'434$

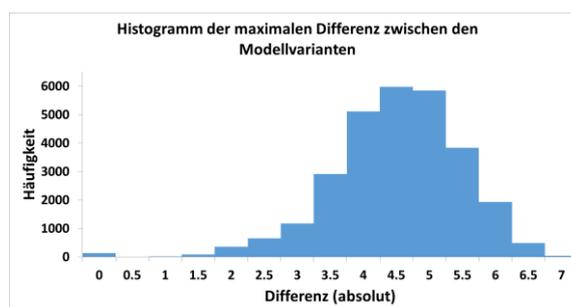


Abbildung 38: Deskriptive statistische Kennwerte sowie maximale Differenzen der Modellvarianten für die Siedlungsgebiete.

Die Gegenüberstellung der verschiedenen Modellvarianten zeigt, dass vor allem für die Fließgewässerabschnitte innerhalb des Siedlungsgebiets die Wahl der Variante einen erheblichen Einfluss auf die Analyse des Erholungspotenzials hat. Trotzdem können auch im Siedlungsgebiet ähnliche Muster zwischen den Varianten ausgemacht werden. Da es jedoch impraktikabel wäre, im Rahmen dieser Arbeit während der gesamten Arbeit immer vier Varianten anhand von Karten darzustellen, wurde Variante 2 für die Karte in Abbildung 33 verwendet. Für das «nicht Siedlungsgebiet» hat dies keinen grossen Einfluss, bei der Siedlung würden sich die Erholungspotenziale jedoch markanter unterscheiden.

4.3.3. Erklärung des Modellverhaltens aufgrund von Stichproben

Nachdem in dem vorhergehenden Kapitel im Allgemeinen auf die Werteverteilung und die Modellvarianten eingegangen wurde, geht es in diesem Kapitel um die Plausibilitätsanalyse. Anhand der folgenden Stichproben, wird das Modellverhalten und gleichzeitig eine erste Plausibilitätsprüfung durchgeführt. Das nächste Kapitel «Realitätscheck», behandelt dann die Frage, wie gut die Erholungspotenzialwerte mit dem «realen» Erholungspotenzial vor Ort übereinstimmen (siehe Kapitel 3.6.8.).

Folgende Stichproben wurden für das Siedlungsgebiet ausgewählt:

OBJECTID 26887 (Sihl in Adliswil), 25473 (Limmat beim Zürich Letten,), 1398 (Mülibach in Ebertswil)

Für das «nicht Siedlungsgebiet» wurden folgende Abschnitte ausgewählt:

OBJECTID 114010 (Thur oberhalb von Gütighausen,), 107925 (Jona bei Wald ZH) und 77509 (Würibach bei Birmensdorf).

Bei der Beschreibung des Modellverhaltens und der Plausibilitätsprüfung, wird nun jeweils aufgezeigt, wie das Erholungspotenzial der Stichprobe und der unmittelbaren Umgebung aussieht. Ausserdem wird anhand eines Balkendiagramms aufgezeigt, wie die zusammengefassten Kriterienwerte für die Indikatoren Erreichbarkeit und Zugänglichkeit (abgekürzt Erreichb. & Zug.), Gewässerraumnutzung (abgekürzt Nutzung), Natürlichkeit und Ungestörtheit, für den jeweiligen Abschnitt zusammengesetzt

sind (siehe Tabelle 6 und 7). Die Balkendiagramme beinhalten keine Gewichtungen. Dies ermöglicht einen zusätzlichen Einblick darauf, wie das Erholungspotenzial zustande kam.

Die erste Stichprobe für das Siedlungsgebiet (siehe Abbildung 39) mit den Koordinaten (WSG84) 8.52672 (long), 47.31111 (lat), liegt an der Sihl in Adliswil, welche an dieser Stelle eine Breite von ca. 25m aufweist. Es handelt sich um einen Fliessgewässerabschnitt der bebaut ist, wie auf dem Luftbild (Google Maps) erkenntlich ist. Es gibt Strassen in der Nähe, eine relativ schmale Strasse führt am Fliessgewässer entlang durch diesen Abschnitt. Ein Blick auf die Balkendiagramme macht deutlich, dass die Ungestörtheit mit 9 Punkten gut bewertet wird, dieser Wert jedoch trotzdem knapp unter dem Durchschnitt von 9.1 liegt, die Gewässerraumnutzung scheint weniger gut abzuschneiden, mit ca. 5 Punkten liegt der Wert unter dem Durchschnitt von 5.6, die Natürlichkeit ist in einem hohen Bereich und liegt mit 8 Punkten deutlich über dem Durchschnitt von 6.1. Die Erreichbarkeit und Zugänglichkeit ist sehr gut und liegt mit 9 Punkten deutlich über dem Durchschnitt von 7.3.

Aufgrund der Gewichtungen der Indikatoren und deren Kriterien beträgt das Erholungspotenzial 14.21 (Mod1), 12.75 (Mod2), 15.49 (Mod3) und 17.34 (Mod4), die Spannweite zwischen den Modellvarianten ist also relativ gross. Alle Erholungspotenzialwerte der Modellvarianten liegen über dem jeweiligen Durchschnitt. Die potenzielle Nachfrage ist hoch und beträgt an diesem Abschnitt; 4025 Wohnbevölkerungsdichte und 1512 Beschäftigtendichte. Ein Vergleich dieser Werte ermöglichen die Kennwerte in Tabelle 8. Beide Nachfrage Werte liegen über dem Durchschnitt.

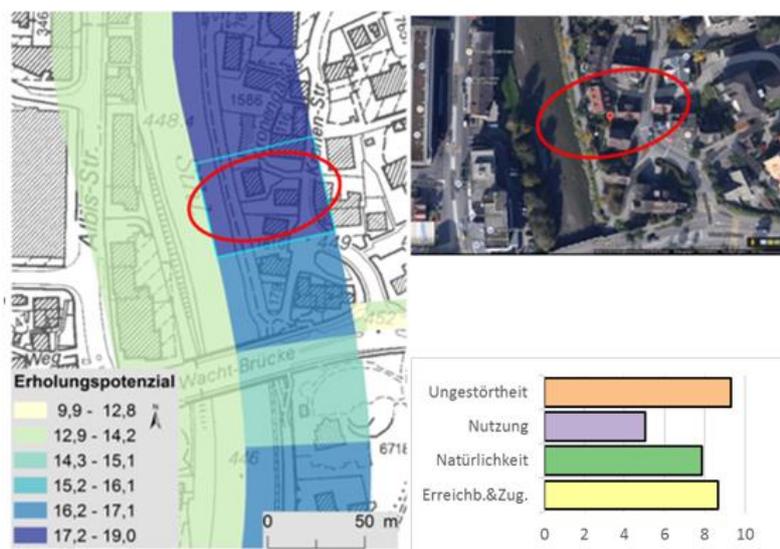


Abbildung 39: Stichprobe 1 (Siedlung) an der Sihl in Adliswil. Erholungspotenziale von 14.21 (Mod1), 12.75 (Mod2), 15.49 (Mod3) und 17.34 (Mod4).

Die zweite Stichprobe (siehe Abbildung 40) mit den Koordinaten (WGS 84) 8.53108 (long), 47.38709 (lat), liegt an der, an dieser Stelle ca. 50m breiten, Limmat. Es handelt sich um einen Fliessgewässerabschnitt der vor allem von Infrastrukturen belegt ist, auf dem Luftbild (Google Maps) ist ein Parkplatz zu erkennen, eine grössere Strasse verläuft durch den Abschnitt, aber es gibt auch

einen Saum von einzelnen Bäumen in diesem Abschnitt zu erkennen. Im Gebiet um diesen Abschnitt scheint es *Points of Interest* (Restaurants) zu geben. Ein Blick auf die Balkendiagramme macht deutlich, dass gewisse Störfaktoren vorhanden sind, denn die Ungestörtheit beträgt 7 Punkte, dieser Wert liegt deutlich unter dem Durchschnitt von 9.1. Die Gewässerraumnutzung wird lediglich mit 5 Punkten, was nur knapp unter dem Durchschnitt liegt, bewertet. Mit 6 Punkten liegt die Natürlichkeit knapp unter dem Durchschnitt, die Erreichbarkeit und Zugänglichkeit ist jedoch mit knapp 8 Punkten überdurchschnittlich.

Das Erholungspotenzial bewegt sich zwischen 11.25 (Mod1), 10.65 (Mod2), 12.41 (Mod3) und 13.23 (Mod4), die Spannweite der Werte ist nicht all zu gross und generell liegt das Erholungspotenzial für alle Varianten unter dem Durchschnitt. Die Nachfrage beträgt in diesem Abschnitt; 10003,84 Wohnbevölkerungsdichte und 10445.34 Beschäftigtendichte, was weit über den durchschnittlichen Nachfragewerten liegt (siehe Tabelle 8).



Abbildung 40: Stichprobe 2 (Siedlung) an der Limmat am Sihlquai. Erholungspotenziale von 11.25 (Mod1), 10.65 (Mod2), 12.41 (Mod3) und 13.23 (Mod4).

Bei der dritten Stichprobe (siehe Abbildung 41) mit den Koordinaten (WSG84) 8.54785 (lon), 47.22593 (lat) handelt es sich um einen eingedolten Abschnitt des Mülibachs bei Kappel am Albis. Die Breite beträgt dementsprechend null bzw. 0.69 was in der Modellierung dem Minimalwert entspricht. Auf dem Luftbild (Google Maps) ist zu erkennen, dass der Abschnitt bebaut ist, und das Fließgewässer unter der Strasse oder den Häusern hindurchführt, zumindest ist das Fließgewässer nicht zu erkennen. Während für diesen Abschnitt die Ungestörtheit und Erreichbarkeit und Zugänglichkeit mit den Werten 9.8 und 7.4 überdurchschnittlich abschneiden, sind die Werte für die Nutzung mit weniger als 4 Punkten, und die Natürlichkeit, mit knapp über 4 Punkten recht deutlich unter dem Durchschnitt von 5.6 respektive 6.1.

Die Erholungspotenzialwerte liegen bei 11.98 (Mod1), 9.74 (Mod2), 11.56 (Mod3) und 14.18 (Mod4), was überall einem unterdurchschnittlichen Wert entspricht. Auch die Nachfrage von 265.79 Wohnbevölkerungsdichte und 45.83 Beschäftigtendichte ist für diesen Abschnitt deutlich unterdurchschnittlich.

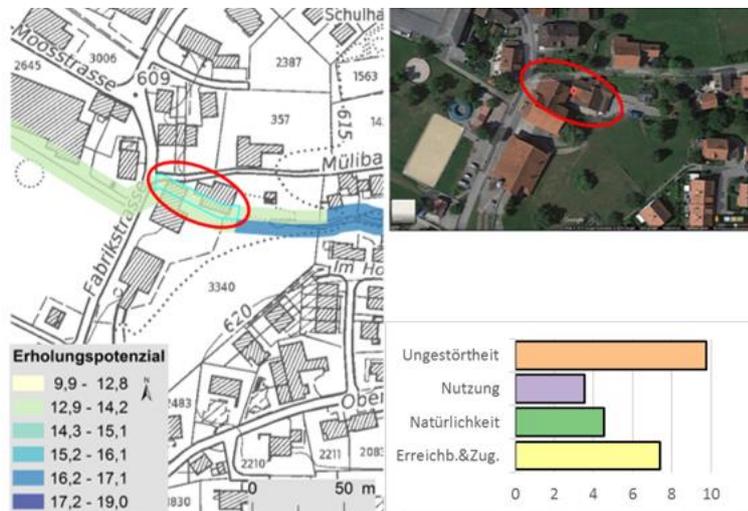


Abbildung 41: Stichprobe 3 (Siedlung) am Mülibach bei Ebertswil. Erholungspotenziale liegen bei 11.98 (Mod1), 9.74 (Mod2), 11.56 (Mod3) und 14.18 (Mod4).

Nach den Stichproben für das Siedlungsgebiet werden nun drei weitere Stichproben für das «nicht Siedlungsgebiet» besprochen.

Bei der ersten Stichprobe (Abbildung 42) mit den Koordinaten (WSG84) 8.73105 (long), 47.59728 (lat), ist an der dort 55m breiten Thur in der Nähe von Kleinandelfingen, gelegen. Anhand der Balkendiagramm Werte wird die Zusammensetzung der Kriterien veranschaulicht. Bei der Natürlichkeit sind es nur gerade 4 Punkte, was deutlich unter dem Durchschnitt von 7.0 liegt. Die Gewässerraumnutzung, sowie die Erreichbarkeit und Zugänglichkeit betragen etwas mehr als 6 respektive 7 Punkte was deutlich über dem Durchschnitt (5.2 und 5.3) liegt. Störungen scheinen keine vorhanden zu sein.

Der markierte Abschnitt sticht heraus, weil dieser einen deutlich niedrigeren Erholungspotenzialwert als alle umliegenden Abschnitte aufweist. Grundsätzlich weisen die Abschnitte im umliegenden Gebiet ein hohes Erholungspotenzial auf. Der markierte Abschnitt weist Erholungspotenzialwerte von 16.11 (Mod1), 14.80 (Mod2), 14.72 (Mod3) und 16.06 (Mod4) auf was für alle Varianten deutlich unterdurchschnittlich ist. Weil ein kleiner Bach durch diesen Abschnitt verläuft und dieser Bach bezüglich der Natürlichkeit schlechtere Werte aufweist, als die Thur selbst an dieser Stelle, wurde der Abschnitt dort tiefer bewertet als die umliegenden Abschnitte.

Eine Nachfrage von 73.53 Wohnbevölkerung und 11.46 Beschäftigte ist auch für das «nicht Siedlungsgebiet» unterdurchschnittlich gering an diesem Abschnitt.

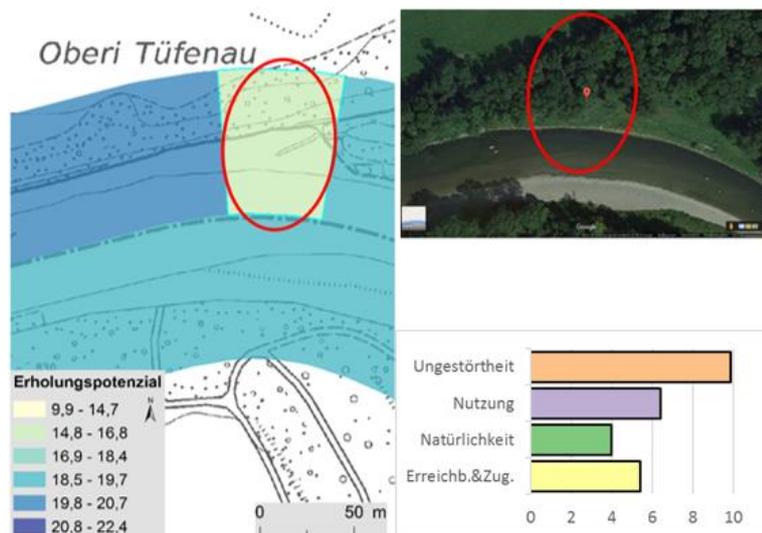


Abbildung 42: Stichprobe 1 (nicht Siedlung) Thur bei Oberi Tüfenau. Erholungspotenzial von 16.11 (Mod1), 14.80 (Mod2), 14.72 (Mod3) und 16.06 (Mod4).

Stichprobe 2 (siehe Abbildung 43) hat die Koordinaten (WSG84) 8.45030 (long), 47.34465 (lat) und liegt am Wüeribach bei Birmensdorf ZH. Das Fließgewässer weist an dieser Stelle eine Breite von 4m auf. Das Luftbild (Google Maps) lässt eine grössere Strasse in einiger Entfernung zum Abschnitt erkennen. Sträucher und Bäume sind am Uferand des Baches zu erkennen, der Abschnitt liegt in einer grünen Umgebung. Für die einzelnen Indikatoren ist anhand der Balkendiagramme zu erkennen, dass die Ungestörtheit trotz der Strasse keine grossen Einbussen erfährt (9 Punkte), jedoch leicht unter dem Durchschnitt von 9.5 liegt. Auch die übrigen Werte liegen in einem eher hohen Bereich. Die Gewässerraumnutzung ist mit 7 Punkten überdurchschnittlich, die Natürlichkeit von knapp 8 Punkten und einer Erreichbarkeit und Zugänglichkeit von knapp 6 Punkten liegen ebenfalls über den Mittelwerten. Für die verschiedenen Modellvarianten betragen die Erholungspotenzialwerte 19.65 (Mod1), 18.78 (Mod2), 18.75 (Mod3) und 19.66 (Mod4) d.h. es gibt nur geringe Abweichungen zwischen den Varianten. Die Erholungspotenziale liegen für alle Varianten über dem Durchschnitt.

Mit einer Nachfrage von 276.61 Wohnbevölkerung und 59.02 Beschäftigten, liegt der Abschnitt etwas unter dem Durchschnitt für das «nicht Siedlungsgebiet».

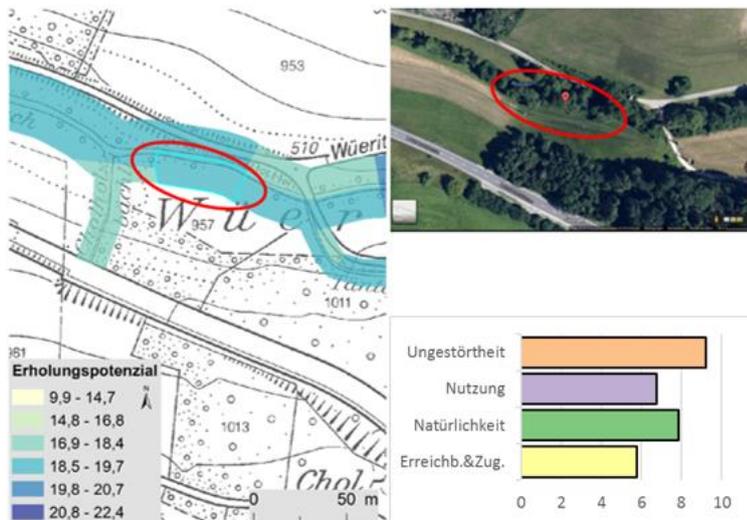


Abbildung 43: Stichprobe 2 (nicht Siedlung) Wüeribach bei Birmensdorf ZH. Erholungspotenzialwerte 19.65 (Mod1), 18.78 (Mod2), 18.75 (Mod3) und 19.66 (Mod4).

Stichprobe 3 (siehe Abbildung 44) mit den Koordinaten (WSG84) 8.90049 (long), 47.27185 (lat), liegt an der Jona im Tüfentobel bei Wald ZH. Das Fließgewässer ist an dieser Stelle 8m breit. Das Balkendiagramm zeigt, ohne Berücksichtigung der Gewichtungen, dass die Natürlichkeit unter 4 und damit 3 Punkte unter dem Mittelwert von 7 liegt. Die Gewässerraumnutzung kommt mit 4 Punkten unter dem Mittelwert von 5.2 zu liegen. Die Erreichbarkeit und Zugänglichkeit ist recht hoch und mit knapp 8 Punkten deutlich überdurchschnittlich (5.3). Auch die Ungestörtheit wird aufgrund der Nähe zur Strasse und Eisenbahnlinie verringert und liegt mit 8 Punkten unter dem Mittelwert von 9.5.

Für die Varianten liegt das Erholungspotenzial bei 13.51 (Mod1), 12.48 (Mod2), 13.44 (Mod3) und 13.44 (Mod4), die Werte liegen nahe beieinander und für alle Varianten mehrere Punkte unter dem Mittelwert. Es fällt auf, dass ein abrupter Wechsel des Erholungspotenzials bei diesem Abschnitt stattfindet, aber auch bei den umliegenden Abschnitten passiert dieser Wechsel. Alle in westlicher Richtung verlaufenden Abschnitte weisen einen etwa ähnlich niedriges Erholungspotenzial wie die Stichprobe auf, die im Osten anschliessenden Abschnitte gehören einer deutlich höheren Erholungspotenzialklasse an. Der abrupte Wechsel ist damit zu erklären, dass einige Kriterienwerte (Natürlichkeit und Gewässerraumnutzung) sich dort deutlich verschlechtern bzw. verbessern.

Mit 606.38 Wohnbevölkerung und 281.70 Beschäftigten, liegt die Nachfrage über dem Durchschnittswert für «nicht Siedlungsgebiete».

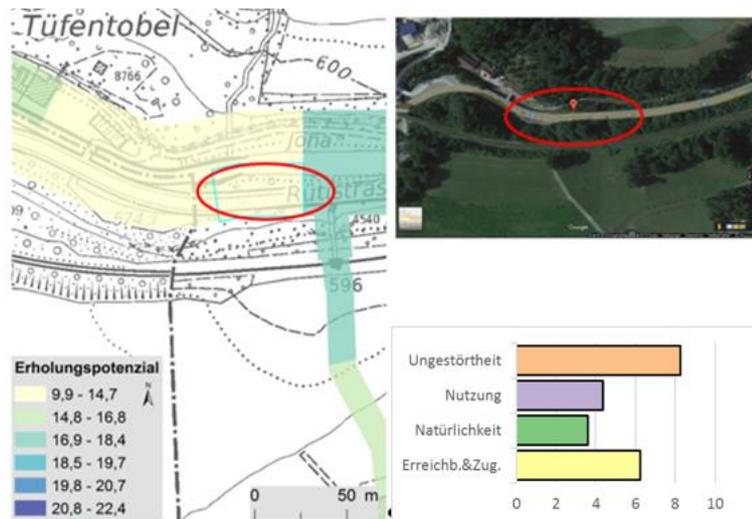


Abbildung 44: Stichprobe 3 (nicht Siedlung) Jona im Tüfentobel bei Wald ZH. Erholungspotenzial bei 13.51 (Mod1), 12.48 (Mod2), 13.44 (Mod3) und 13.44 (Mod4).

Anhand der Stichproben, konnte aufgezeigt werden, wie die Kriterienwerte und Erholungspotenziale für die einzelnen Fließgewässerabschnitte zustande kommen. Grundsätzlich gab es unter den Stichproben kein Beispiel, bei welchem offensichtlich unplausible Kriterienwerte und Erholungspotenziale berechnet wurden. Die Stichproben haben aufgezeigt, dass die erarbeiteten Erholungspotenzialwerte (siehe Karte Abbildung 33), plausible Aussagen über die tatsächliche Erholungseignung zu machen scheinen.

Als nächstes wird anhand des «Realitätschecks» aufgezeigt, inwiefern die Erholungspotenzialwerte mit den Beobachtungen vor Ort übereinstimmen.

4.3.4. Ergebnisse aus den Feldbegehungen («Realitätscheck»)

Nachdem die Stichproben für die Beschreibung des Modellverhaltens im Rahmen des Plausibilitätschecks behandelt wurden, werden in diesem Kapitel im Rahmen des «Realitätschecks» einige Fließgewässerabschnitte gezeigt, welche vor Ort untersucht wurden. Die Auswahl dieser Abschnitte wurde nicht zufällig getroffen. Einerseits wurde ein Abschnitt der Eulach in Elgg (siehe Abbildung 45) aufgrund der Nähe zum Wohnort des Autors gewählt. Andererseits wurden Abschnitte ausgewählt, welche bei der Revitalisierungsplanung eine hohe Priorisierung zugeteilt bekamen. Ausserdem sollten sich die Abschnitte sowohl im als auch ausserhalb des Siedlungsgebiets befinden. Dabei handelt es sich um Abschnitte an der Thur bei Hausen (siehe Abbildung 46), der Töss in der Nähe von Sennhof und Kyburg (siehe Abbildung 47), dem Mattenbach in Winterthur (siehe Abbildung 48) und der Töss und Eulach in Winterthur Wülflingen (siehe Abbildung 49). Zu besserer Übersicht wurde ein Ausschnitt der Landeskarte verwendet (Swisstopo 2015).

Die ersten beiden Fotos zeigen zwei Abschnitte mit den Koordinaten (WGS84) 8.86358 (long), 47.49707 (lat) und 8.86469 (long), 47.49364 (lat) der Eulach in Elgg (OBJECTIDs 10356 und 44730). Die

Nachfrage beträgt 1183 (1133) Wohnbevölkerungsdichte und 463 (457) Beschäftigtendichte. Das linke Foto zeigt den Abschnitt innerhalb der Siedlung. Es führt ein Weg entlang des Baches, es sind Gebäude in der Nähe und das Gelände ist relativ flach. Die Erreichbarkeit und Zugänglichkeit weist dementsprechend einen hohen Wert von knapp 8 auf, was überdurchschnittlich ist. Die Natürlichkeit schneidet mit einem Wert von über 6 ebenfalls überdurchschnittlich ab, die Eulach ist an dieser Stelle begradigt und es gibt immer wieder kleinere Sohlenverbauungen. Die Gewässerraumnutzung hat mit unter 4 Punkten einen deutlich unterdurchschnittlichen Wert, was anhand des Fotos nicht direkt nachvollziehbar ist, auch vor Ort gibt es kein klares Indiz für den tiefen Wert. Fehlende Infrastruktur und Verpflegungsmöglichkeiten könnten zu diesem niedrigen Wert beitragen. Im rechten Foto (Blickrichtung Nordosten) ist ebenfalls ein Abschnitt der Eulach zu sehen, der sich knapp ausserhalb des Siedlungsgebiets befindet. Kein Weg oder Strasse ist am Gewässer vorhanden und die Gebäude sind weiter entfernt als auf dem linken Foto. Der Wert für Erreichbarkeit und Zugänglichkeit von weniger als 6 liegt trotzdem etwas über dem Durchschnittswert von 5.3. Der Natürlichkeitswert entspricht mit 7 Punkten genau dem Mittelwert und ist etwas höher als im linken Foto, die Ökomorphologie des Baches scheint sich jedoch nicht beträchtlich geändert zu haben. Links und rechts des Bachs ist eine Wiese oder Acker zu erkennen. Für die Gewässerraumnutzung liegt der Wert unter 4, was unterdurchschnittlich ist. Aufgrund des Fotos lässt sich nicht erklären, weshalb die Nutzung ungünstig sein sollte. Störungen scheinen fast keine vorhanden zu sein. Vor Ort war ausser einer Landstrasse in einiger Entfernung keine Lärmquelle auszumachen.



Abbildung 45: Beide Fotos zeigen Abschnitte der Eulach in Elgg.

Im linken Foto (Blickrichtung Süd) betragen die Erholungspotenziale 12.68 (Mod1), 10.81 (Mod2), 13.22 (Mod3) und 15.51 (Mod4), was bei allen Varianten etwa dem Mittelwert entspricht. Das rechte Foto repräsentiert Erholungspotenziale von 18.17 (Mod1), 17.12 (Mod2), 17.1 (Mod3) und 18.14 (Mod4), was bei allen Varianten leicht unterdurchschnittliche Werte repräsentiert. Grundsätzlich ist bei beiden Abschnitten Erholung möglich, die Abschnitte sind zugänglich, auch wenn im rechten Beispiel kein Weg vorhanden ist. Es macht jedoch Sinn, dass der eine Abschnitt im linken Foto ein überdurchschnittliches und der andere Abschnitt ein leicht unterdurchschnittliches Erholungspotenzial aufweist.

Im nächsten Beispiel wird ein Abschnitt mit den Koordinaten (WGS84) 8.70727 (long), 47.59883 (lat) an der Thur (OBJECTID 110968) bei Hausen, ausserhalb des Siedlungsgebiets, gezeigt. Im ersten Foto ist erkenntlich, dass das Gelände an dieser Stelle etwas steil abfällt. Eine Treppe führt jedoch vom Parkplatz zum Ufer hinunter, der Abschnitt ist bis zum Parkplatz mit dem Auto gut erreichbar. Häuser oder Gebäude sind keine vorhanden. Öffentlicher Verkehr gibt es ebenfalls keinen. Am Ufer führt ein schmaler Fusspfad entlang. Mit etwas weniger als 6 Punkten ist die Erreichbarkeit und Zugänglichkeit immer noch überdurchschnittlich gut, wogegen auch vor Ort nichts zu sprechen scheint. Mit einer Natürlichkeit von knapp 7 Punkten, ist der Abschnitt geringfügig unter dem Mittelwert gelegen. Dies scheint vor allem mit der geringen Breitenvariabilität begründet werden zu können. Weil es sich bei diesem Abschnitt um ein Naturschutzgebiet handelt, scheint ein deutlich überdurchschnittlicher Gewässerraumnutzungswert als plausibel. Störungsquellen waren auch vor Ort keine auszumachen. Für die Modellvarianten betragen die Erholungspotenziale 19.57 (Mod1), 18.46 (Mod2), 18.37 (Mod3) und 19.51 (Mod4). Der Abschnitt wird von allen Varianten überdurchschnittlich bewertet. Für die Erholung scheint dieser Abschnitt auch aufgrund der Einschätzungen vor Ort sehr attraktiv zu sein.



Abbildung 46: Beide Fotos zeigen die Thur auf der Seite von Hausen etwa innerhalb des gleichen Fließgewässerabschnittes.

Das zweite Beispiel fürs «nicht Siedlungsgebiet», ist ein Abschnitt (OBJECTID 112926) an der Töss bei Sennhof mit den Koordinaten (WGS 84) 8.74397 (long), 47.46250 (lat). Die beiden Fotos sind nicht von demselben Abschnitt, das rechte Foto liegt etwas 200m weiter westlich vom linken Foto entfernt. Von Parkplätzen aus führt ein Fussweg zum beschriebenen Abschnitt. Gebäude und andere Strassen sind ansonsten keine in der Nähe. Das Gelände ist in diesem Abschnitt relativ flach. Der Fluss ist gut zugänglich. Anschluss an den öffentlichen Verkehr ist nicht vorhanden. Trotzdem fällt die Erreichbarkeit und Zugänglichkeit mit mehr als 6 Punkten überdurchschnittlich aus. Was die Natürlichkeit betrifft, sind die Breitenvariabilität an diesem Abschnitt nicht gegeben, ausserdem sind in der Sohle und am Böschungsfuss vereinzelt Verbauungen erkennbar. Insgesamt ergibt dies etwa 6 Punkte, der Mittelwert beträgt 7. Auf dem linken Foto ist eine Feuerstelle zu erkennen, diese ist jedoch nicht in den OSM-Punktdateien vorhanden. Ein Wert von mehr als 7 liegt für das «nicht Siedlungsgebiet» weit über dem Mittelwert von 5.2. Dies liegt vor allem daran, dass der Abschnitt Teil eines Naturschutzgebiets ist. Es scheint sich um einen sehr beliebten Erholungsort zu handeln, es waren viele Autos auf dem Parkplatz und mehrere Personen waren auf den Wegen zum Spazieren oder Joggen unterwegs.

Folgende Erholungspotenziale werden für den Abschnitt ausgewiesen; 18.62 (Mod1), 17.58 (Mod2), 17.50 (Mod3) und 18.58 (Mod4). Diese Werte liegen für alle Varianten leicht unter dem Mittelwert. Dies erscheint nicht sehr plausibel, aufgrund der Einschätzungen vor Ort sollten die Potenziale deutlich höher ausfallen. Mit 44.88 Wohnbevölkerungsdichte und 22.6 Beschäftigtendichte fällt die Nachfrage zumindest im Sinne der Naherholung gering aus. Es handelt sich trotzdem um einen beliebten

Erholungsort, dies zeigen auch die Picknick und Grillgelegenheiten, wie sie auf dem Foto ersichtlich sind.

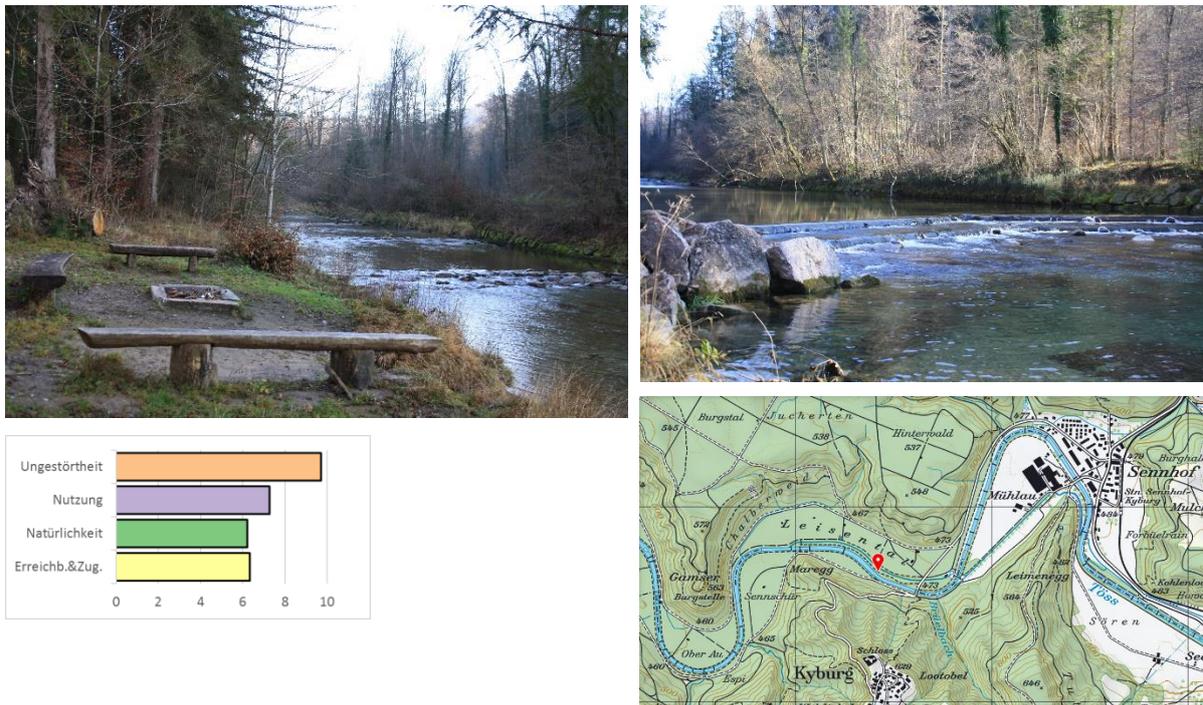


Abbildung 47: Die Fotos zeigen zwei ca. 300m auseinander gelegene Abschnitte an der Töss bei Sennhof.

Als viertes Beispiel für das Siedlungsgebiet ist ein Abschnitt (OBJECTID 22428/22412) am Mattenbach mit den Koordinaten (WGS84) 8.74745 (long), 47.48778 (lat). Die Fotos zeigen zwei Blickrichtungen, links nach SO und rechts nach NW. Die Erreichbarkeit und Zugänglichkeit ist mit 8 Punkten überdurchschnittlich. Dies erscheint plausibel, da ein Weg direkt am Gewässer entlang verläuft. Der Abschnitt liegt am Rande eines Wohnquartiers. Das Gelände ist nicht steil und öffentliche Verkehrsmittel sind ebenfalls in der Nähe. Mit einem Wert von 5 ist die Natürlichkeit etwas unterdurchschnittlich. Das Gewässer wird insgesamt als naturfremd klassiert. Der Gewässerraumnutzungswert entspricht etwa dem Mittelwert. Zu einem Schutzgebiet gehört der Abschnitt, wie Mehrheit aller Fließgewässerabschnitte, nicht. Vor Ort waren keine Störungen wahrnehmbar, was den hohen Ungestörtheitswert rechtfertigt. Viele Spaziergänger waren an diesem Sonntag jedoch unterwegs, was als starker Nutzungsdruck interpretiert werden könnte. Jedenfalls ist dieses Gebiet sehr beliebt für Naherholungssuchende, vor allem für Spaziergänger. Alle Erholungspotenziale für die verschiedenen Varianten liegen leicht über dem Mittelwert: 13.13 (Mod1), 11.40 (Mod2), 13.37 (Mod3) und 15.45 (Mod4). Aufgrund der Kriterienausprägung erscheint dieses Ergebnis plausibel, denn das Gewässer selbst ist zwar nicht sehr attraktiv, aber es ist ein Weg vorhanden und es ist grundsätzlich ein attraktives Naherholungsgebiet. Die potenzielle Nachfrage, 2982.25 Wohnbevölkerung und 1068.57 Beschäftigte ist hoch, vor allem die Wohnbevölkerung scheint dieses Gebiet stark zu nutzen.

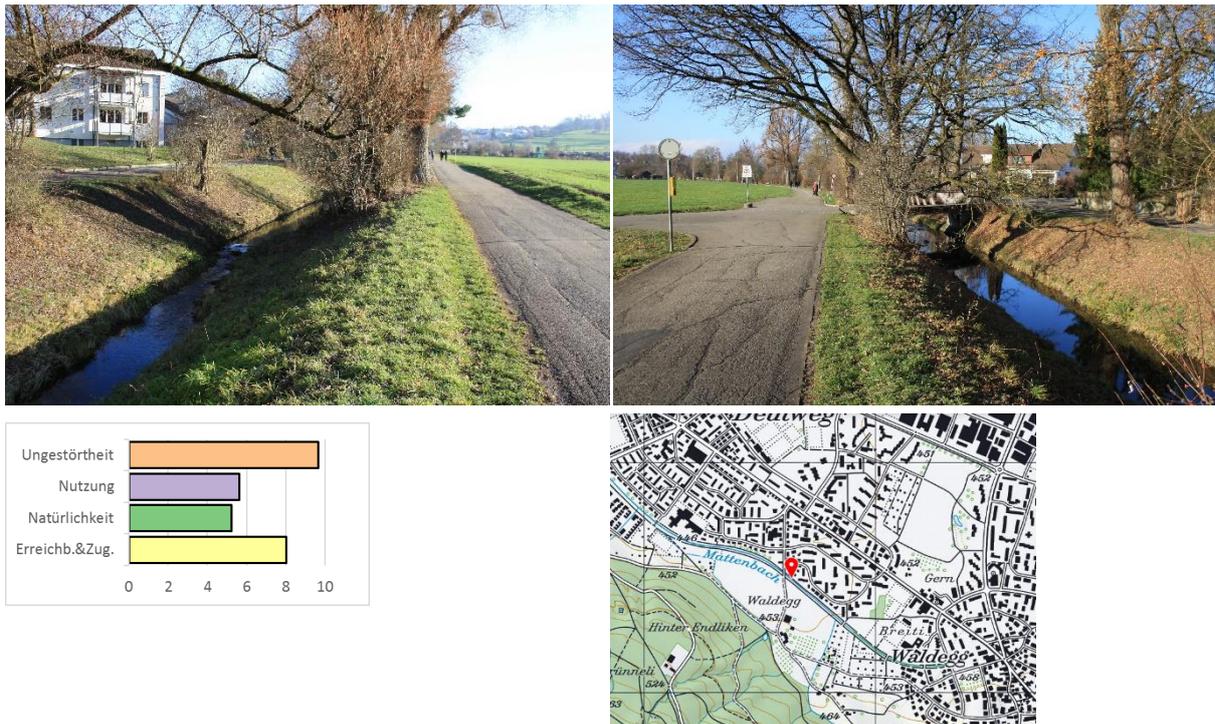


Abbildung 48: Die Fotos zeigen den am Mattenbach gelegenen Fließgewässerabschnitt aus zwei Blickrichtungen.

Als letztes Beispiel dienen zwei Abschnitte (OBJECTID 26244 Foto links und 26246 Foto rechts) an der Töss und Eulach bei Wülflingen mit den Koordinaten (WSG84) 8.68318 (long), 47.51001 (lat). Das rechte Foto (Blickrichtung Süd) zeigt eine Aufnahme der Einmündung der Eulach in die Töss von der Brücke (im linken Foto). Dieses Gebiet diente bereits in Abbildung 36 als Beispiel. Beim Betrachten dieses Ausschnittes fällt auf, dass das Erholungspotenzial bei den Abschnitten, wo die Eulach in die Töss mündet, in eine niedrigere Klasse eingeteilt wird als die umliegenden Abschnitte. Auf dem rechten Foto ist erkennbar, dass die Eulach an dieser Stelle ziemlich verbaut ist. Die Kriterienwerte des Balkendiagramms beziehen sich auf den Abschnitt der im linken Foto erkennbar ist. Bei der kurzen Besichtigung sind einige Fussgänger dem Weg entlang spaziert und Fahrradfahrer haben die Brücke passiert. Mit mehr als 8 Punkten bei der Erreichbarkeit und Zugänglichkeit ist dieser Indikator auch fürs Siedlungsgebiet überdurchschnittlich (7.3) ausgeprägt. Bei der Natürlichkeit liegt der Abschnitt ebenfalls über dem Durchschnitt von 6.1, obwohl z.B. die verschiedenen Verbauungsmaßnahmen am Ufer direkt auffallen. Innerhalb der Siedlung fällt dies jedoch weniger ins Gewicht. Die Gewässerraumnutzung entspricht in etwa dem Durchschnittswert. Auch vor Ort lässt sich dieser Wert schwer einordnen. Jedenfalls wäre ein besonders tiefer Wert für die Lage auffällig und ein durchschnittlicher Wert erscheint plausibel. Störungen fielen bei der Begehung keine auf, der Wert bei Ungestörtheit ist dementsprechend hoch. Das Erholungspotenzial für den Abschnitt auf dem linken Foto beträgt 13.45 (Mod1), 11.92 (Mod2), 14.28 (Mod3) und 16.17 (Mod4). Diese Werte sind zwar sehr unterschiedlich, liegen jedoch alle über dem jeweiligen Durchschnittswert. Da dieses Gebiet bei der Begehung sehr attraktiv erschien, erscheinen diese Werte grundsätzlich nicht unplausibel. Für den Abschnitt bei der Brücke auf dem rechten Foto beträgt der Erholungspotenzial 13.08 (Mod1), 11.55

(Mod2), 13.47 (Mod3) und 15.32 (Mod4), was für alle Varianten leicht unter oder etwa dem Mittelwert entspricht. Die potenzielle Nachfrage liegt zwischen 1068 und 1117 für die Beschäftigten- (unter dem Durchschnitt) bzw. 2982 für die Wohnbevölkerungsdichte (über dem Durchschnitt). Das Gebiet scheint daher für die Naherholung relevant zu sein.



Abbildung 49: An der Töss gelegene Fliessgewässerabschnitte mit Blick auf die Brücke (links) und von der Brücke auf die Einmündung der Eulach in die Töss (rechts).

Anhand der Stichproben und dem Realitätscheck konnte ein umfassender Eindruck bezüglich der Funktionsweise der Modellierung und der Plausibilität der Ergebnisse ermöglicht werden. Bei den Stichproben gab es selten Erholungspotenzialwerte, welche völlig unplausibel erschienen. In der Diskussion wird genauer darauf eingegangen, inwiefern die Ergebnisse plausibel erscheinen und welche Einschränkungen aufgrund der ExpertInnenbefragungen, Modellierung oder der Datengrundlage notwendig sind.

4.3.5. Gegenüberstellung der Erholungspotenzialwerte und der potenziellen Nachfrage

In den vorhergehenden Beispielen zur Plausibilitätsprüfung wurde das Nachfragepotenzial jeweils aufgezeigt, wobei es sich jeweils nicht um die effektive Nachfrage (z.B. Anzahl Besucher pro Tag/Woche/Jahr) sondern nur eine Annäherung handelt. In Abbildung 50 ist die Verteilung der Wohnbevölkerungs- und Beschäftigtendichte des Kantons Zürich ersichtlich. Diese Werte wurden den Fliessgewässerabschnitten zugewiesen. In Kapitel 3.6.6. wird die Berechnung der potenziellen Nachfrage erklärt.

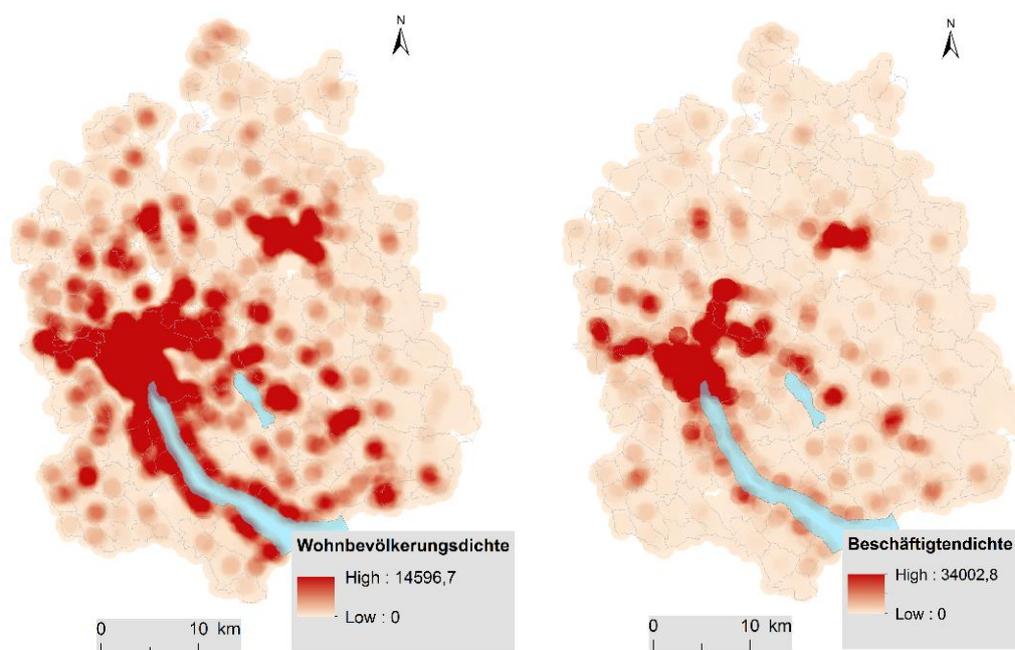


Abbildung 50: Dichtekarten der Wohnbevölkerung und Beschäftigtendichte und die Tabelle mit den statistischen Kennwerten der Fließgewässerabschnitte für die Nachfrage.

Aufgrund der grossen Streuung der Werte wurde auf eine Klassenbildung bei der Darstellung der potenziellen Nachfrage verzichtet. Die Tabelle 8 zeigt die statistischen Kennwerte der Nachfrage, welche den Fließgewässerabschnitten (nS «nicht Siedlung» und S Siedlung) zugeteilt wurden. Für Fließgewässerabschnitte ausserhalb des Siedlungsgebiets ist im Durchschnitt eine Wohnbevölkerungsdichte von 406.66 und eine Beschäftigtendichte von 149.35 ausgewiesen. Es scheint einige Ausreisser zu geben, da der Median stark vom Mittelwert abweicht. Die Streuung der Werte ist dementsprechend gross (Standardabweichung von 567.41 und 295.32), die Maximalwerte von 5886.50 und 7526.12 liegen weit über dem Mittelwert. Noch grösser ist die Streuung der Werte bei den Fließgewässerabschnitten innerhalb des Siedlungsgebiets. Die Mittelwerte betragen 1944.82 bei der Wohnbevölkerungsdichte und 1246.54 bei der Beschäftigtendichte, wobei der Median ebenfalls deutlich unter dem Mittelwert zu liegen kommt.

		Mittelwert	Median	Min/Max	STD
nS	Wohnbevölkerung	406.66	178.89	0/5886.50	567.41
	Beschäftigte	149.35	55.07	0/7526.12	295.32
S	Wohnbevölkerung	1944.82	1511.65	2.86/10492.45	1666.32
	Beschäftigte	1246.54	463.46	1.91/33532.67	2966.42

Tabelle 8: Statistische Kennwerte der potenziellen Nachfrage.

Wie in Kapitel 3.6.9. erwähnt, soll eine Gegenüberstellung zwischen potenzieller Nachfrage (Wohnbevölkerungs- und Beschäftigtendichte) und Angebot (Erholungspotenzial) dabei helfen, die Fließgewässerabschnitte weiter zu unterteilen.

Für die Unterscheidung der Fließgewässerabschnitte in die vorgeschlagenen Klassen; «hohes Erholungspotenzial hohe Nachfrage», «hohes Erholungspotenzial tiefe Nachfrage», «tiefes Erholungspotenzial hohe Nachfrage» und «tiefes Erholungspotenzial tiefe Nachfrage» wurde aufgrund der Datenverteilung anhand der Medianwerte des Erholungspotenzials und der potenziellen Nachfrage vorgenommen. Ein Fließgewässerabschnitt im Siedlungsgebiet weist eine hohe potenzielle Nachfrage auf sofern der Wohnbevölkerungswert über dem Median von 1511.65 oder die Anzahl Beschäftigten über dem Median von 463.46 liegt. Im «nicht Siedlungsgebiet» muss der Median von 178.89 (Wohnbevölkerung) oder der Median von 55.07 (Beschäftigte) überschritten werden damit die Nachfrage eines Fließgewässerabschnitts als potenziell hoch eingestuft wird. Beim Erholungspotenzial dient ebenfalls der Median zur Einteilung in Fließgewässerabschnitte mit einem hohen oder geringen Erholungspotenzial. Es wird die Modellvariante 4 verwendet, wobei der Median bei 14.43 (Siedlungsgebiet) bzw. bei 19.66 («nicht Siedlungsgebiet») liegt. Basierend auf diesen Schwellenwerten wurden die Fließgewässerabschnitte in die vier Klassen eingeteilt (siehe Abbildung 51). Im «nicht Siedlungsgebiet» ist die Klassenverteilung relativ ausgeglichen, wobei etwa die Hälfte der Abschnitte in die Klassen 1 und 2 sowie 3 und 4 eingeteilt werden. Im Siedlungsgebiet wurden nur wenige Abschnitte die Klassen 2 und 3 eingeteilt.

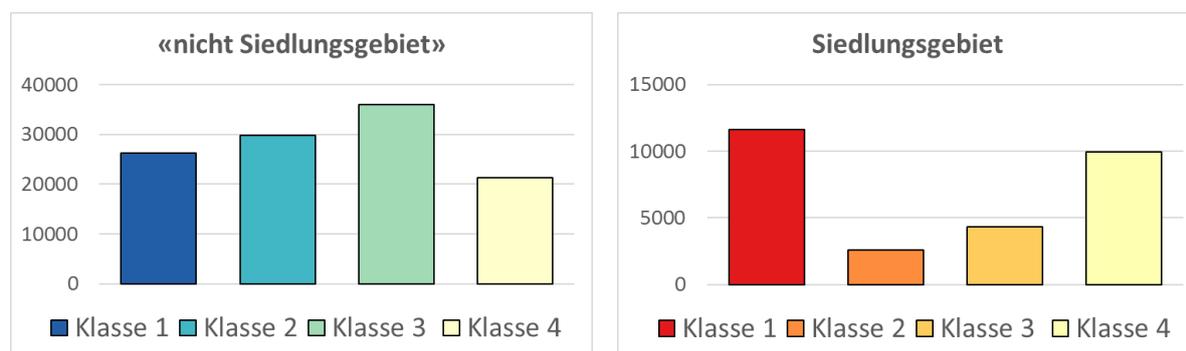
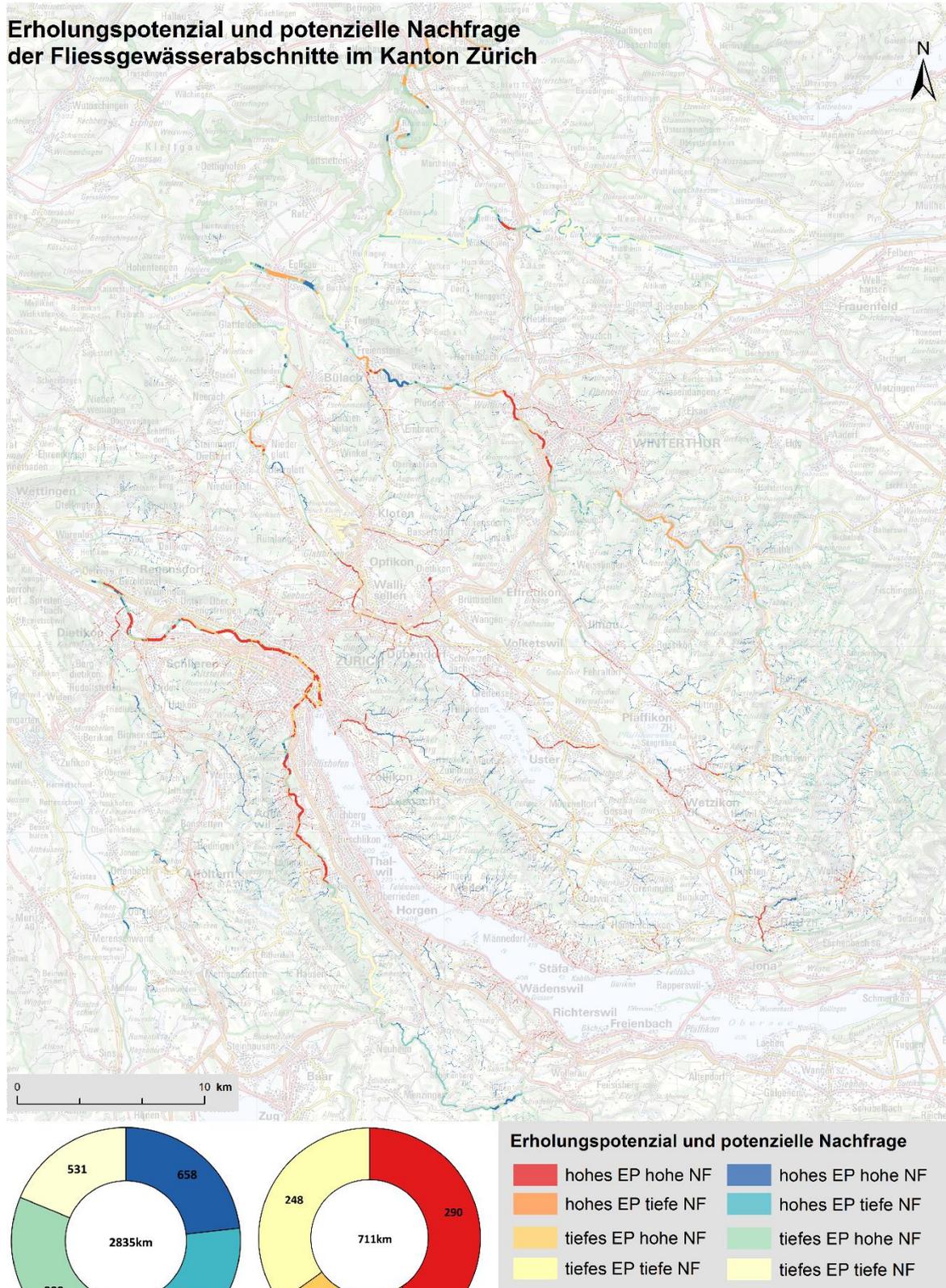


Abbildung 51: Verteilung der Anzahl Fließgewässerabschnitte auf die vier Klassen; «hohes EP hohe NF» (Klasse1) «hohes EP tiefe NF» (Klasse2) «tiefes EP hohe NF» (Klasse3) «tiefes EP tiefe NF» (Klasse4).

In Abbildung 52 (Karte «Erholungspotenzial und potenzielle Nachfrage der Fließgewässerabschnitte im Kanton Zürich») wird die eben beschriebene Einteilung verwendet um die Fließgewässer zu klassieren und die jeweiligen Klassenanteile aufzuzeigen.

Die Karte dient in Kapitel 5. als Diskussionsgrundlage und als Vergleich mit den Revitalisierungsplanungen. Dort wird später exemplarisch auf einzelne Fließgewässerabschnitte dieser Karte eingegangen, um mögliche Verbindungen zu den Revitalisierungsprojekten aufzeigen zu können.



Remo Gartenbein, 29.01.2016

Abbildung 52: Ausgewählte Fließgewässerabschnitte für das Siedlungs- und nicht Siedlungsgebiet. Siehe Anhang D.

4.3.6. Vergleich des Erholungspotenzials auf Gemeinde Ebene

Auf Gewässerabschnittsebene (siehe Abbildung 34 und Abbildung 52) sind Unterschiede des Erholungspotenzials nur bei näherer Betrachtung von einzelnen Gebieten ausmachbar. Um einen Überblick über die kantonale Verteilung des Erholungspotentials zu erhalten, wurden die Erholungspotentialwerte auf Gemeindeebene aggregiert. Die Choroplethen-Karte in Abbildung 53 zeigt die Erholungspotenzialwerte (anhand von Modellvariante 2) pro Gemeinde. Es wurde Modellvariante 2 ausgewählt, da dort die Gewichtung der Indikatoren relativ ausgeglichen ausfällt. Ausserdem wird durch die Aggregation Siedlungs- und «nicht Siedlungsgebiet» vermischt, was eine Unterscheidung zwischen den Modellvarianten erschwert.

Wie in Kapitel 3.6.9. erwähnt, wurden die Erholungspotentialwerte normalisiert und in eine Art Flächenmass umgewandelt, wie dies üblicher Weise für diese Darstellungsart gemacht wird (Slocum et al. 2014). Einerseits wird anhand der Karte die Verteilung der Erholungspotenzialwerte auf Gemeindeebene aufgezeigt, andererseits wird gleichzeitig die Relevanz der Gemeinden (Fliessgewässerslänge [m]) miteinberechnet. Die normalisierten Erholungspotenzialwerte weisen ein Minimum von 0.5, ein Maximum von 19.1 und im Mittel einen Wert von 8.2 auf.

Es scheinen räumliche Muster auf der Choroplethen-Karte erkenntlich zu sein. Anhand der räumlichen Autokorrelationsanalyse kann geprüft werden, ob die Verteilung der normalisierten Erholungspotenzialwerte zufällig ist. Der globale Moran's I wurde berechnet (ArcGIS). Aufgrund des Moran's Index (0.364765) und anhand der Z-Score (9.602616) kann die Aussage gemacht werden, dass die Werte signifikant «geclustert» und somit nicht zufällig im Kanton Zürich verteilt sind (Diniz-Filho et al. 2003; Kimerling et al. 2011). Gemeinden, die nahe beieinander liegen haben also tendenziell einen ähnlichen normalisierten Erholungspotenzialwert.

Alle Gemeinden zu nennen, würde den Rahmen der Arbeit sprengen, deshalb werden nur einige Beispiele aufgezählt. Die Gemeinden im östlichen Kantonsteil Bauma, Fischenthal, Kyburg, Sternenberg, Turbenthal, Wila und Wildberg weisen einen hohen normalisierten Erholungspotenzialwert auf (siehe Markierung 1), gleichzeitig ist dort auch das Fliessgewässernetz am ausgeprägtesten. Für die Gemeinden Feuertalen (2), Kilchberg und Rüslikon (4), Wallisellen (5), Volketswil (6) und Rafz (7) wurde ein geringer normalisierter Erholungspotenzialwert berechnet. Dies hat unterschiedliche Gründe. Kilchberg hat z.B. nur einen Bach der eingedolt ist, die Gemeinde Feuertalen liegt jedoch am Rhein, der durchaus attraktiv ist für die Naherholung, innerhalb der Gemeindegrenzen liegt jedoch nur ein kleiner Abschnitt des Flusses. Die Breite der Fliessgewässer spielt bei dieser Methode keine Rolle. Die Gemeinde Rafz weist ebenfalls nur wenige Fliessgewässer auf, welche zum Teil eingedolt sind. Die Gemeinden Wallisellen und Volketswil sind Agglomerationsräume mit Einkaufszentren und wenige bis keine Fliessgewässer verlaufen durch dieses

Gemeindegebiet. Die Gemeinde Horgen (3) weist einen sehr hohen normalisierten Erholungspotenzialwert auf. Generell sind auch die normalisierten Erholungspotenzialwerte der Gemeinden im nordwestlichen Kantonsteil tendenziell hoch. In Stallikon sorgt der Verlauf der Reppisch im Gemeindegebiet für einen hohen Wert, während in Horgen vor allem die Sihl (im Wildnispark Sihlwald) für diesen Wert verantwortlich ist. Daraus kann geschlossen werden, dass je urbaner eine Gemeinde ist und je weniger Fließgewässer sie dazu aufweist, desto geringer fällt der normalisierte Erholungspotenzialwert aus.

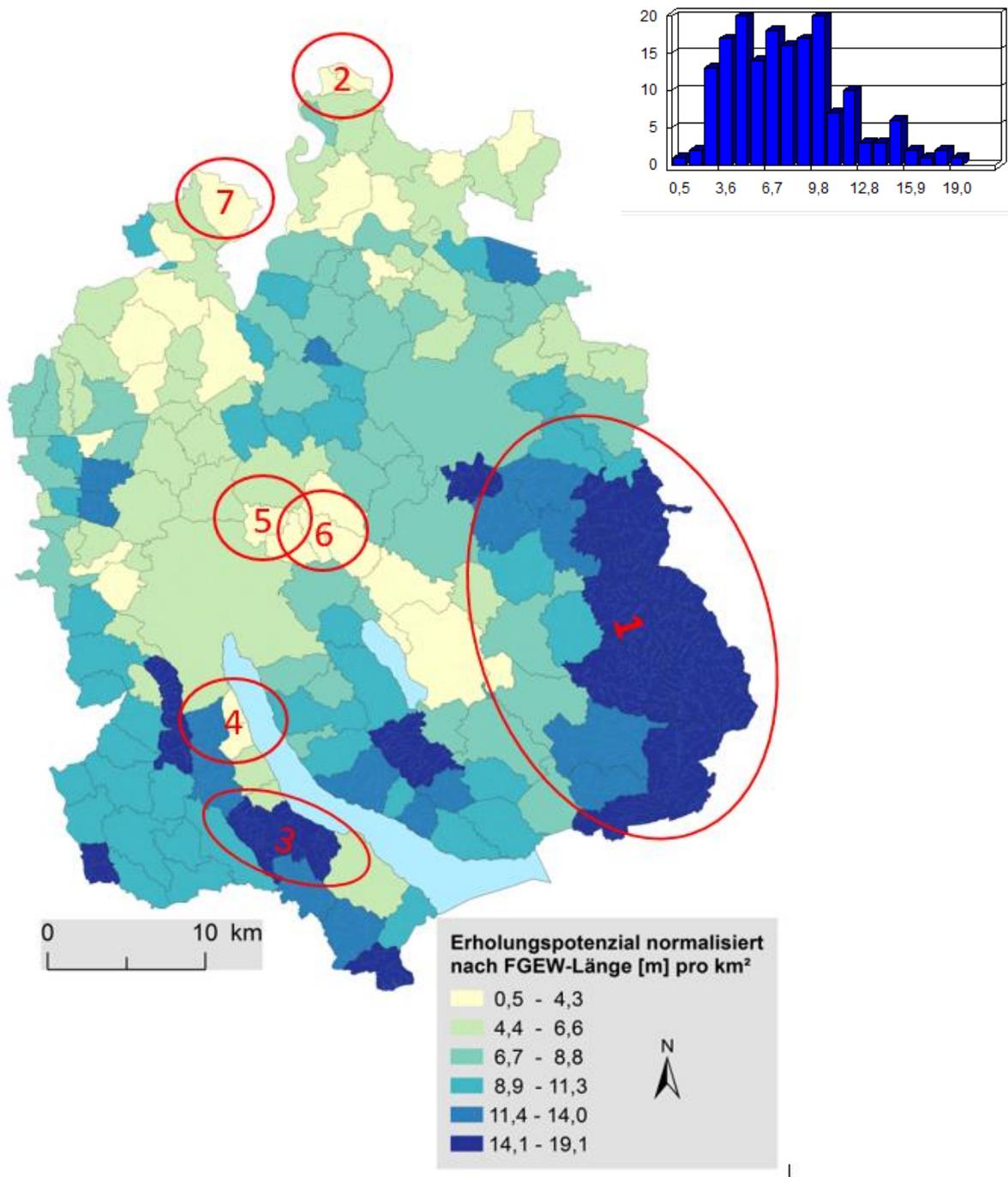


Abbildung 53: Choroplethenkarte des Erholungspotenzials (Modellvariante 2) pro Gemeinde, normalisiert aufgrund der Fließgewässerlänge [m] pro km². Die Verteilung der Erholungspotenzialwerte ist als Histogramm dargestellt.

5. Diskussion

In diesem Kapitel geht es darum, die Resultate zu diskutieren und die Forschungsfragen zu beantworten. Zuerst werden die Ergebnisse aus der Modellierung des Erholungspotenzials der Fliessgewässerabschnitte diskutiert und dann wird der Bezug zum wissenschaftlichen Hintergrund und anderen Forschungsarbeiten in diesem Gebiet hergestellt. Danach werden die Ergebnisse aus der Gegenüberstellung und Klassierung des Erholungspotenzials und der potenziellen Nachfrage diskutiert und in diesem Zusammenhang der mögliche Mehrwert dieser Erkenntnisse für die Revitalisierungsvorhaben besprochen. Die Resultate aus den ExpertInnenbefragungen werden ebenfalls aufgegriffen und in den Zusammenhang mit den Resultaten der Modellierung gebracht. Im Rahmen einer Methodenreflexion werden die angewandten Methoden und Modellierungsentscheidungen (im GIS) kritisch hinterfragt, um mögliche Grenzen und Schwachstellen aufzeigen zu können. Im Rahmen der Validierung (siehe Kapitel 3.7.8) werden einige Aspekte, vor allem die im Zusammenhang mit der Sensitivität der Modellierung, besprochen. Zum Schluss werden, basierend auf der Diskussion, die Forschungsfragen beantwortet.

An dieser Stelle werden zur besseren Übersicht die Forschungsfragen noch einmal dargelegt.

Die erste Forschungsfrage:

1) Inwiefern kann das Erholungspotenzial von Fliessgewässern quantifiziert werden?

- a) Welche Faktoren spielen bei der Erfassung des Erholungspotenzials eine Rolle und wie können diese anhand von räumlich messbaren Indikatoren umgesetzt werden?
- b) Wie ist das Erholungspotenzial der Fliessgewässer und die potenzielle Nachfrage im Kanton Zürich verteilt?
- c) Inwiefern eignen sich die im Rahmen der *Multicriteria Decision Analysis* umgesetzten Methoden zur Messung des Erholungspotenzials?

Der Forschungsprozess baute auf der übergeordneten Forschungsfrage auf. Das Erholungspotenzial sollte anhand einer GIS-Modellierung quantifiziert werden. Es mussten zuerst Indikatoren erarbeitet werden und es wurde der AHP im Feld der MCDA als Methode für die Einbettung der GIS-Modellierung ausgewählt. Die Ergebnisse der MCDA mussten zuerst auf ihre Plausibilität geprüft werden, bevor diese weiter aufbereitet werden konnten. Es konnte die Verteilung des Erholungspotenzials im Gesamtfliessgewässernetz des Kantons Zürich aufgezeigt werden. Alle drei Forschungsfragen sind miteinander verknüpft, deshalb ist eine isolierte Beantwortung der Fragen zum Teil nicht möglich. Anhand der Kapitel 5.1. und 5.2. wird versucht, die Forschungsfragen 1., a) und b). zu beantworten. In Kapitel 5.1. wird dargelegt, wie die Erholungspotenzialwerte im Allgemeinen beurteilt werden können und inwiefern dies mit der Erhebung der Indikatoren und den Eigenschaften des AHP in Verbindung

steht. Ein Vergleich mit anderen Forschungsarbeiten trägt ausserdem dazu bei, die Ergebnisse im Forschungskontext besser einordnen zu können. Forschungsfrage c) wird in Kapitel 5.3. aufgegriffen. Sowohl die Eignung der Modellierungsentscheidungen, als auch die innerhalb der MCDA angewandten Methoden, wie z.B. die Befragungen von ExpertInnen oder dem AHP werden diskutiert. Ausserdem spielen bei der Beantwortung dieser Frage auch die Ergebnisse der Plausibilitätsprüfung eine entscheidende Rolle, diese werden in Kapitel 5.1. kurz dargelegt.

Die Beantwortung der zweiten Forschungsfrage:

2) Wie können Untersuchungen zum Erholungspotenzial von Fliessgewässern und der potenziellen Nachfrage nach (Nah-)Erholung im Kanton Zürich in Revitalisierungsplanungen miteinfließen?

Es ein Vergleich der Erholungspotenzial-Messungen mit den Ergebnissen der Revitalisierungsprioritäten angestrebt. Die Diskussion dieser Frage soll ausserdem eine Anregung für zukünftige Revitalisierungsplanungen im Hinblick auf die Mitberücksichtigung der Erholungseignung von Fliessgewässern bilden.

5.1. Erholungspotenzial

Das Hauptergebnis der Arbeit stellt das für die Fliessgewässerabschnitte berechnete Erholungspotenzial dar. In diesem Geometrie-Feature sind alle Attribute (Kriterien) enthalten, aus welchen später das Erholungspotenzial abgeleitet wurde. Wie in Kapitel 4.3.2. aufgezeigt wurde, konnte berechnet werden, wie viele Kilometer Fliessgewässer des Kantons Zürich, welches Erholungspotenzial aufweisen. Anhand der produzierten Karten (Abbildung 33 und Abbildung 52) wird die räumliche Verteilung des Erholungspotenzials sowie die potenzielle Nachfrage aufgezeigt. Dies ist ein Beitrag zur Messung der kulturellen Ökosystemdienstleistungen im Sinne der Ziele G2 und I7 (siehe Kapitel 2.2.). Die Aufgrund der Karten können, Rückschlüsse über die Verteilung des Erholungspotenzials im gesamten Kanton Zürich oder innerhalb eines spezifischen Gebiets gezogen werden.

Um die Erholungspotenzialkarte besser beurteilen zu können, werden im nächsten Kapitel die Ergebnisse aus der Plausibilitätsprüfung besprochen.

5.1.1. Beurteilung der Erholungspotenzialwerte

Die Plausibilitätsprüfung (siehe Kapitel 4.3.3.) hat ergeben, dass das Erholungspotenzial durchaus eine Annäherung an die Realität darstellen kann. Es hat sich nicht gezeigt, dass an einem vor Ort als attraktiv eingestuften Abschnitt das berechnete Erholungspotenzial sehr gering oder deutlich unterdurchschnittlich ausfiel. In den Stichproben wurden auch Fliessgewässerabschnitte mit einem geringen Erholungspotenzial untersucht, z.B. eingedolte Abschnitte (Mülibach bei Ebertswil ID 1398)

oder Abschnitte an der Jona, wo aufgrund des Strassenlärms und der Verschlechterung der Natürlichkeit eine deutliche Verminderung des Erholungspotenzials zu verzeichnen war (ID 107925). Dies weist darauf hin, dass die Modellierung der Erholungspotenzialwerte grundsätzlich plausible Ergebnisse hervorgebracht hatte. Aufgrund der positiven Ergebnisse erschien es als sinnvoll, die Verteilung der Erholungspotenzialwerte der Fliessgewässer des Kantons Zürich in Form einer Bestandsaufnahme zusammenzufassen. Der Erholungspotenzialkarte (siehe Abbildung 33) wurden zwei Diagramme hinzugefügt, um einen Überblick der Aufteilung des gesamten Fliessgewässernetzes des Kantons Zürich aufgrund der Erholungspotenzialklassen (siehe Kapitel 4.3.2.) zu ermöglichen. Die Erholungspotenzialkarten stellen das Ergebnis der GIS-Modellierung dar.

Anhand der Karte und Diagramme wird ersichtlich, wie viele Kilometer Fliessgewässer im Kanton Zürich in welche Erholungspotenzialklasse eingeteilt werden können. Die Plausibilitätsuntersuchungen haben ergeben, dass klare Unterschiede im Erholungspotenzial auszumachen sind z.B. ein Vergleich zwischen einem Wert (Modellvariante 2) von 12.48 (Würibach ID 77509) und 18.78 (Jona ID 107925) («nicht Siedlungsgebiet») auch in der Realität tatsächlich bemerkbare Unterschiede in der Erholungseignung zwischen diesen beiden Abschnitten auszumachen sind. Bei einem Vergleich von zwei Abschnitten mit den Werten (Modellvariante 2) 10.81 (Eulach ID 44730) und 11.40 (Mattenbach ID 22428), ist die Wahrscheinlichkeit, dass in den meisten Fällen keine offensichtlichen Unterschiede bezüglich der effektiven Erholungsqualität festgestellt werden können, höher. Dies liegt der angewendeten Methodik zugrunde, denn auch eine geringe Änderung der Kriterienwerte führt zu einem unterschiedlichen Erholungspotenzialwert. Wo die Schwellenwerte liegen, z.B. ab welchem Wert der Nutzen für die Erholung abflacht, oder welchen Wert ein Abschnitt minimal aufweisen sollte, damit die Eignung für die Erholung akzeptabel ist, lässt sich nicht beurteilen. Zwar handelt es sich bei den Erholungspotenzialwerten theoretisch um eine Intervallskala, inwiefern ein Unterschied von 0.61 im Erholungspotenzial für die effektive Erholung vor Ort eine entscheidende Rolle spielt, lässt sich nicht genau sagen. Streng genommen, müsste daher eher eine Ordinalskala angenommen werden (Backhaus et al. 2010). Kleinere Unterschiede beim Erholungspotenzial zwischen Fliessgewässerabschnitten deutet darauf hin, dass deren Erholungseignung etwa gleich gut oder schlecht ausfällt.

Abgesehen von den unterschiedlichen Erholungspotenzialwerte, ist es möglich, dass an einem Abschnitt andere Faktoren, welche in der Modellierung nicht gemessen werden konnten, wesentlich für die Ausprägung der Erholung verantwortlich sind. Wie in Kapitel 2.4. bereits angesprochen wurde, hat z.B. Kaiser (2005) aufgezeigt, wie vielfältig die verschiedenen Nutzungs- und Funktionsbereiche von Fliessgewässern sind. Diese Erkenntnisse waren wiederum in Kapitel 4.1. für die Indikatoren-Auswahl relevant. In dieser Arbeit konnten jedoch nur ein Teil der in Tabelle 3 aufgelisteten Kriterien abgedeckt werden.

Dies führt zu einer weiteren Einschränkung der Erholungspotenzialwerte, denn es ist möglich, dass ein Abschnitt mit einem Wert von z.B. 16 effektiv besser für die Erholung geeignet ist, als ein Abschnitt mit einem Wert von z.B. 17.5, weil es noch weitere Faktoren geben könnte, welche die Erholung beeinflussen. Beispielsweise kann ein Abschnitt mit einem niedrigeren Wert aufgrund von anderen positiven Faktoren trotzdem für die Erholung geeignet sein. Im nächsten Abschnitt wird auf die Indikatoren-Auswahl etwas detaillierter eingegangen.

Aufgrund der Anzahl, der im Rahmen der Plausibilitätsprüfung untersuchten Abschnitte (6 Stichproben, 5 Feldbegehungen) handelt es sich um ein qualitatives Urteil über die effektive Übereinstimmung der Erholungspotenzialwerte mit den realen Erholungseignungen. Im Rahmen dieser Untersuchungen zeigten sich jedoch plausible und begründbare Resultate (siehe Kapitel 4.3.4.).

5.1.2. Beitrag zur Erhebung von kulturellen Ökosystemdienstleistungen

Im Rahmen der kulturellen Ökosystemdienstleistungen wurden verschiedene Indikatoren zu deren Messung aufgestellt. Diese Arbeit stellt einen Beitrag zur Quantifizierung der in Kapitel 2.2. besprochenen generellen Zielen zur Erfassung von kulturellen Ökosystemleistungen dar. Dies beinhaltet u.a. die Erholungsleistung durch städtische Grün- und Freiräume, sowie Nah- und Fernerholungsräume und entspricht dem LABES Indikator 31a. Als Unterziel I7 werden «frei zugänglich» Gewässerabschnitte erwähnt (Grêt-Regamey, Kienast, et al. 2014; Kienast et al. 2013). Hinter «frei zugänglich» verstecken sich wiederum mehrere Aspekte, wobei unter Indikator I7 grundsätzlich zwischen potenziell erschlossenen und mit einem Weg erschlossenen Fließgewässern unterschieden werden sollte. Diese Aspekte stellen nur einen Bruchteil der ausgearbeiteten Indikatoren dar (siehe Tabelle 3). Wie in Kapitel 2.3. gezeigt wurde, gibt es verschiedene Studien, welche aufgrund von Indikatoren die Erholungseignung untersucht haben. Die Präsenz von Gewässern stellt dabei in verschiedenen Studien ein Indikator für die Messung der Erholungseignung dar. Diese Untersuchung geht einen Schritt weiter, indem die allgemeinen Faktoren, welche für die Erholung relevant sind, auf die Fließgewässer übertragen werden. Die Fließgewässer welche für die Erholung als bereits attraktiver Raum gelten (vgl. Buchecker et al. 2013), wurden isoliert anhand dieser Faktoren analysiert. Somit wird anstelle der ganzen Landschaft nur ein Landschaftsmerkmal auf seine Erholungseignung untersucht.

Wie in am Anfang des Kapitels 5.1. bereits aufgezeigt wurde, stellt die Erfassung des Erholungspotenzials und dessen Gegenüberstellung mit der potenziellen Nachfrage ein Beitrag im Sinne der Ziele G2 und I7 der kulturellen Ökosystemdienstleistungen dar.

Das Konzept der Grünstadt Zürich (2005) steht im Zusammenhang mit der Versorgung der Bevölkerung von Frei- und Grünräumen, welche im Rahmen der kulturellen Ökosystemdienstleistungen untersucht wird (Grêt-Regamey, Weibel, et al. 2014). Ein anderer Ansatz im Sinne des Konzepts der Grünstadt

Zürich hätte die Messung des verfügbaren Uferraumes am Fließgewässer, z.B. die verfügbare Frei- und Grünfläche pro Person, dargestellt (Grünstadt Zürich 2005). Neben der Quantifizierung des Erholungspotenzials und der potenziellen Nachfrage pro Fließgewässerabschnitt, wäre eine Messung des Versorgungsgrades an attraktivem Fließgewässerraum eine mögliche Weiterentwicklung. Dies würde voraussetzen, dass der verfügbare Raum am Ufer gemessen und der verfügbare Raum in Bezug mit der Anzahl Haushalte im Einzugsgebiet gesetzt werden müsste. Ein Mindestmass an Uferfläche pro Person müsste ermittelt werden. Ausserdem wäre es eine Herausforderung, Hindernisse für die Erreichbarkeit miteinzubeziehen und das Einzugsgebiet zu berechnen wie dies von Grünstadt Zürich (2005) gemacht wurde. Im Rahmen dieser Arbeit und den angewandten Methoden konnte dies nicht realisiert werden.

5.1.3. Indikatoren-Auswahl

Die Indikatoren-Auswahl wird in Tabelle 3 aufgezeigt. Anhand der Literaturrecherche konnten einige Indikatoren erarbeitet werden. Die Auswertung der ExpertInnengespräche aus Teil 1 (siehe Kapitel 4.1.), die in dieser Arbeit ausgearbeiteten Indikatoren und Kriterien konnten nicht alle modelliert werden. Ausserdem zeigen die Untersuchungen von Kaiser (2005), dass es sehr viele für die Erholung relevante Faktoren gibt, als dass diese im Rahmen der Arbeit alle hätten erfasst werden können. Für viele relevanten Faktoren besteht jedoch keine Datengrundlage für die räumliche und grossflächige Messung anhand von Kriterienwerten. Eine Einschränkung der Nutzergruppe auf Spaziergänger und Wanderer sowie die Naherholung tragen dazu bei, dieses Spektrum zu reduzieren.

Daraus folgt, dass Fließgewässerabschnitte, die aufgrund anderer Faktoren sehr attraktiv für die Erholung sind, in dieser Modellierung theoretisch einen tiefen Wert aufweisen können und umgekehrt. Wie in Kapitel 5.1.1. erwähnt wurde, scheint die Modellierung jedoch plausible Annäherungen an die realen Gegebenheiten hervorgebracht zu haben.

In Kapitel 4.2. wurde erwähnt, welche Faktoren nicht berücksichtigt werden konnten. Einige Beispiele für Einschränkungen, welche getroffen werden mussten, werden an dieser Stelle aufgegriffen. Die konkrete Ausgestaltung des Ufers ist ein Beispiel für den Indikator Erreichbarkeit und Zugänglichkeit. Ob ein Ufer stark bewachsen ist (z.B. mit Gestrüpp oder gar Zäune die den Zugang verhindern), oder bauliche Massnahmen vorhanden sind, welche den Zugang zum Gewässer trotz steilem Gelände ermöglichen (siehe Abbildung 46, Thur), spielt für die Erholungseignung eine Rolle. Ein detaillierter Miteinbezug der Bauzonen könnte dabei helfen, beispielsweise Privatgrundstücke auszuschliessen und nur öffentlich zugängliche Abschnitte in die Analyse miteinzubeziehen. In Zusammenhang mit dem Indikator Ungestörtheit wurden einige Faktoren genannt, welche messbar wären, wie z.B. der Fluglärm, welcher in dieser Arbeit nicht berücksichtigt wurde. Die Geräuschkulisse (*Soundscape*) zu messen wäre theoretisch umsetzbar, wenn anhand des durchschnittlichen Abflusses und der

Fliessgeschwindigkeit ein Geräuschpegel ermittelt werden könnte um abzuschätzen, inwiefern andere Störungsquellen dadurch abgeschwächt werden würden. Ein Miteinbezug von Hindernissen im Fliessgewässer stellt eine weitere Thematik dar, die nicht berücksichtigt wurde. In der Nähe von Kraftwerken kann die Nutzung aufgrund von Wehren eingeschränkt sein. Verbauungen können bezüglich der Ästhetik von Erholungssuchenden unterschiedlich bewertet werden. Abstürze können ebenfalls Einschränkungen darstellen oder in Form von ästhetisch attraktiven Wasserfällen eine Aufwertung bedeuten. Zu viele Menschen können einen Ort auch unattraktiv machen (*Crowding*).

Um diese Faktoren auf einer kantonalen Skala zu messen, gibt es, wie in der Auswertung der ExpertInnengesprächen erwähnt wurde keine Datengrundlagen oder es wäre notwendig, weitere Methoden auszuarbeiten.

Obwohl aufgrund der Indikatoren-Liste (Tabelle 3) ein Potenzial für die Berücksichtigung weiterer Indikatoren und Kriterien bestünde, scheinen die wichtigsten Faktoren für die Erholung berücksichtigt worden zu sein. Dies konnten die Ergebnisse der Plausibilitätsprüfung zeigen (siehe Kapitel 4.3.3./4.3.4.). Die Anzahl an berücksichtigten Kriterien ist bereits relativ gross, somit wäre auch eine Einschränkung auf die aussagekräftigsten Kriterien denkbar, um die Erholungspotenzialwerte einfacher interpretieren zu können.

5.1.4. Einfluss der Modellierung auf die Erholungspotenzialwerte

Die Erholungspotenzialwerte an einem Abschnitt sind neben der Ausprägung der Kriterien abhängig von deren Bewertungskurven (siehe Kapitel 4.2.3.) und den Gewichtungen (siehe Tabelle 4). Jeder Modellvariante liegt eine unterschiedliche Gewichtung zugrunde. Der Erkenntnisgewinn beruht nicht auf den konkreten Gewichtungswerten, denn es ist zu erwarten, dass diese bei einer erneuten ExpertInnenbefragung unterschiedlich eingeschätzt würden. Trotz der unterschiedlichen Gewichtungen und daraus entstandenen Modellvarianten, waren die räumlichen Muster der Fliessgewässerabschnitte zum Teil sehr ähnlich. Die Wahl der Modellvariante beeinflusst vor allem die Höhe des Erholungspotenzialwertes. Innerhalb einer Modellvariante ist die Datenverteilung vor allem für das «nicht Siedlungsgebiet» vergleichbar (siehe Kapitel 4.3.2.).

Uneinigheiten der ExpertInnen bezüglich der Gewichtungen weisen darauf hin, dass weitere Untersuchungen bzw. Befragungsrunden nötig wären. Um eine Übereinstimmung zwischen den ExpertInnen bezüglich der Bewertungskurven und Gewichtungen zu finden wäre beispielsweise eine Fokus-Gruppe geeignet.

Anhand von Modellvariante 2, welche für die Darstellung der Erholungspotenzialkarte (Abbildung 33) verwendet wurde, wird der Einfluss der Gewichtungen (siehe Tabelle 4) auf den Erholungspotenzialwert besprochen. Die Erreichbarkeit und Zugänglichkeit wird in dieser Variante mit

0.30 (Siedlung) und 0.14 (nicht Siedlung) gewichtet, die Natürlichkeit mit 0.12 und 0.37, die Gewässerraumnutzung mit 0.40 und 0.16 und die Ungestörtheit mit 0.18 und 0.33. Die Kriterien der Indikatoren wurden wiederum unterschiedlich gewichtet. Auf eine Aufzählung wird hier verzichtet. Die Kriterien des Indikators Ungestörtheit, weisen für die meisten Abschnitte einen sehr hohen Wert auf und leisten insgesamt einen relativ geringen Beitrag zur Erklärung des gesamten Erholungspotenzials der Fliessgewässerabschnitte (siehe Tabelle 6 und Tabelle 7). Eine starke Gewichtung dieses Indikators erhöht vor allem die meisten Erholungspotenzialwerte und schwächt die Signale der anderen Kriterien ab. Daraus lässt sich schliessen, dass einige Modellvarianten höhere Werte aufweisen, weil beispielsweise, Kriterien die nur selten niedrige Werte aufweisen, stärker gewichtet werden als in anderen Modellvarianten (siehe Kapitel 4.2.). Würden hingegen in einer Modellvariante ein Indikator oder Kriterium mit vielen niedrigen Werten stark gewichtet (z.B. ÖV-Güteklasse), wäre das Gegenteil der Fall.

Die GIS-Modellierung stellt neben der Bewertung und Gewichtung der Kriterien ein wichtiger Faktor für die Berechnung der Erholungspotenzialwerte dar und wird in Kapitel 5.3. besprochen.

An dieser Stelle kann ein Teil der ersten, übergeordneten Forschungsfrage, inwiefern das Erholungspotenzial quantifiziert werden kann, beantwortet werden. Es wurde gezeigt, dass die Erholungspotenzialwerte grundsätzlich gute Annäherungen an die realen Gegebenheiten darstellen, gewisse Einschränkungen sind jedoch zu berücksichtigen, z.B. sind geringe Erholungspotenzialunterschiede weniger aussagekräftig. Das Ergebnis der Quantifizierung stellen die Erholungspotenzialkarten (Abbildung 33 und Abbildung 52) dar. Anhand dieser Karten sind im Sinne der kulturellen Ökosystemdienstleistungen, Ziel G2 (Erholung), Rückschlüsse über die Verfügbarkeit und Verteilung von attraktiven (Nah-)Erholungsräumen an Fliessgewässern möglich. Neben den Karten, stellt die recht umfangreiche Indikatoren-Liste einen Beitrag zur Weiterentwicklung der Quantifizierung des Erholungspotenzials von Fliessgewässern dar.

5.2. Vergleich der Ergebnisse mit anderen Untersuchungen

Für eine bessere Einschätzung der Ergebnisse dieser Arbeit wird ein Vergleich mit einer ähnlichen Arbeit von Spiess et al. (2008; 2009) vorgenommen. Wie in Kapitel 2.3. bereits erwähnt wurde, beschäftigte sich diese Forschungsarbeit ebenfalls mit gewässerbezogenen Naherholungsräumen im Kanton Zürich.

Es gibt leider wenige Studien, welche die Erholungseignung des Fliessgewässerraums untersucht haben. Obwohl die angewendeten Modellierungsgrundlagen dieser Arbeit sich von jenen von Spiess et al. (2008) unterscheiden, ist es interessant, die Ergebnisse miteinander zu vergleichen (siehe Abbildung 54). Da in der Vergleichsstudie (Spiess et al. 2008) mit Aufwertungspotenzialen gearbeitet wird, bietet sich ein Vergleich der Karte in Abbildung 52 an. In dieser Karte wird zwischen vier Klassen

unterschieden, welche jeweils für das Siedlungs- und «nicht Siedlungsgebiet» gelten; «hohes Erholungspotenzial (EP) und hohe potenzielle Nachfrage (NF)», «hohes EP tiefe NF», «tiefes EP hohe NF», sowie «tiefes EP tiefe NF». Spiess et. al. (2008) haben hingegen in einer Pilotstudie in Dietikon den Fließgewässerraum klassiert, in «bereits attraktiv», sowie in «Aufwertungspotenzial 1 und 2».

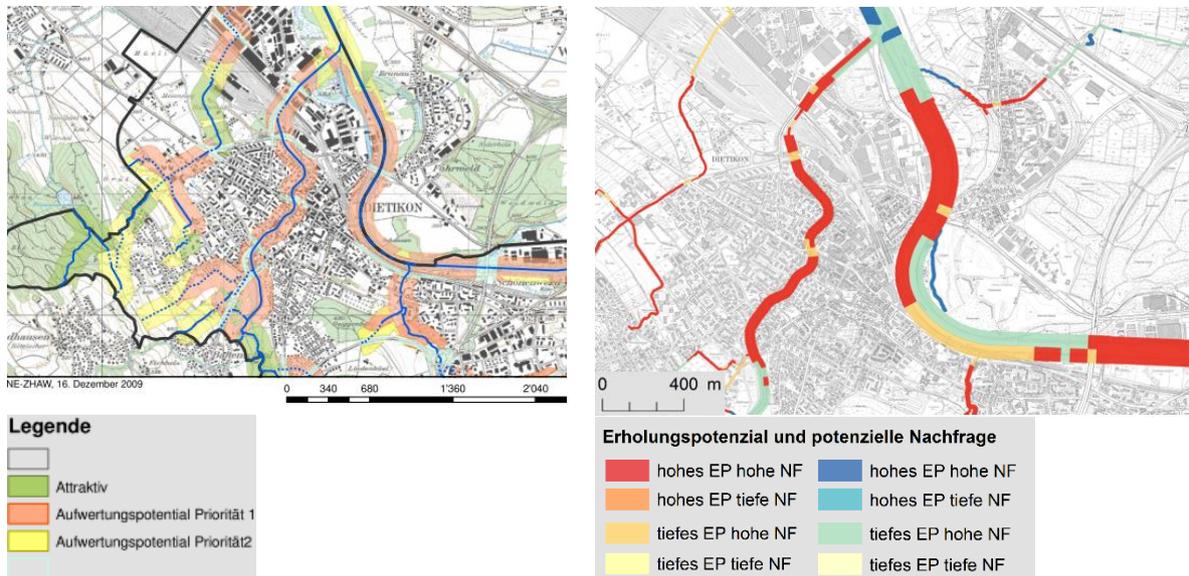


Abbildung 54: Vergleich zwischen der Detailkarte Naherholungspotenzial an Fließgewässern: Dietikon aus Spiess et al. (2008) (links) und der Erholungspotenzialkarte dieser Arbeit (Abbildung 52) (rechts).

Auffallend auf den ersten Blick ist, dass die Unterscheidung zwischen Siedlungs- und «nicht Siedlungsgebiet» im rechten Kartenausschnitt dazu führt, dass oft ein Klassenwechsel stattfindet. Ausserdem können die verschiedenen Uferseiten unterschiedliche Werte aufweisen und zum Siedlungs- und «nicht Siedlungsgebiet» gezählt werden. Würde nicht zwischen Siedlungs- und «nicht Siedlungsgebiet» unterschieden, würde dieser Effekt nicht bestehen.

Eine Unterscheidung zwischen Siedlung- und «nicht Siedlung» wurde in Spiess et al. (2008) nicht gemacht, der Grund liegt vermutlich in der Fokussierung auf den Agglomerationsraum. Auf der rechten Karte in Abbildung 54 sind die Fließgewässerabschnitte proportional zu ihrer Breite dargestellt, in der linken Karte wurde ein einheitlicher Puffer verwendet. Die linke Karte zeigt relativ wenige Abschnitte, welche in die Klasse «attraktiv» eingeteilt werden, während auf der rechten Karte einige Abschnitte, dabei vor allem innerhalb der Siedlung, ein in die Klasse «hohes EP hohe NF» eingeteilt wurden. Es stellt sich die Frage, ob diese Abschnitte für die Erholung überhaupt zwingend aufgewertet werden sollten, da diese bereits im aktuellen Zustand für die Erholung geeignet sind. Bei der Beantwortung der Frage nach einer Priorisierung der aufzuwertenden Abschnitte könnte die Klasse «tiefes EP hohe NF» hinzugezogen werden. Während in der Arbeit von Spiess et al. (2008) eine Klassierung der Aufwertungspotenzial gemacht wurde, wurde in dieser Arbeit darauf verzichtet. Würden die «Aufwertungspotenzialklasse 1», sowie die Klasse «hohes EP hohe NF» als identisch erachtet, gäbe es Übereinstimmungen zwischen den beiden Arbeiten, wie anhand Abbildung 54 ersichtlich ist. Würde

nur die Klasse «tiefes EP hohe NF» für eine Aufwertung vorgeschlagen, würden die Unterschiede zwischen den Modellierungen deutlicher ausfallen. Auf der linken Karte würden sehr viele Abschnitte aufgewertet werden, auf der rechten Karte hingegen würde sich die Anzahl aufzuwertender Abschnitte verringern, denn innerhalb des Siedlungsgebietes gehören die meisten Abschnitte zur Klasse «hohes EP hohe NF» (siehe Abbildung 54). Da den Resultaten sehr unterschiedliche Herangehensweisen zugrunde liegen, ist ein Urteil darüber, welche Ergebnisse plausibler sind, nicht möglich.

Die von Spiess et al. (2008) erarbeitete Modellierung der potenziellen Naherholung der Fliessgewässerabschnitte ist einfach nachvollziehbar. Diese Modellierungsschritte wurden in Kapitel 2.3. aufgezeigt. Gemeinsamkeiten mit der Arbeit von Spiess et al. (2008) stellt die Berücksichtigung der Erreichbarkeit, der landschaftlichen Eignung sowie die Berücksichtigung von Infrastrukturen dar. Als wesentlichen Unterschied ist zu erwähnen, dass die Vergleichsstudie den Lebensraumpotenzial für Tiere und Pflanzen mitberücksichtigt hat. Ausserdem wurde die Modellierung von Spiess et al. (2008) in mehreren Selektionsstufen durchgeführt, was ein ganz anderer Ansatz im Vergleich zur MCDA darstellt.

Aufgrund der vielen Kriterien wurde die MCDA komplex und eine Interpretation der Resultate wird dadurch zum Teil erschwert, weshalb es nötig ist, die Gewichtungen und die Verteilung der Kriterienwerte möglichst transparent darzulegen (siehe Kapitel 4.2.4. und 4.3.1.). Ein Vorteil gegenüber der Modellierung von Spiess et al. (2008) ist, dass eine Aussage bezüglich der Aufteilung der Erholungspotenzialwerte der 2835 km («nicht Siedlungsgebiet») bzw. 711 km (Siedlungsgebiet) Fliessgewässer des Kantons Zürich zu machen, denn (fast) alle Fliessgewässerabschnitte wurden in der Modellierung erfasst (siehe Abbildung 33 und Abbildung 52).

Ein weiterer Grund der für die Berücksichtigung aller Fliessgewässer, unabhängig ihrer Dimension spricht, zeigen die Ergebnisse von Bögli (2015). Es konnten innerhalb der erwähnten Studie keine signifikanten Präferenzen bezüglich breiter oder schmaler Flüsse bei den befragten Personen an verschiedenen Untersuchungsgebieten festgestellt werden (ebd.).

Der Vergleich der beiden Studien hat gezeigt, dass eine weitere Einschränkung der Klassen in der Form von den von Spiess et al. (2008) vorgeschlagenen Prioritätsstufen, wünschenswert sein könnte. Es ist möglich, nach der Berechnung der Erholungspotenzialwerte, eine weitere Einschränkung (*Post Aggregation Criteria*) oder Klassierung der Abschnitte vorzunehmen, um die Resultate der MCDA weiter einzugrenzen (Malczewski & Rinner 2015).

Basierend auf der oben erwähnten Pilotstudie von Spiess et al. (2008) hat das Amt für Abfall Wasser Energie und Luft (AWEL) eine Karte mit der Erholungseignung für den gesamten Kanton Zürich erstellt (siehe Abbildung 55). In Ausschnitt 1 ist die Verteilung der Klassen des gesamten Fliessgewässers des

Kantons Zürich zu sehen. Die Karte weist wiederum dieselben Klassen («attraktiv» und «Aufwertungspotenzial 1 und 2»), sowie ausgeschlossene Abschnitte, wie grosse Strassen «Klasse B») auf. Sehr viele Abschnitte wurden anscheinend der Klasse «attraktiv» zugeteilt. Viele graue Abschnitte der «Klasse B» sind ebenfalls zu erkennen (z.B. Stadt Zürich). Ein umfangreicher Vergleich zwischen den Ergebnissen würde im Rahmen der Diskussion zu weit führen. Ausserdem ist nicht klar, wie die Karte genau erstellt wurde. Deshalb wird vor allem auf einige Hauptunterschiede eingegangen, welche auf einem visuellen Vergleich der Erholungspotenzialkarte dieser Arbeit (siehe Abbildung 33) basieren.

Ein Beispiel, an der Töss bei Winterthur Wülflingen, das bereits in der Plausibilitätsanalyse (Kapitel 4.3.4.) betrachtet wurde, dient in Abbildung 55 als Vergleich. Die Verkehrsinfrastrukturen wurden in Ausschnitt 2 in «Klasse B» eingeteilt. Auf der einen Seite erscheint ein Ausschluss der grösseren Strassen für sinnvoll, denn die Situation für die Erholung kann dort mit Aufwertungen meistens nicht verändert werden, ausser vielleicht mit Lärmschutzmassnahmen. Gegen einen Ausschluss dieser Abschnitte kann das Argument der Bestandsaufnahme der Fliessgewässer darstellen, denn auch ungeeignete Abschnitte sollen erfasst werden, ausserdem führen Autobahnen (wie in diesem Beispiel) oft über Brücken und das Fliessgewässer kann trotzdem genutzt werden. In Ausschnitt 3 wird u.a. aufgrund des Einflusses der Strasse das Erholungspotenzial an diesen Abschnitten verringert (siehe schwarze Markierung) und die Erholungspotenzialwerte werden deshalb der niedrigsten Klasse (7.5 bis 10.5) zugeteilt, was unter dem Median von 11.13 dieser Modellvariante liegt.

Die Ergebnisse der Karte von Spiess et al. (2008) und der Erholungspotenzialkarte scheinen sehr unterschiedlich zu sein. Beispielsweise sind in Ausschnitt 2 sehr viele Abschnitte als «Aufwertungspotenzial 1» aufgelistet. In Ausschnitt 3 ist aufgrund der Klassen ersichtlich, wo allenfalls die Erholungseignung bereits im aktuellen Zustand gut sein könnte, ohne dass eine Aufwertung zwingend notwendig ist. Die Erholungspotenzialkarte zeigt viel kleinräumigere Unterschiede auf.

Leider liegen keine Daten betreffend der Verteilung der Klassen [km] «attraktiv», «Aufwertungspotenzial 1 und 2» für das Gesamtfliessgewässernetz vor, deshalb ist ein Vergleich mit den in dieser Arbeit erstellten Diagrammen (siehe Abbildung 33) leider nicht möglich.

In Kapitel 4.3.5. wurde gezeigt, wie anhand der potenziellen Nachfrage eine Reduktion der Klassen der Erholungspotenzialkarte vorgenommen wurde, was eine Annäherung an die Klassierungen von Spiess et al. (2008) bedeutet. In Kapitel 5.4. findet diesbezüglich ein Vergleich statt.

Der Vergleich der Ergebnisse der beiden Arbeiten zeigt, wie komplex die Erfassung der Raumaufteilung von Fliessgewässern ist. Studien welche sich mit der räumlichen Erfassung der Erholungseignung von Fliessgewässern aufgrund einer GIS-Modellierung beschäftigt haben sind rar, diese Arbeit leistet daher einen Beitrag für die Weiterentwicklung dieses Forschungsfeldes.

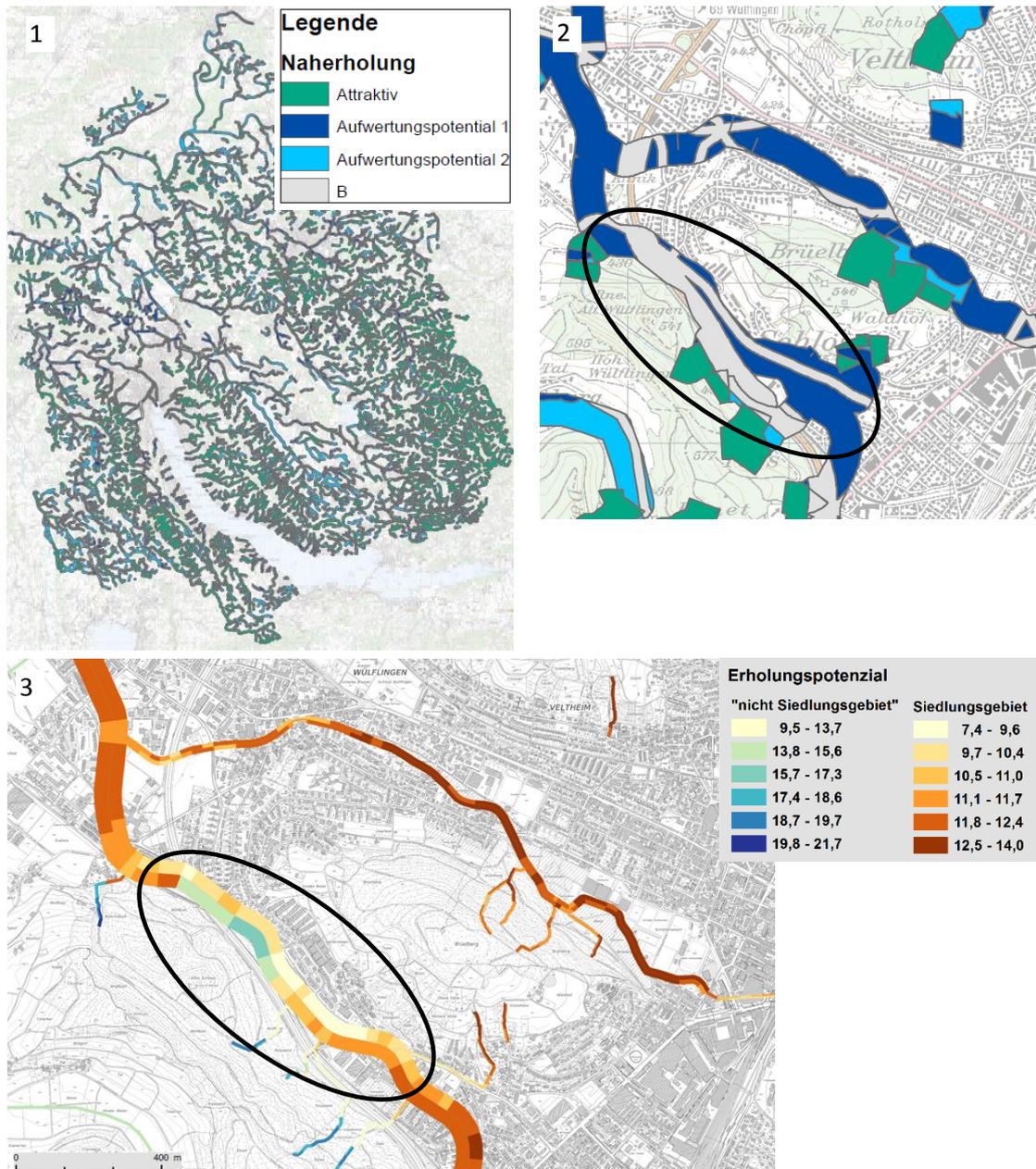


Abbildung 55: Vergleich mit der Karte der Gewässerbezogenen Naherholungsräume bezogen vom Amt für Abfall Wasser Energie und Luft Kanton Zürich (AWEL) basierend auf den Erhebungen von Spiess et al. (2008;2009) (1 und 2) und den Ergebnissen der Modellierung des Erholungspotenzials (3).

Im nächsten Abschnitt wird ein Vergleich mit der Arbeit von Gatti et. al. (2013) besprochen (siehe Kapitel 2.3.). Eine umfassende Beurteilung der Fließgewässer im Rahmen des Konzeptes, das eine Unterteilung der Fließgewässerräume bzw. des Uferraumes in die Kategorien «Stadtlandschaft», «Parklandschaft», «Kulturlandschaft» und «Naturlandschaft» am Fluss vorsieht, wäre für den gesamten Kanton Zürich wünschenswert (ebd.). Die Umsetzung wäre wahrscheinlich nicht anhand einer GIS-Modellierung alleine möglich, sondern würde vor allem auf Feldbegehungen basieren. Es wäre denkbar, dass die Erholungspotenzialkarten (siehe Abbildung 52 und Abbildung 33) dazu dienen könnten, Fließgewässerabschnitte für Feldbegehungen auszuwählen. Der vorherrschende Landschaftstyp wurde in der Studie von Gatti et al. (2013) im Abstand von 300m erhoben, um die eben

erwähnte Klasseneinteilung vorzunehmen. Ausserdem wurden innerhalb der jeweiligen Klassen zusätzliche Unterteilungen bezüglich des Erlebniswerts vorgenommen (ebd.). Dies deutet darauf hin, dass die Wahl der 50m Abstände vielleicht etwas zu klein dimensioniert war, eine Aggregation auf 300m wäre jedoch im Nachhinein umsetzbar. Grundsätzlich wäre eine weitere Differenzierung der Unterscheidung zwischen Stadt und Land bzw. Siedlungs- und «nicht Siedlungsgebiet» möglich, denn die Landnutzungsklassen und Naturschutzgebiete wurden als Indikatoren miteinbezogen. Die weitere Differenzierung würde bedeuten, dass auch die Indikatoren weiter ausgebaut bzw. spezifisch an diese Räume angepasst werden müssten. Eine weitere Differenzierung des Erlebniswerts nur aufgrund der Indikatoren, ohne Feldbegehungen zu machen, erscheint jedoch als schwierig umsetzbar.

Der folgende Abschnitt verknüpft die Ergebnisse dieser Arbeit mit der raumplanerischen Erfassung von Erholungshotspots des Kantons Zürichs. Die erarbeiteten Erholungspotenzialkarten (siehe Abbildung 52) können einen Beitrag dazu leisten, die vom Amt für Raumplanung (ARE) definierten Erholungshotspots weiter zu entwickeln. Die Karten des Erholungspotenzials könnten dabei helfen, bisher nicht entdeckte Erholungshotspots an Fliessgewässern zu identifizieren, bzw. innerhalb der Hotspots eine weitere Unterteilung vorzunehmen. Zwei Beispiele werden in Abbildung 56 aufgezeigt. Ein Beispiel dafür ist ein längerer Abschnitt der Töss in der Nähe von Rorbas und Embrach (1), wo ein mehrere 100m langer Abschnitt in die Klasse 1 («hohes EP und hohe NF») zugeteilt wurde. Dieser Abschnitt wurde bisher vom Kanton Zürich im allgemeinen Gewässer-Hotspot-Gebiet eingeteilt (Kanton Zürich 2014). Als weiteres Beispiel kann die Reppisch bei Sellenbüren (2) genannt werden, welche sich über eine Strecke von mehreren Kilometern durch ein relativ hohes Erholungspotenzial und eine hohe potenzielle Nachfrage auszeichnet. Für Gemeinden, sind solche attraktiven Fliessgewässer im Zusammenhang mit der Erarbeitung von Landschaftsentwicklungskonzepten- und Projekten eine Chance (LEK). Ein LEK ermöglicht unter anderem die Gestaltung attraktiver Erholungsräume am Gewässer. Innerhalb eines solchen Konzeptes könnten, neben der Einbindung von anderen Interessen (z.B. Landwirtschaft, Bauprojekten), bisher nicht messbare Indikatoren (siehe Tabelle 3) wie z.B. Nutzungskonflikte oder bauliche Massnahmen am Ufer, erfasst werden. Es wäre ausserdem eine weitere Differenzierung in die von Gatti et al. (2013) erarbeiteten Klassen möglich. Der Kanton unterstützt innovative Ideen und Projekte auf Gemeindeebene finanziell (ALN & ARV 2002; Göggel 2012).

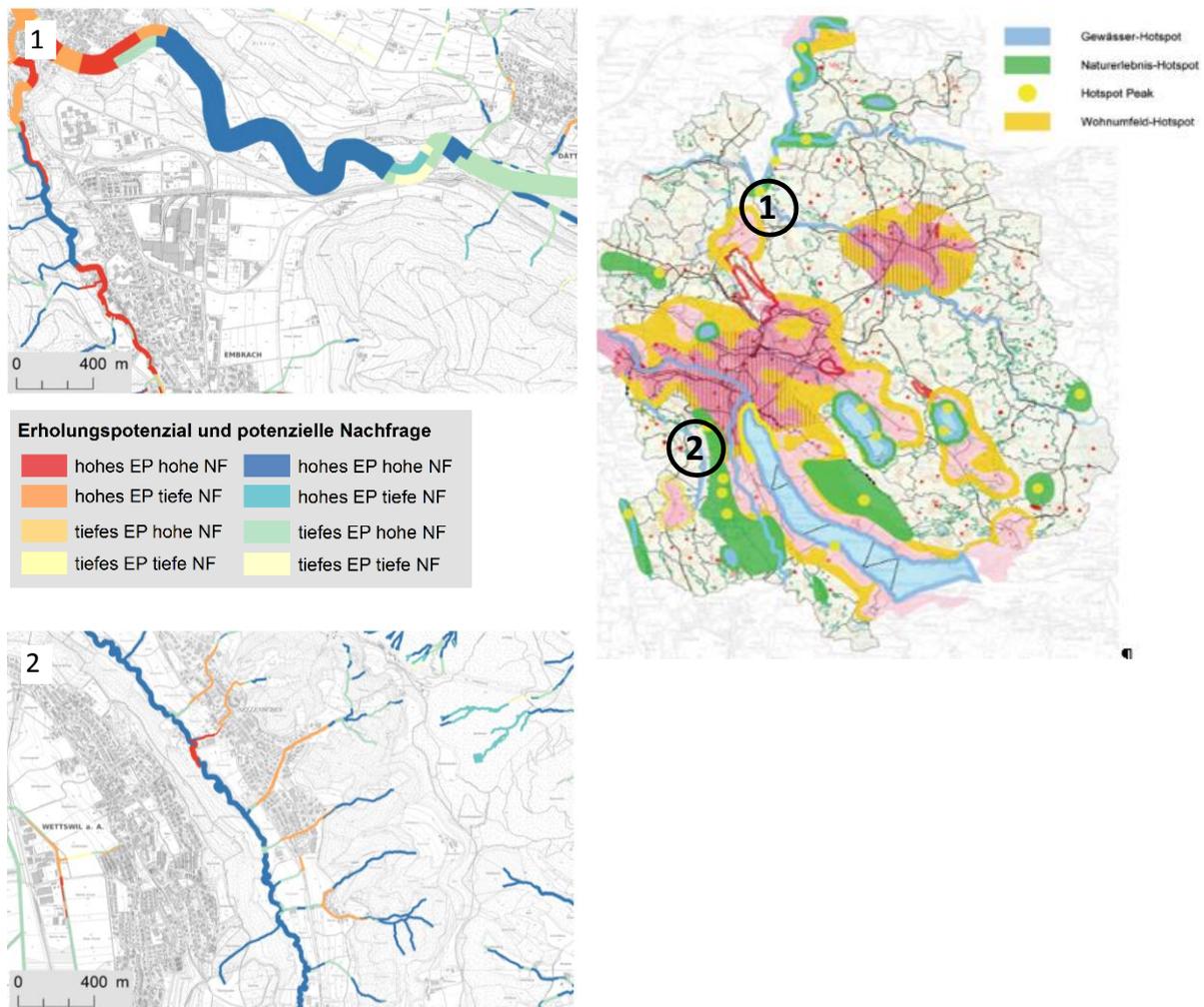


Abbildung 56: Beispiele für die Erweiterung der Hotspots der Erholung anhand der Abschnitte an der Töss bei Rorbas (1) und der Reppisch bei Wettswil a. A. (2).

In Kapitel 2.4. wurde aufgezeigt, dass im Richtplan des Kantons Zürich Gebiete für die Aufwertung der Fließgewässer als Erholungs-, Natur-, und Landschaftsraum definiert werden. An dieser Stelle wird anhand von Abbildung 57 aufgezeigt, dass solche Gebiete durchaus von den in dieser Arbeit erarbeiteten Karten identifiziert werden (vgl. Karte Abbildung 52). Die Aa bei Uster (1) wurde im Richtplan als Aufwertungsgebiet markiert und weist in der Modellierung ein hohes Erholungspotenzial, sowie eine hohe Nachfrage, auf. Weitere Beispiele für Übereinstimmungen mit dem kantonalen Richtplan sind Fließgewässerabschnitte der Eulach und der Töss in Winterthur (2), der Glatt bei Dübendorf, Wallisellen (3) und die Abschnitte entlang der Sihl (4), welche derselben Klasse zugeteilt wurden.

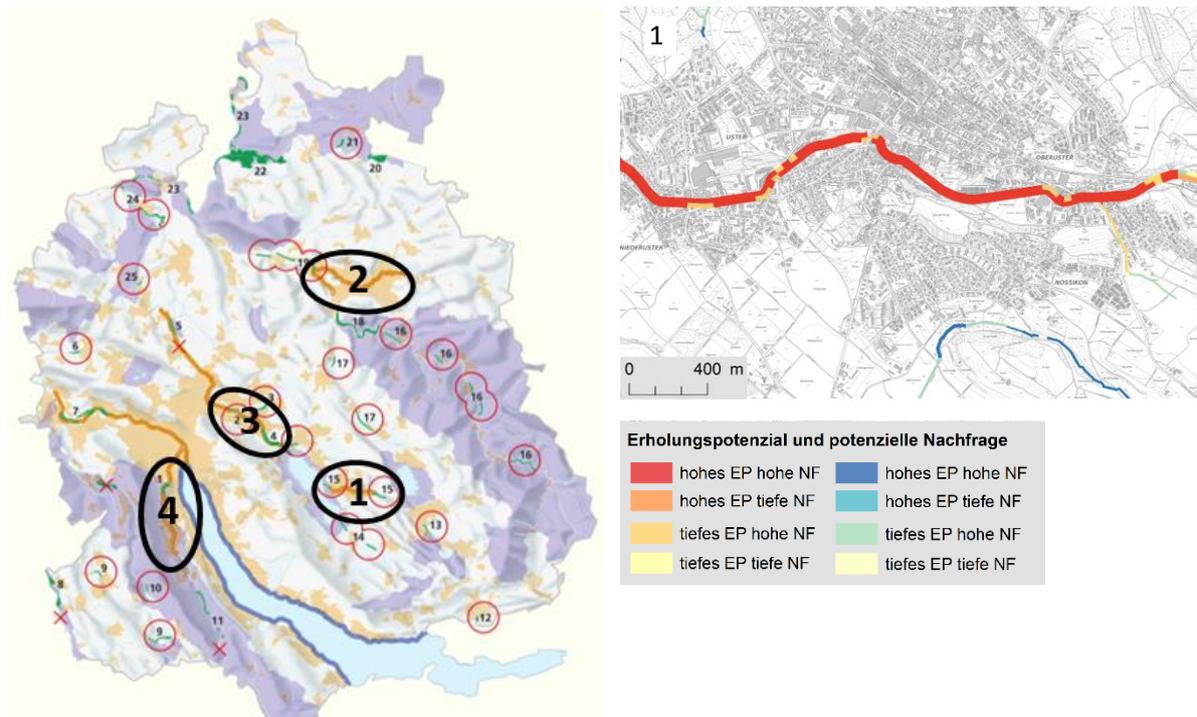


Abbildung 57: Beispiel für einen Fließgewässerabschnitt der Aa bei Uster (1) der im kantonalen Richtplan (links) als Aufwertungsgebiet definiert wurde.

Anhand der Kapitel 5.1. und 5.2. wird nun erneut auf die Forschungsfrage 1 eingegangen. Auf die Forschungsfragen gibt es keine abschliessende Antwort. Es wurde anhand von Vergleichen aufgezeigt inwiefern das Erholungspotenzial quantifiziert werden konnte. Ausserdem wurde gezeigt, wie die Problematik in anderen Studien behandelt wurde. Es muss sich zeigen welche Methoden für die Quantifizierung des Erholungspotenzials am besten geeignet sind.

Forschungsfrage 1a) deckt einen grossen Teil der Arbeit ab und diene als Anstoss für den Forschungsprozess. Während des Arbeitsprozesses stand diese Frage im Fokus. Anhand der ausgearbeiteten Indikatoren-Liste in Kapitel 4.1.1. konnte die Frage bereits teilweise beantwortet werden. Die konkrete räumliche Modellierung der Indikatoren und die räumliche Darstellung bildet einen weiteren Teil dieser Forschungsfrage. Auf mögliche Einschränkungen wurde ebenfalls eingegangen.

Forschungsfrage 1b) kann anhand der in Kapitel 4.3.2. und 4.3.5. erstellten Karten beantwortet werden. Wie die Erholungspotenzialwerte der Fließgewässer verteilt sind kann nicht pauschal beantwortet werden. Die erstellten Diagramme ermöglichen einen Überblick auf Kantonsebene. Die diskutierten Beispiele haben gezeigt, dass die Situation je nach Untersuchungsgebiet unterschiedlich ausfällt. Es konnte gezeigt werden, dass aufgrund der Erholungspotenzialkarten besonders attraktive Fließgewässerabschnitte identifiziert werden können. Ausserdem konnten Übereinstimmungen mit den Erholungshotspots und dem kantonalen Richtplan gezeigt werden. Die Ergebnisse könnten sich dafür eignen neue Erholungshotspots zu identifizieren. Im Sinne von Forschungsfrage 1c) ist die

angewendete Methode also grundsätzlich geeignet das Erholungspotenzial der Fließgewässer aufzuzeigen. Im nächsten Kapitel wird im Sinne von Forschungsfrage 1c) auf die Methoden eingegangen.

5.3. Diskussion der Methoden

Verschiedene Gesichtspunkte gilt es zu besprechen. Dies beinhaltet die *Multicriteria Decision Analysis* (MCDA) und die dabei durchgeführten Methoden *AHP* und *Pairwise Comparison* in Verbindung mit den ExpertInnengesprächen. Die Durchführung der ExpertInnengespräche, bestehend aus den verschiedenen Befragungsteilen und den daraus hervorgegangenen Ergebnissen, wird ebenfalls aufgezeigt. Ein weiterer Aspekt stellt in diesem Zusammenhang der Umgang mit der Visualisierung der Ergebnisse der MCDA bzw. der Modellierung dar. Ausserdem ist die Umsetzung der MCDA anhand der GIS-Modellierung und der dabei angewandten Modellierungsschritte (Dokumentation im Anhang C.) ein wichtiger Punkt im Zusammenhang mit der Validierung (siehe Kapitel 3.6.8.). Im Hinblick auf die Validierung und die Sensitivitätsanalyse wird diskutiert, welche Auswirkungen die ExpertInnen- und Modellierungsentscheidungen auf die Ergebnisse der Arbeit hatten. Ausserdem wird versucht aufzuzeigen, wo gewisse Probleme bei der Konzeption der Arbeit aufgetaucht sind und wie mit diesen umgegangen werden muss. Aspekte der Datenvalidität und der operationellen Validität werden besprochen. Wie in Kapitel 3.6.8. erwähnt wurde, konnte die Validierung und Sensitivitätsanalyse nicht im Detail durchgeführt werden. Die Bestrebungen einer möglichst Transparenten Durchführung der MCDA und Modellierung, sowie die Darlegung der Ergebnisse wird in diesem Zusammenhang diskutiert.

Bereits bei der Diskussion der Erholungspotenzialwerte in Kapitel 5.1. wurde die Zusammensetzung des Erholungspotenzials, basierend auf den Bewertungen und Gewichtungen, angesprochen. Die Bewertungsfunktionen und Gewichtungen wurden anhand einer Befragung von ExpertInnen erlangt. An dieser Stelle wird angemerkt, dass die dadurch gewonnenen Informationen qualitativer Natur sind und es würde weit mehr Einschätzungen brauchen, um Bewertungskurven zu erhalten welche den wahren Präferenzen der Erholungssuchenden entsprechen würden. Es wäre also fast unmöglich sich den wahren Präferenzen anzunähern. Eine andere Möglichkeit wäre gewesen, die Kriterienwerte einfach anhand einer Standardisierungsmethode umzurechnen, was diesen Schritt vereinfacht hätte (Malczewski & Rinner 2015). Für die Gewichtung der verschiedenen Kriterien stellten die Einschätzungen der ExpertInnen einen Mehrwert gegenüber einer einzelnen Entscheidung dar. Bei der Durchführung der Befragungen war die Modellierung noch nicht im GIS operationalisiert worden. Aus diesem Grund konnte den ExpertInnen zum Teil nicht ausführlich dargelegt werden, wie die Modellierung im Detail umgesetzt werden würde. Dies wiederum führte dazu, dass sich der Interpretationsspielraum auf der Seite der ExpertInnen vergrösserte.

Bei den Gewichtungen ist ebenfalls nicht auszuschliessen, dass die ExpertInnen die Konsequenzen ihrer Entscheidungen für die Modellierung immer abschätzen konnten. Die Vorteile einer interaktiven Gestaltung der Indikatorenengewichtung untersuchte Rinner (2007) an einem Beispiel für den AHP. Er konnte aufzeigen, dass eine visuelle Darstellung der Auswirkung der Ergebnisse im AHP, v.a. beim Festlegen der Gewichtungen, einen positiven Effekt in Interviewsituationen bieten konnte (ebd.). Die Interviewten konnten den Einfluss einzelner Kriterien direkt anhand der dynamischen Visualisierung analysieren (ebd.). Eine solche Implementation war im Rahmen dieser Arbeit nicht vorgesehen, hätte zwar für die Befragungen wahrscheinlich einen positiven Effekt erbracht. Weitere Implementierungen die der visuellen Entscheidungsfindung dienen, wurden von Andrienko & Andrienko (1999) ausgearbeitet. Zu diesen visuellen Hilfsmitteln zählten Balkendiagramme als ergänzende Kartenelemente, welche je nach Gewichtung die daraus resultierende Kriterienausprägung aufzeigten (ebd.). Um Gewichtungsentscheide und Veränderungen zu visualisieren, wurden Methoden (CommonGIS-Tool) entwickelt, um die Darstellung von Ergebnissen anhand von Choroplethenkarten interaktiv zu gestalten. Klassengrenzen, die Anzahl Klassen oder die Methode, die zur Klassifikation verwendet wurde, können vom Kartenbenutzer verändert werden. Diese Faktoren spielen in dieser Arbeit eine wichtige Rolle bei der Kommunikation der Ergebnisse, so beispielsweise bei der Erholungspotenzialkarte oder den aggregierten Erholungspotenzialwerten (Gemeinde Ebene) anhand der Choroplethenkarte angewendet (ebd.). Einflüsse auf die Wahl der eben genannten Faktoren konnten in dieser Arbeit zwar aufgrund der Modellvarianten veranschaulicht werden, jedoch wäre eine, im Rahmen der Untersuchungen von Andrienko & Andrienko (2001) erarbeitete Implementation von Interaktiven Elementen für eine kartenzentrierte Datenexploration im Rahmen einer weiteren Untersuchung sinnvoll. Eine Methode für die Umsetzung dieser Visualisierungen, für die relativ kleinen Einheiten der Fließgewässerabschnitte, müsste erarbeitet werden. Allenfalls die Choroplethen-Karten (Kapitel 4.3.6.) würden sich dafür eignen.

Im Rahmen der Befragungen wurden die Gewichtungen der Indikatoren und deren Kriterien bestimmt. Bei der Auswertung der aggregierten Gewichtungen zeigte sich, dass die Konsistenz nicht immer gewährleistet war (siehe Kapitel 4.2.4.). Da es sich um umfangreiche Gewichtungen handelt und mehrere ExpertInnen beteiligt waren, ist eine gewisse Inkonsistenz zu erwarten. Trotzdem hätte eine Delphi-Methode den Vorteil gebracht, dass die Gewichtungen erneut hätten diskutiert werden können (Malczewski & Rinner 2015; Altwegg 2014).

Die Ergebnisse des AHP werden von der zugrundeliegenden Hierarchie bestimmt. Die in dieser Arbeit verwendete Hierarchie erscheint zwar grundsätzlich sinnvoll, verschiedene alternative Gestaltungen wären jedoch durchaus denkbar. So könnte man eine separate Hierarchie je nach Untersuchungsgebiet (Siedlung, «nicht Siedlung», «Naturlandschaft», «Parklandschaft» etc.) oder nach der Art der Beeinflussbarkeit von Kriterien in unbeeinflussbar (natürlich gegeben) ausarbeiten (Grêt-Regamey,

Kienast, et al. 2014; Gatti et al. 2013). Für eine detailliertere Betrachtung des AHP und eine kritische Auseinandersetzung mit den zugrundeliegenden mathematischen Konzepten wird auf Belton & Gear (1983) oder Barzilai (1998) verwiesen.

Mehrere Modellvarianten wurden aufgrund der ExpertInneneinschätzungen im AHP berechnet. Die Unterschiede zwischen den Modellvarianten sind für das «nicht Siedlungsgebiet» nicht sehr gross. Beim Siedlungsgebiet hingegen gibt es deutlichere Unterschiede (siehe Kapitel 4.3.2.). Einerseits macht dies deutlich, dass mit der AHP-Methode, je nach Einschätzung bezüglich der Prioritäten, unterschiedliche Ergebnisse erzielt werden. Andererseits waren unter den Varianten ähnliche Muster erkennbar. Im «nicht Siedlungsgebiet» konnten jeweils zwei Modellvarianten aufgrund ihrer Ähnlichkeit gruppiert werden.

Eine der wichtigsten Modellierungsentscheidungen war die Kombination von Thiessen- und Pufferpolygonen, um die Abschnitte zu definieren und die Abschnittsdimensionen (50m Länge und Gewässerraumdefinition) festzulegen. Zugleich stellt dieser Schritt einen Punkt dar, den es kritisch zu hinterfragen gilt. Wie bereits erwähnt wurde, wäre zu prüfen, ob eine Unterteilung der Abschnitte in 300m bessere Ergebnisse erzielen könnte. Längere Abschnitte würden es für die Plausibilitätsprüfung erleichtern, denn meist wird vor Ort ein grösserer Fliessgewässerabschnitt betrachtet.

Ein weiterer Diskussionspunkt, stellt die Wahl der Abstände von 50m pro Fliessgewässerabschnitt dar. Im Nachhinein erschienen 50m als eher kleine Auflösung. Auf kleinem Raum entstehen zum Teil Änderungen im Erholungspotenzial, obwohl vor Ort bei den Plausibilitätsprüfungen oft keine merklichen Veränderungen feststellbar waren. Eine weitere Aggregation der Abschnitte auf 300m (vgl. Gatti et al. 2013) wäre zu prüfen.

Bei der Definition der Breite der Abschnitte wurde ansatzweise die gesetzlichen Bestimmungen für die Definition des Gewässerraumes als Hilfsmittel verwendet. Die Abschnittsbreite sollte sich je nach Fliessgewässerdimension definieren, da die Platzbedürfnisse des Gewässers mit der Dimensionierung einhergehen (GSchV 2014; AWEL & ARE 2011) (siehe Kapitel 3.6.1.). Spies et al. (2008; 2009) haben einen pragmatischeren Ansatz gewählt, denn die Puffer wurden einheitlich auf 100m festgelegt. In dieser Arbeit wurde die Erreichbarkeit und Zugänglichkeit als Bestandteil des Erholungspotenzials integriert. Paracchini et al. (2014) haben die Erreichbarkeit separat zur Erholungseignung ausgewiesen und in unterschiedliche Erreichbarkeitsstufen eingeteilt (siehe Kapitel 2.3.). Dieser Ansatz würde von einigen ExpertInnen (siehe Kapitel 4.2.) ebenfalls bevorzugt werden. Es wäre zu prüfen, ob eine solche Herangehensweise unterschiedliche Ergebnisse liefern würde.

Der Umgang mit linearen Geometrien, wie dies hier für die Fliessgewässer der Fall war, stellte eine Herausforderung dar. Es musste zuerst eine geeignete Methode gefunden werden, mit welcher die anhand der MCDA erarbeiteten Indikatoren gemessen werden konnten. Die Methode mit den Thiessen Polygonen hat in den meisten Fällen gute Resultate hervorgebracht. Bei komplexeren

Konstellationen der Fließgewässer (Parallelität oder Einmündungen von Gewässern) zu unschönen Einteilungen oder *Sliver*-Polygonen gekommen (Burrough & McDonnell 1998). Daraus entstanden einige gänzlich unbrauchbare Abschnitte (ca. 1200 im «nicht Siedlungsgebiet» und ca. 130 im Siedlungsgebiet). Trotz diesen Fehlern kann aus den 114818 Klassierten Abschnitten (ohne jene mit NULL-Werten) eine Gesamtlänge von 3545 km berechnet werden, wobei das Fließgewässernetz des Kantons Zürich 3600 km umfasst.

Für die Erfassung der, vor allem für die Naherholung relevanten Fließgewässerabschnitte, wurde die Nachfrageseite in Form einer Interpolation (1km Distanz, Suchradius) berechnet. Eine solche Distanz scheint im Vergleich zu Untersuchungen im urbanen Raum plausibel zu sein. In Zusammenhang mit der Naherholung wird von Distanzen zwischen 5 und 15 Gehminuten gesprochen, öffentliche Verkehrsmittel und MIV werden manchmal miteinbezogen, sodass die Reisezeit 60-90 Minuten beträgt (Mönnecke et al. 2006). Der Definitionsspielraum scheint diesbezüglich relativ gross zu sein.

Modellierungsentscheidungen waren zum Teil von der Datengrundlage abhängig. Das Höhenmodell und die Lärmmessungen lagen als Rasterdaten vor. Für Indikatoren, welche auf verlässlichen Datensätzen (Swisstopo, Kanton Zürich) basierten, stellt die Genauigkeit (Attribut, Geometrie, Lage, zeitlich) kein Problem dar (Burrough & McDonnell 1998).. Openstreetmap Daten können einerseits von fast jeder Person verändert werden, andererseits sind die Daten über die Verpflegungsmöglichkeiten (Restaurants, Bars etc.) und den Infrastrukturen (Feuerstellen, Spielplätze etc.) oft «unvollständig». Die Dateneignung für die Berechnung der Verpflegungsmöglichkeiten und Infrastruktur gilt es zu hinterfragen. Die Openstreetmap Daten sind vor allem in abgelegenen Gebieten unvollständig. Darum handelt es sich um weniger verlässliche Daten als sie z.B. von Swisstopo zur Verfügung gestellt werden. Aus ähnlichen Überlegungen wurde auch auf den Gebrauch der Flickr-Daten verzichtet. In Bezug auf die Plausibilität der Ergebnisse hat dies einen grossen Einfluss, da basierend auf den Openstreetmap-Daten Dichteraster berechnet wurden, um diese die «physischen» Datenwerte den Fließgewässerabschnitten zuweisen zu können. Diese Berechnungen wurden mithilfe von Interpolationsmethoden durchgeführt. Aufgrund der unterschiedlichen Methodenverfügbarkeit (z.B. *IDW*, *Kriging*, *Spline*, *Pointdensity*), sowie die zu definierenden Parameter (z.B. Suchradius), ist je nach verwendeter Methode mit unterschiedlichen Resultaten zu rechnen (Kimerling et al. 2011).

Ein Diskussionspunkt in Zusammenhang mit der Modellierung stellt die Zuweisung der berechneten «physischen» Kriterienwerten dar, welche mit dem *Zonal Statistics Tool* (ArcGIS) erfolgte. Falls es mehrere Kriterienwerte innerhalb eines Fließgewässerabschnittes (50m x Pufferbreite) gab, mussten diese auf einen Wert reduziert werden (siehe Kapitel 3.7.3.). Vor allem bei der Landnutzungs-kategorie setzte dies eine Vereinfachung voraus. Es mussten die bewerteten Landnutzungs-klassen zu einem Wert aggregiert werden. Dabei wurde der Mittelwert gewählt, wobei die Wahl eines anderen

statistischen Masses die Resultate verändert hätte. Beim Kriterium Natürlichkeit waren nicht immer alle Fließgewässerausprägungen im Rahmen der Ökomorphologie erhoben worden. Für manche Abschnitte fehlten Kriterien (z.B. Breitenvariabilität oder Verbauungsmaterial). Diese fehlenden Daten mussten mit einer Alternative gelöst werden, was die Ergebnisse beeinflusste. Dort wo eine Ausprägung nicht vorhanden war, wurde als Alternative die allgemeine Zustandsklasse für die Bewertung verwendet.

Die Entscheidung, die Gewichtungen und Bewertungen für das Siedlungs- und «nicht Siedlungsgebiet» zu trennen, scheint plausibel zu sein. Bögli (2015) konnte unterschiedliche Präferenzen feststellen. Es wurden Personen bezüglich ihrer Präferenzen befragt. Sie sollten angeben, ob sie «wilde und unberührte Natur um das Gewässer» oder «gepflegte und übersichtliche Natur um das Gewässer» bevorzugen. Im Opfikerpark (Siedlungsgebiet) wurde «gepflegte und übersichtliche Natur um das Gewässer» signifikant bevorzugt, während beim Chätzensee («nicht Siedlungsgebiet») und beim Weiher Hinderem Grindel («nicht Siedlungsgebiet»), «wilde und unberührte Natur um das Gewässer» präferiert wurde (ebd.). Dies weist darauf hin, dass eine unterschiedliche Gewichtung der Kriterien im Siedlungs- und «nicht Siedlungsgebiet» ein sinnvoller Ansatz darstellt.

Die Einschränkung der Nutzergruppe auf Spaziergänger und Wanderer erscheint aufgrund der Erkenntnisse von Bögli (2015) ebenfalls als sinnvoll, denn am Glattufer waren viele der befragten Personen mit dem Fahrrad unterwegs. Dabei hatten 20 Prozent der Fahrradfahrer mehr als 10 Kilometer zurückgelegt, um das Gebiet überhaupt zu erreichen. Die Miteinbeziehung der Fahrradfahrer scheint deshalb andere Methoden zu fordern.

Da es sich in der vorliegenden Arbeit um eine qualitative Erhebung von ExpertInnenwissen (vgl. Kapitel 4.2.) handelt, ist es wahrscheinlich, dass die Resultate der Befragungen bei einer Wiederholung unterschiedlich ausfallen würden. Dies betrifft vor allem die Bewertungskurven und die Gewichtungen. Ideal wäre eine quantitative Umfrage zur Gewichtung der Kriterien. Web Interface könnte Einfluss auf Gewichtungsänderungen direkt anzeigen.

Die Verwendung von durch ExpertInnen aufgezeichnete Bewertungsfunktionen, gilt es kritisch zu hinterfragen. ExpertInnen könnten bei erneuter Befragung unterschiedliche Bewertungskurven aufzeichnen. Wie in den Methoden (Kapitel 3.3.2.) aufgezeigt wurde, gäbe es einfachere Varianten die «physischen» Kriterienwerte zu standardisieren, dadurch würde garantiert, dass der Wertebereich für jedes Kriterium immer von 0 bis 10 oder 1 reicht. Die Bewertungskurven und Gewichtungen könnten im Rahmen einer Fokus-Gruppe gemeinsam ausgearbeitet werden (Bogner et al. 2002).

Methoden, welche für eine Überprüfung der Resultate besser geeignet wären, würden eine grössere Anzahl von Stichproben für die Plausibilitätsprüfung beinhalten, um ein abgerundetes Bild der heterogenen Fließgewässerlandschaft darzustellen (Pro Natura 1998). Ausserdem wäre es sinnvoll,

die Feldbegehungen mit einer Befragung von Erholungssuchenden zu verknüpfen, um eine objektivere Sicht auf das wirkliche Erholungspotenzial zu erhalten. Ein solches Vorhaben wäre im Rahmen der Masterarbeit jedoch nicht zu realisieren gewesen. Deshalb wurden vor allem die Fotos und die subjektiven Eindrücke vor Ort dafür verwendet, um aufzuzeigen, inwiefern die Modellierung das Erholungspotenzial der Fliessgewässerabschnitte realistisch aufzeigen kann.

Forschungsfrage 1c) kann dahingehend beantwortet werden, dass die im Rahmen der MCDA angewendeten Methoden grundsätzlich plausible Ergebnisse erzielen konnten. Es gäbe jedoch in verschiedenen Punkten Verbesserungspotenzial. In der GIS-Modellierung mussten zum Teil alternative Kriterien aufgrund von fehlenden Daten verwendet werden und eine grössere Dimensionierung der Abschnitte wäre zu prüfen. Ausserdem waren die Openstreetmap-Daten nicht immer geeignet, um das Erholungspotenzial zu messen. Die ExpertInnen könnten bei zukünftigen Befragungen noch mehr in die Modellierung miteinbezogen werden. Ausserdem sollten die Auswirkungen von Gewichtungsentscheidungen direkt visualisiert werden, damit die ExpertInnen ihre Entscheidungen überdenken können.

5.4. Vergleich der Erholungspotenzialwerte mit Revitalisierungspriorisierungen

Im Sinne der öffentlichen Debatte der Revitalisierungsplanung (welche Mitte des Jahres 2015 ausgearbeitet wurde und den daraus entstandenen Richtplanänderungen), könnte diese Arbeit einen Beitrag zum Thema (Nah-)Erholung leisten (ARE 2015b; Hollenstein et al. 2015). In diesem Kapitel werden zur Beantwortung der zweiten Forschungsfrage die Ergebnisse dieser Arbeit mit den Revitalisierungspriorisierungen verglichen.

Dieses Kapitel widmet sich der Beantwortung der zweiten Forschungsfrage: Inwiefern können die Ergebnisse zu den Untersuchungen des Erholungspotenzials und potenziellen Nachfrage von Fliessgewässern in die Revitalisierungsplanungen miteinfließen?

In der ersten Karte (siehe Abbildung 33) basiert diese Bestandsaufnahme auf den Erholungspotenzialwerten, teilt diese in Klassen ein und zeigt deren Zusammensetzung für das gesamte Fliessgewässernetz auf. Die Erholungspotenziale können aufgrund der Definition der Abschnitte von 50m innerhalb weniger Meter abrupt ändern. Diese Änderungen konnten zwar innerhalb der Plausibilitätsprüfung (siehe Kapitel 4.3.3 und 4.3.4) begründet werden, aber für die Revitalisierungsplanung sind vor allem längere Abschnitte interessant (Hollenstein et al. 2015). Eine Identifizierung von längeren Abschnitten ist aufgrund der ersten Karte nicht gut möglich, ausserdem wird die potenzielle Nachfrage dort noch nicht miteinbezogen.

Aus diesem Grund erscheint im Hinblick auf Revitalisierungsplanungen die Karte in Abbildung 52 als besser geeignet. Eine Unterteilung der Fliessgewässerabschnitte anhand der Erholungspotenzialwerte

und der potenziellen Nachfrage in drei Klassen aufgrund der Medianwerte erschien aufgrund der Verteilung der Daten als sinnvoll. Wegen der Wahl des Medianwerts wurden jedoch keine Ausreisser berücksichtigt (siehe Kapitel 4.3.5.). Für die Revitalisierungsvorhaben sind insbesondere die angefügten Diagramme, die die Anteile der definierten Klassen am Gesamtflussgewässernetz zeigen, interessant. Dies stellt einerseits eine Bestandsaufnahme der momentanen Situation dar, andererseits wird dadurch ein Monitoring über mögliche zukünftige Veränderungen, beispielsweise mit Hilfe von Revitalisierungsprojekten, ermöglicht. Ausserdem erlaubt die Darstellung einen Vergleich zu bestehenden Erhebungen, wie z.B. der Ökomorphologie (Hütte & Niederhauser 1998; Hollenstein et al. 2015). Die Karte (siehe Abbildung 52) könnte ausserdem dabei helfen, bisher in der Planung (Revitalisierungen, Landschaftsentwicklungskonzept) nicht berücksichtigte Flussgewässerabschnitte mit einem «hohen EP und einer hohen NF» zu identifizieren.

Eine Herausforderung, stellt die Ausarbeitung von Handlungsempfehlungen in Bezug auf die Revitalisierungsvorhaben dar. Dies beinhaltet die Frage, welche Klassen nun für Aufwertungen priorisiert werden sollten. In Kapitel 4.3.5. wurde aufgezeigt, wie sich die Klassen im Gesamtflussgewässernetz aufteilen. Es wird sowohl im Siedlungs- als auch im «nicht Siedlungsgebiet» Flussgewässerabschnitte der Klasse 1 («hohes EP und hohe NF») geben, die bereits im aktuellen Zustand für die (Nah-)Erholung sehr gut geeignet sind und eine Revitalisierung vielleicht gar keine merklichen Verbesserungen für die Erholungssuchenden bieten würde. Grundsätzlich wurden dieser Klasse im Siedlungsgebiet 290 der 711km bzw. im «nicht Siedlungsgebiet» 658 der 2835km zugeordnet. Vor allem im «nicht Siedlungsgebiet», wo die Kriterien des Indikators Natürlichkeit stärker gewichtet wurden und die Flussgewässer tendenziell natürlicher oder naturnäher sind, ist nicht mit Revitalisierungen zu rechnen. Für Abschnitte innerhalb von Siedlungsgebieten würden Revitalisierungen tendenziell auch für Klasse 1 einen zusätzlichen Nutzen erbringen, denn dort wurde der Indikator Natürlichkeit grundsätzlich geringer gewichtet. Ausserdem ist es dort wahrscheinlicher, dass Flussgewässer verbaut sind. Junker & Buchecker (2008) konnten den ästhetischen Mehrwert für Erholungssuchende, welcher sich bei einer Verbesserung der Natürlichkeitsstufe ergibt, nachweisen. Abschnitte innerhalb von Siedlungen, welche mit einem angemessenen Aufwand revitalisiert werden könnten, müssten jedoch zuerst identifiziert. Wo Revitalisierungen nicht möglich sind wären wiederum andere Massnahmen zur Verbesserung oder Sicherstellung des Erholungspotenzials auszuarbeiten.

Klasse 2 («hohes EP tiefe NF») ist für die Naherholung nicht direkt interessant. Trotzdem sind durchaus Revitalisierungen von Flussgewässerabschnitten dieser Klasse geplant (siehe Abbildung 59). Die Anteile dieser Klassen betragen 65 bzw. 746km (Siedlung/nicht Siedlung). Es scheint, als ob für die Klasse 3 («tiefes EP hohe NF») die Wahrscheinlichkeit, mit einer Revitalisierung das Erholungspotenzial an diesen Abschnitten zu verbessern, am grössten sein könnte. Eine Differenzierung zwischen Siedlungs- und «nicht Siedlungsgebiet» erscheint hier wiederum sinnvoll, denn die Ausgangssituationen

sind in diesen Gebieten sehr unterschiedlich. Im Siedlungsgebiet, wo es viele Anlagen im Gewässerraum gibt, werden die Kosten wesentlich erhöht. Im «nicht Siedlungsgebiet» ist daher grundsätzlich mit niedrigeren Kosten zu rechnen (Kägi 2013). Es ist somit wahrscheinlich, dass innerhalb der Siedlungsgebiete ein tiefes Erholungspotenzial nur selten mit angemessenem Aufwand revitalisiert werden kann. Vor allem Fliessgewässerabschnitte im «nicht Siedlungsgebiet» welche zur Klasse 3 («tiefes EP hohe NF») gehören scheinen daher für Revitalisierungen besonders interessant zu sein. Jene Fliessgewässerabschnitte mit einem «tiefen EP und tiefer NF» spielen bezüglich der Naherholung wahrscheinlich keine entscheidende Rolle. Zu dieser Klasse zählen im Siedlungsraum jedoch 248 der 711km also ca. 35%. Im «nicht Siedlungsgebiet» sind bloss 531 der 2835km (ca. 19%), dieser Klasse zugeordnet worden. Eine Verbesserung des Erholungspotenzials dieser Fliessgewässerabschnitte, wäre in Anbetracht der geringen potenziellen Nachfrage am ineffizientesten.

Ein weiterer Aspekt, der berücksichtigt werden müsste, ist ob ein (tiefer) Erholungspotenzialwert durch nicht beeinflussbare Gegebenheiten, wie z.B. Kriterien wie Strassenlärm oder einer ungeeigneten Landnutzung (Industrie), verursacht wird und somit praktisch nicht verbessert werden kann. Gegebenheiten, welche im Rahmen einer Revitalisierung beeinflusst werden könnten umfasst beispielsweise die Natürlichkeit (Verbauungsgrad), die Verfügbarkeit von Infrastruktur (Sitzgelegenheiten) und die Erschliessung durch Wege oder Verbesserungen der Zugänglichkeit. Diese Aspekte konnten im Rahmen der Arbeit leider nicht mehr weiter ausgearbeitet werden. Die Fliessgewässerabschnitte würden jedoch die nötigen Attribute für weitere Abfragen und Selektion der Fliessgewässerabschnitte bereitstellen.

Die Wahrscheinlichkeit für eine effektive Verbesserung der Naherholungseignung durch eine Revitalisierung wäre am grössten, wenn Fliessgewässerabschnitte mit einem «hohen EP und hohen NF» im Siedlungsgebiet und Fliessgewässerabschnitte mit einem «tiefen EP und hohen NF» im «nicht Siedlungsgebiet» priorisiert werden würden.

Fliessgewässerabschnitte der Klasse 1 («hohes EP hohe NF») machen im Siedlungsgebiet 290km aus. Klasse 3 («tiefes EP hohe NF») macht im «nicht Siedlungsgebiet» 900km aus. Für die Revitalisierungen können jedoch nur 100km für die nächsten 20 Jahre berücksichtigt werden (siehe Kapitel 2.3.). Um die Auswahl zu reduzieren, gäbe es verschiedene Möglichkeiten. Einerseits könnten weitere Einschränkungen aufgrund von weiteren Kriterien (z.B. Kosten) vorgenommen werden. Andererseits wäre es möglich, anstelle des Medianwerts zur Bestimmung der Grenze zwischen hohem und geringem Erholungspotenzial das Quantil (z.B. 25%) als Schwellenwert zu verwenden.

Im nächsten Teil wird aufgezeigt, wie ein Vergleich der Karte in Abbildung 52 mit der Arbeit von Hollenstein et al. (2015) aussieht und welche weiteren Details für Handlungsempfehlungen eine Rolle

spielen. Bei der Wahl der Fliessgewässerbegehungen wurde, wie in Kapitel 4.3.4 erwähnt, auch darauf geachtet Abschnitte zu wählen, welche für Revitalisierungen vorgesehen sind. An dieser Stelle wird die im wissenschaftlichen Teil der Arbeit eingeführte Karte (siehe Abbildung 58) als Diskussionsgrundlage verwendet. Es werden im Rahmen der Diskussion nur drei Abschnitte und somit nur auf einen Bruchteil der für eine Revitalisierung vorgesehenen Fliessgewässerabschnitte eingegangen.



Abbildung 58: Prioritäre Abschnitte für die Revitalisierung innerhalb der nächsten 20 Jahre (siehe Kapitel 2.3.).

Hollenstein et al. (2015) haben aufgezeigt, dass der Anteil grosser Fliessgewässer an der gesamten Revitalisierungsstrecke im Vergleich zu den kleineren Fliessgewässern einen wesentlich grösseren Anteil ausmachen. Die grossen Fliessgewässer machen jedoch nur gerade 12% des Gesamtflussgewässernetzes aus. Dies ist nicht überraschend, weil mehr kleinere Fliessgewässer sich ausserhalb des Siedlungsgebiets befinden. Ausserdem sind sie aufgrund ihrer Abgelegenheit, (in höheren Lagen) naturnäher oder natürlicher, als die grösseren Fliessgewässer, die oft durch Siedlungsgebiete führen und dadurch stärker verbaut und gesichert werden müssen (siehe Abbildung 33 und Abbildung 52).

Abschnitt 11, an der Töss bei Sennhof, wurde bei der Feldbegehung inspiziert (siehe Abbildung 47). Im Sinne der Naherholung scheint dieser Abschnitt aufgrund der Ergebnisse dieser Arbeit nicht wichtig zu sein, obwohl der besichtigte Teil zur Klasse 2 («hohes EP tiefe NF») zählt (siehe Abbildung 59). Es wird ersichtlich, dass viele Abschnitte in die vierte Klasse («tiefes EP und tiefe NF») eingeteilt wurden. Vor Ort schien die effektive Erholung jedoch gut auszufallen (Wege vorhanden, Ruhe, Parkplätze

vorhanden und zugängliche Stellen des Gewässers). Eine Revitalisierung würde wahrscheinlich die Unterbrüche im Erholungspotenzial verschwinden lassen. Vor Ort waren diese Unterbrüche nicht direkt spürbar, sondern aufgrund der Ökomorphologie des Fliessgewässers nur zu erahnen.

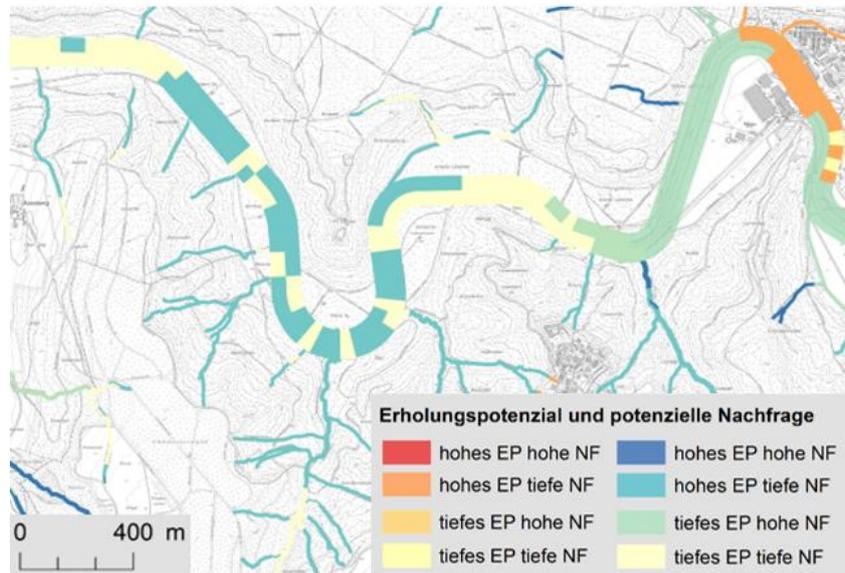


Abbildung 59: Klasseneinteilung der Töss in der Nähe von Sennhof und Kyburg (siehe Kapitel 4.3.4.)

Gemäss Hollenstein et al. (2015) ist Abschnitt 11 noch nicht in Planung und es ginge vor allem darum, die Uferbereiche zu revitalisieren und den Erhalt bestehender Infrastrukturen zu sichern (siehe Abbildung 47). Die Infrastrukturen konnten, wie bereits diskutiert wurde, in diesem Abschnitt aufgrund der Datengrundlage (Openstreetmap) nicht gemessen werden. Es hat sich herausgestellt, dass die Sicherstellung des Erhalts der bestehenden Strukturen ebenfalls ein wichtiger Punkt im Rahmen von Revitalisierungsprojekten darstellen kann. Abschnitte mit einem hohen Erholungspotenzial und einer hohen Nachfrage können im Rahmen der Erholung als «schützenswert» bezeichnet werden.

Der in Hollenstein et al. (2015) als Nummer 117 bezeichnete Abschnitt am Mattenbach wurde im Rahmen des Realitätschecks (siehe Kapitel 4.3.4) besucht und in der Karte (siehe Abbildung 60) fast durchgängig in Klasse 1 («hohes EP hohe NF») eingeteilt. Somit würde eine Revitalisierung dieses Fliessgewässerabschnitts gemäss den weiter oben im Text aufgeführten Argumenten die effektive Erholungseignung verbessern können. Eine Revitalisierung des Fliessgewässers erscheint aufgrund der Beobachtungen vor Ort in Zusammenhang mit der Erholung als sehr sinnvoll. Auffällig war der schlechte ökomorphologische Zustand (naturfremd/künstlich) des Gewässers. Am Tag der Besichtigung (Sonntag) wurde der Abschnitt ausserdem von vielen Spaziergängern besucht. Für die Naherholung ist der Abschnitt daher sehr wertvoll. Der Nutzen wird im Vergleich zum Aufwand nur als mittel bewertet, weshalb der Zeithorizont für die Umsetzung erst auf 2035 festgelegt wurde (Hollenstein et al. 2015). Aufgrund der Bedeutung für die Naherholung, könnte sich der Nutzen im Vergleich zum Aufwand jedoch verbessern.

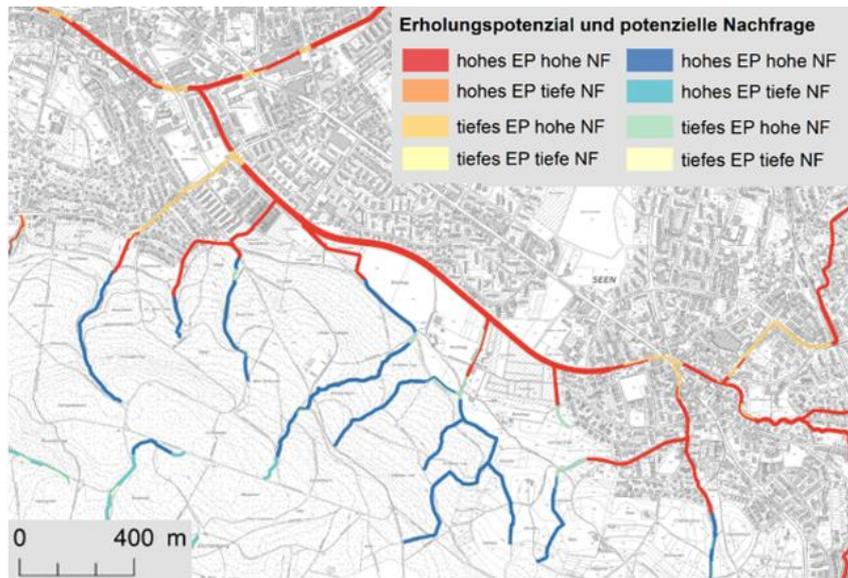


Abbildung 60: Klasseneinteilung des Mattenbachs in Winterthur (siehe Kapitel 4.3.4.).

Das letzte Beispiel ist in Abbildung 61 aufgeführt. Die in Hollenstein et al. (2015) als Nummern 6 und 7 ausgewiesenen Abschnitte an der Töss und Eulach wurden ebenfalls vor Ort besucht (siehe Kapitel 4.3.4.). Auf den Fotos ist zu erkennen, dass Spaziergänger den Weg entlang des Gewässers nutzten. Das Erholungspotenzial lag über dem Durchschnitt und aufgrund der Einteilung dieses Abschnittes in Klasse 1 («hohes EP hohe NF») auch über dem Median. Die für die Revitalisierung vorgesehenen Abschnitte werden grösstenteils der Klasse 1 zugeteilt, sind also für die Naherholung bereits recht attraktiv. Auffällig ist, dass die für die Revitalisierung vorgesehenen Abschnitte recht kurz ausfallen (0.31 km Eulach und 0.81 km Töss). Als Ziel der Massnahme wird explizit eine Aufwertung der Naherholungseignung erwähnt (Hollenstein et al. 2015). Vor Ort wurde die Erholungseignung jedoch bereits als sehr gut befunden. Es stellt sich daher die Frage, inwiefern überhaupt ein Verbesserungspotenzial besteht. Der schwarz markierte Ausschnitt zeigt, dass mehrere Fliessgewässerabschnitte ein geringeres Erholungspotenzial aufweisen. Dies ist ein Beispiel dafür, dass manche Gegebenheiten nicht durch eine Revitalisierung verbessert werden könnten, denn das niedrige Erholungspotenzial wird aufgrund der Autobahn verursacht.

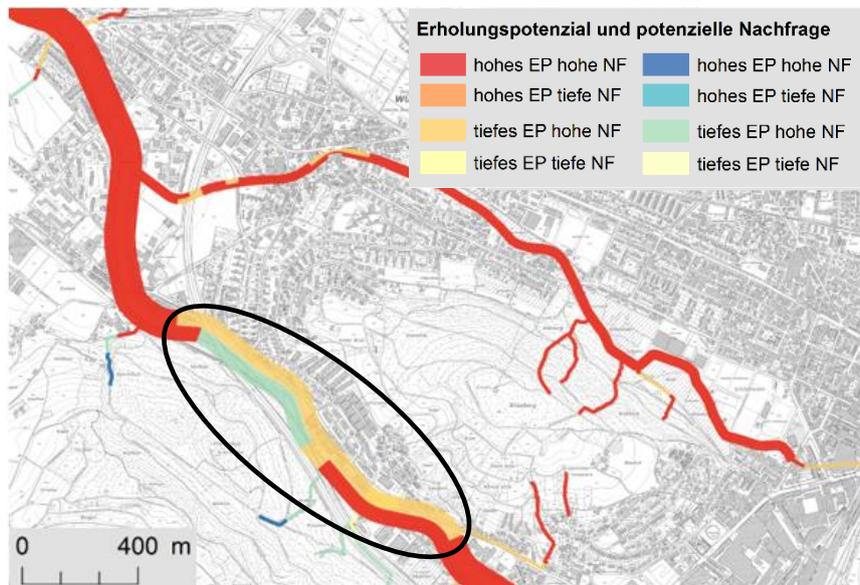


Abbildung 61: Klasseneinteilung der Töss und Elach bei Winterthur Wülflingen (siehe Kapitel 4.3.4.).

Die aufgeführten Beispiele können nur als qualitativer Vergleich zwischen dem Erholungspotenzial und den Revitalisierungsplanungen dienen. Es konnte aufgezeigt werden, dass durchaus Übereinstimmungen zwischen dem berechneten Erholungspotenzial und der potenziellen Nachfrage und den Prioritäten für die Revitalisierungsplanung bestehen. Obwohl das Beispiel in Abbildung 59 nicht direkt für die Naherholung relevant zu sein scheint, zeigen die Erholungspotenzialwerte aufgrund der Klassenwechsel an, dass ein Verbesserungspotenzial vorhanden wäre.

Eine Abstimmung mit anderen Planungsvorhaben wie z.B. den weiter oben angesprochenen Landschaftsentwicklungskonzepten (LEK) ist ebenfalls von Bedeutung. Falls eine Revitalisierung keine besonderen Anpassungen für die Erholungsnutzung vorsieht, könnte mithilfe einer Kombination aus LEK und Revitalisierung eine Verbesserung der Erholungseignung angestrebt werden (Göggel 2012).

6. Schlussfolgerungen und Ausblick

6.1. Schlussfolgerungen

Die Quantifizierung des Erholungspotenzials der Fließgewässer im Kanton Zürich anhand der *Multicriteria Decision Analysis* hat gezeigt, dass mit der angewendeten Methode erfasst werden kann, ob ein Fließgewässerabschnitt effektiv für die Erholung attraktiv bzw. geeignet ist. Ausserdem konnte mithilfe der potenziellen Nachfrage ein Fokus auf die Naherholung gesetzt werden. Das Hauptergebnis in Form der beiden Karten der Erholungspotenzialklassen sowie der anhand der Nachfrage selektierten Abschnitte zeigt unter anderem, wo sich im Kanton Zürich Abschnitte mit niedrigem respektive hohem Erholungspotenzial und wo sich Abschnitte mit einem zugleich hohen bzw. tiefen Erholungspotenzial und einer hohen Nachfrage befinden. Innerhalb von Siedlungsgebieten verlaufen rund 711 der insgesamt 3600km langen Fließgewässer des Kantons Zürich. Die Erholungspotenzialwerte sind so verteilt, dass 316km ein eher geringes, 325km ein eher hohes und 70km ein sehr hohes Erholungspotenzial aufweisen. Weit mehr Fließgewässerabschnitte, 2835km, liegen im «nicht Siedlungsgebiet». Die Verteilung des Erholungspotenzials ist für diese Abschnitte im Allgemeinen etwas besser, d.h. 861km werden in die beste Klasse eingestuft, wobei in die zweit- und drittbesten Klassen 1042km Fließgewässer mit einem relativ hohen Erholungspotenzial fallen. Für 932km fällt das Erholungspotenzial jedoch geringer aus. Wird die Naherholung miteinbezogen, weisen verhältnismässig viele Fließgewässerabschnitte im Siedlungsgebiet ein relativ hohes Erholungspotenzial und eine hohe Nachfrage auf. Daraus könnte man schliessen, dass eine Fokussierung auf diese Abschnitte bezüglich der Sicherstellung oder der weiteren Verbesserung des Erholungspotenzials sinnvoll sein könnte.

Es müsste nun weiter analysiert werden, inwiefern die Revitalisierungsvorhaben diese anhand der Karten erhobene Verteilung der Fließgewässerabschnittsklassen beeinflusst, d.h. ob Abschnitte mit einem bereits hohen Erholungspotenzial noch weiter verbessert, gesichert oder geschützt werden, oder ob auch Abschnitte mit einem eher niedrigen Erholungspotenzial bald in eine bessere Klasse eingeteilt werden können. Ein weiterer Aspekt stellt die Länge der Fließgewässerabschnitte mit einem durchgängig hohen Erholungspotenzialwert dar.

Eine Verbesserung des Erholungspotenzials an schlechten Abschnitten könnte zu einer Verknüpfung von zwei gut geeigneten Abschnitten beitragen. Anhand der in dieser Arbeit erstellten Karten könnten z.B. solche Abschnitte identifiziert werden, was wiederum eine Grundlage für Priorisierungsentscheide von Revitalisierungsprojekten darstellen könnte. Obwohl grundsätzliche Aussagen über die Verteilung des Erholungspotenzials im Kanton Zürich aufgrund der erstellten Karten und den Verteilungsdiagrammen gemacht werden konnten, sind die Erholungssituationen und Gegebenheiten

auf Gemeinde oder lokaler Ebene sehr unterschiedlich. Handlungsempfehlungen könnten anhand der in dieser Arbeit erstellten Karten auf lokaler, z.B. Gemeindeebene ausgearbeitet werden.

Auf Gemeindeebene konnte anhand von Choroplethen-Karten aufgezeigt werden, wie die Erholungspotenziale verteilt sind (siehe Kapitel 4.3.6.). Dadurch wird ein Überblick über die Verteilung des Erholungspotenzials der Gemeinden im Kanton Zürich ermöglicht, denn wie oben erwähnt wurde, ist dies anhand der Karten mit den einzelnen Fliessgewässerabschnitten schwierig. Generell zeichnet sich ein Bild ab, dass sich aufgrund der Betrachtung der Erholungspotenzialklassen erahnen lässt: Die abgelegenen Gemeinden mit viel «nicht Siedlungsgebieten» und einem hohen Anteil Fliessgewässer weisen höhere normalisierte Erholungspotenzialwerte auf. Die verwendeten Darstellungseinheiten (normalisiertes Erholungspotenzial aufgrund der Fliessgewässerslänge) könnten weiterentwickelt werden, denn der Miteinbezug der Fliessgewässersbreite liefert wiederum ein anderes Bild.

Abgesehen von den Karten des Erholungspotenzials ermöglichte allein die ExpertInnenbefragung einen Einblick in die Komplexität der Thematik. Die Liste an ausgearbeiteten Indikatoren könnte für andere Untersuchungen der Erholungseignung von Fliessgewässern nützlich sein. Eine interaktivere Gestaltung der ExpertInnenbefragungen wäre wünschenswert um den Einfluss von Gewichtungseinschätzungen direkt aufzeigen zu können. Beispielsweise könnte bereits die GIS-Modellierung mit ExpertInnen erarbeitet werden. Dadurch könnte sichergestellt werden, dass die ExpertInnen besser verstehen wie das Erholungspotenzial aufgrund der Kriterien genau gemessen wird.

Im Hinblick auf die kulturellen Ökosystemdienstleistungen sind die erwähnten Ergebnisse ein Beitrag zur Weiterentwicklung dieses Forschungsfeldes, der Erfassung von Erholungsleistungen von Fliessgewässern. Andererseits können die Resultate dieser Arbeit in den aktuellen Diskurs im Zusammenhang mit Revitalisierungsplanungen neue Einblicke ermöglichen.

Die Modellierung hat insgesamt plausible Resultate hervorgebracht, dennoch wären Verbesserungen möglich. Es könnten andere Methoden für die Interpolationen, oder die Messung der «parallelen» Strassen untersucht werden. Methoden zur Messung von Indikatoren welche nicht berücksichtigt wurden müssten erst erarbeitet werden.

Die Erkenntnisse aus der GIS-Modellierung können ausserdem zur Weiterentwicklung der Erfassung des Erholungspotenzials im Rahmen der MCDA oder alternativen Methoden beitragen.

6.2. Ausblick

Die Ergebnisse dieser Arbeit könnten eine Grundlage für weitere Untersuchungen darstellen. Es wurden für die Fließgewässerabschnitte im Rahmen der MCDA verschiedene Attribute z.B. «physische» Kriterienwerte erhoben. Aufgrund dieser Attribute könnten auch andere spezifische Abfragen gemacht werden, wie z.B. die Darstellung von mit einem Weg erschlossene oder eingedolte Abschnitten. In dieser Arbeit wurden ausserdem nur einzelne Stichproben von Abschnitten untersucht. Um präzisere Aussagen über die jeweiligen Erholungspotenziale von bestimmten Untersuchungsgebieten machen zu können, wäre es ausgehend von den Ergebnissen dieser Arbeit, möglich das Erholungspotenzial eines Kartenausschnittes auf lokaler Ebene, z.B. mit dem *Zonal Statistics Tool* (ArcGIS) zusammenzufassen. Diese lokale Betrachtungsweise könnte als Ausgangspunkt oder Vergleichsmöglichkeit für empirische Studien der Erholungseignung oder -nutzung von Fließgewässern dienen.

Es wäre möglich, in weiteren Analysen Kriterien auszuschliessen oder gar die Struktur des AHP zu verändern oder zu ergänzen, um die Auswirkungen auf die Erholungspotenzialwerte der Fließgewässerabschnitte zu erfassen. Eine unterschiedliche Definition der Abschnittseinheiten (100, 200 oder 500m Abstände) wäre ebenfalls umsetzbar.

Eine Weiterentwicklung der Einteilung der Fließgewässerabschnitte in Siedlungs- und «nicht Siedlungsgebiet» in die Kategorien Stadt-, Park-, Kultur- und Naturlandschaft gemäss Gatti et al. (2013) wäre im Sinne einer detaillierteren Differenzierung wünschenswert. Es müsste geprüft werden, inwiefern es möglich wäre, für die verschiedenen Fließgewässerkategorien individuelle Kriterien auszuarbeiten.

Die Präferenzen von Erholungssuchenden könnten in eine solche Arbeit, die vor allem auf dem Wissen und der Meinung von ExpertInnen aufbaut, miteinbezogen werden. Bisher wurde vor allem untersucht, ob Revitalisierungen einen Mehrwert für die Erholungssuchenden erbringen können. Um ein repräsentatives Bild des Erholungspotenzials der Fließgewässer im Kanton Zürich zu erhalten, wäre es hilfreich, wenn mehr Erkenntnisse darüber bestehen würden, welche Kriterien ein Fließgewässerabschnitt erfüllen muss, damit es für die verschiedenen Nutzergruppen von Erholungssuchenden attraktiv ist.

Literaturangaben

- Aklıbaşında, M. & Bulut, Y., 2014. Analysis of terrains suitable for tourism and recreation by using geographic information system (GIS). In: *Environmental monitoring and assessment*, 186(9), S. 962–969.
- ALN, Amt für Landschaft und Natur Kanton Zürich, 2015. Naturschutzgebiete.
<http://www.aln.zh.ch/internet/baudirektion/aln/de/naturschutz/naturschutzgebiete.html> (Letzter Zugriff: 20.12.2015).
- ALN & ARV, Amt für Landschaft und Natur & Amt für Raumordnung und Vermessung Kanton Zürich, 2002. Gemeinsam für die Zukunft der Landschaft. Nachhaltige Landschaftsentwicklung im Kanton Zürich.
- Alonso, J.A. & Lamata, M.T., 2006. Consistency in the analytic hierarchy process: a new approach. In: *International Journal of Uncertainty, Fuzziness and Knowledge-Based Systems*, 14(4), S. 445–459.
- Altwegg, J., 2014. Entscheidungsunterstützungssystem für eine nachhaltige Bauzonenausweisung. Dissertation, ETH Zürich.
- AFV, Amt für Verkehr Kanton Zürich, 2013. ÖV-Güteklassen Infoblatt.
- Andrienko, G.L. & Andrienko, N. V., 1999. Interactive maps for visual data exploration. In: *International Journal of Geographical Information Science*, 13(4), S. 355–374.
- Andrienko, N. & Andrienko, G., 2001. Intelligent support for geographic data analysis and decision making in the Web. In: *Journal of Geographic Information and Decision Analysis*, 5(2), S. 115–128.
- Anselin, L., Syabri, I. & Kho, Y., 2006. GeoDa: An introduction to spatial data analysis. In: *Geographical Analysis*, 38(1), S. 5–22.
- ARE, Amt für Raumentwicklung Kanton Zürich, 2015a. Dichtevorgaben umsetzen. Leitfaden 04.
- ARE, Amt für Raumentwicklung Kanton Zürich, 2015b. Richtplan Kanton Zürich Teilrevision 2015.
- Arnold, M., Schwarzwälder, K., Beer-Toth, K., Zbinden, M. & Baumgart, K. 2009. Mehrwert naturnaher Wasserläufe. Untersuchung zur Zahlungsbereitschaft mit besonderer Berücksichtigung der Erschliessung für den Langsamverkehr. In: *Umwelt-Wissen*, 12(9), Bern: Bundesamt für Umwelt (BAFU), S. 1- 124.
- Atteslander, P., 2003. *Methoden der empirischen Sozialforschung*, New York: Walter de Gruyter Berlin.
- AWEL & ARE, Amt für Abfall Wasser Energie und Luft & Amt für Raumentwicklung Kanton Zürich, 2011. Änderung der Gewässerschutzverordnung zur Sicherung des Gewässerraums. Umsetzung in den Gemeinden.
- AWEL, Amt für Abfall Wasser Energie und Luft Kanton Zürich, 2011. Revitalisierung von Fließgewässern im Kanton Zürich. Grundlagen und Strategie.
- Backhaus, K., Erichson, W., Plinke, W., & Weiber, R., 2010. *Multivariate Analysemethoden: Eine anwendungsorientierte Einführung*, Berlin-Heidelberg: Springer-Verlag.
- Bagstad, K.J., Semmens, D., Winthrop, R., Jaworksi, D. & Larson, J., 2012. Ecosystem services valuation to support decisionmaking on public lands — A Case Study of the San Pedro River Watershed, Arizona: U.S. Geological Survey Scientific Investigations Report.

- Barbosa, O., Tratalos, J., Armsworth, P.R., Davies, R.G., Fuller, R., Johnson, P. & Gaston, K.J., 2007. Who benefits from access to green space? A case study from Sheffield, UK. In: *Landscape and Urban Planning*, 83(2-3), S. 187–195.
- Bartelme, N., 2005. *Geoinformatik. Modelle Strukturen Funktionen*. 4. Auflage, New York: Springer-Verlag.
- Barzilai, J., 1998. Consistency Measures for Pairwise Comparison Matrices. In: *Journal of Multi-Criteria Decision Analysis*, (7), S. 123–132.
- Baumgartner, S., Peter, A., Reichert, P., Robinson, Chr., Siegenthaler-Le Drian, C. & Thomas, G., 2013. *Synthesebericht aus dem Projekt. Priorisierung von Flussrevitalisierungsprojekten – Ökologische Aspekte der Priorisierung und Revitalisierungspotenzial*. Bern: Bundesamt für Umwelt (BAFU).
- Beinat, E., 1997. *Value Functions for Environmental Management*, Dordrecht: Springer Science+Business Media, B.V.
- Belton, V. & Gear, T., 1983. On a short-coming of Saaty's method of analytic hierarchies. In: *Omega*, 11(3), S. 228–230.
- BFS, Bundesamt für Statistik, 2010. *GEOSTAT 2010 Neuchâtel Geodaten der Bundesstatistik Eidgenössische Betriebszählung 2008*. Bern: Bundesamt für Statistik (BFS). Abteilung Raum und Umwelt.
- BFS, Bundesamt für Statistik, 2013. *Statistik der Bevölkerung und der Haushalte (STATPOP) ab 2010*. Bern: Bundesamt für Statistik (BFS). Abteilung Raum und Umwelt.
- Bögli, S., 2015. *Naherholung im suburbanen Raum Untersuchung der Erholungsnutzung um den Glattpark in Opfikon*. Masterarbeit, Universität Basel.
- Bogner, A., Beate, L. & Menz, W. (Hrsg.), 2002. *Das Experteninterview - Theorie, Methode, Anwendung*. Wiesbaden: Springer-Verlag.
- Boyd, J., 2007. Nonmarket benefits of nature: What should be counted in green GDP? In: *Ecological Economics*, 61(4), S. 716–723.
- Brassel, K.E. & Reif, D., 1979. A Procedure to Generate Thiessen Polygons. In: *Geographical Analysis*, 11(3), S. 289–303.
- Buchecker, M., Kienast, F., Degenhardt, B. & Widmer, S., 2013. Naherholung räumlich erfassen. In: *Merkbl. Prax.*, 51, Birmensdorf: Eidgenössische Forschungsanstalt für Wald, Schnee und Landschaft (WSL), S. 1-8.
- Burrough, P.A. & McDonnell, R.A., 1998. *Principles of Geographical Information Systems*, New York: Oxford University Press.
- Catillaz, A. & Frey, N., 2012. Lärmbelastung durch Strassenverkehr in der Schweiz. Zweite nationale Lärmberechnung, Stand 2012. In: *Umwelt-Zustand*, 1406, Bern: Bundesamt für Umwelt (BAFU), S. 1-32.
- Çelik, H.M. & Türk, E., 2011. Determination of Optimum Environmental Conservation: Using Multi-Criteria Decision-Making Techniques. In: *European Planning Studies*, 19(3), S. 479–499.
- Chen, H., Wood, M., Linstead, C. & Maltby, E., Uncertainty analysis in a GIS-based multi-criteria analysis tool for river catchment management. In: *Environmental Modelling & Software*, 26(4), S. 395–405.

- Chen, L. & Pu, P., 2004. Survey of Preference Elicitation Methods. EPFL Technical Report, (67). Lausanne: Human Computer Interaction Group.
- Crossman, N.D., Burkhard, B., Nedkov, S., Willemen, L., Petz, K., Palomo, I., et al. 2013. A blueprint for mapping and modelling ecosystem services. In: *Ecosystem Services*, 4(2013), S. 4–14.
- Dent, B.D., Torguson, J.S. & Hodler, T.W., 2009. Cartography. Thematic Map Design. 6. Auflage. New York: McGrawHill.
- Diniz-Filho, J. a F., Bini, L.M. & Hawkins, B. a., 2003. Spatial autocorrelation and red herrings in geographical ecology. In: *Global Ecology and Biogeography*, 12(1), S. 53–64.
- Eastman, J.R., Toledano, J., Jin, W. & Kyem, P., 1993. GIS and decision making. Geneva: UNITAR.
- Frick, J., Degenhardt, B. & Buchecker, M., 2007. Predicting local residents use of nearby outdoor recreation areas through quality perceptions and recreational expectations. In: *Forest Snow and Landscape Research*, (81), S. 31–41.
- Gatti, S., Bachofner, Chr., Dünner, J.T., Guhl, F., Eiermann, T., Leisi, Chr., et al., 2013. Der Metropolitanraum Zürich als Parklandschaft Initialprojekt vom Rauschen zur Stille. Naherholung und Landschaftserlebnis.
- Ghermandi, A., 2015. Benefits of coastal recreation in Europe: Identifying trade-offs and priority regions for sustainable management. In: *Journal of Environmental Management*, (152), S. 218–229.
- GITTA, 2006. Geographic Information Technology Training Alliance. Uneingeschränkte Analyse von Distanzbeziehungen: Thiessen-Polygone. http://www.gitta.info/Accessibilit/de/html/UncProxAnaly_learningObject4.html (Letzter Zugriff: 19.11.2015).
- Göggel, W., 2012. Revitalisierung Fließgewässer. Strategische Planung. Ein Modul der Vollzugshilfe Renaturierung der Gewässer. In: *Umwelt-Vollzug*, 1208, Bern: Bundesamt für Umwelt (BAFU), S. 1-44.
- Google, 2015. Google Maps. <https://www.google.ch/maps/> (Letzter Zugriff: 28.12.2015).
- Greene, R., Devillers, R., Luther, J.E. & Eddy, B.G., 2011. GIS-Based Multiple-Criteria Decision Analysis. In: *Geography Compass*, 5(6), S. 412–432.
- Grêt-Regamey, A., Weibel, B., Kienast, F., Rabe, S.E. & Zulian, G., 2014. A tiered approach for mapping ecosystem services. In: *Ecosystem Services*, 13(6), S. 16-27.
- Grêt-Regamey, A., Kienast, F., Rabe, S.E. & Singer, C., 2014. Machbarkeitsabklärung «Datenverfügbarkeit für ein Mapping der Ökosystemleistungen in der Schweiz». Schlussbericht. Bern: Bundesamt für Umwelt (BAFU).
- Grünstadt Zürich, 2005. Freiraumversorgung der Stadt Zürich Methodenbeschrieb und Anwendung. Zürich.
- GschG, Die Bundesversammlung der Schweizerischen Eidgenossenschaft, 2015. Bundesgesetz über den Schutz der Gewässer (GSchG), Schweiz.
- GSchV, Der Schweizerische Bundesrat, 2014. Gewässerschutzverordnung (GSchV), Schweiz.
- Harrower, M. & Brewer, C.A., 2003. ColorBrewer.org: An Online Tool for Selecting Colour Schemes for Maps. In: *The Cartographic Journal*, 40(1), S. 27–37.

- Hessburg, P., Reynolds, K.M., Salter, R.B., Dichinson, J.D., Gaines, W.L., & Harrod, R.J., 2013. Landscape Evaluation for Restoration Planning on the Okanogan-Wenatchee National Forest, USA. In: *Sustainability*, 5(3), S. 805–840.
- Hollenstein, R., Brögli, M., Töngi, C., Schmid, D. & Richard, U., 2015. Revitalisierungsplanung Kanton Zürich. Beschlossene Planung Revitalisierung. Technischer Bericht. Zürich: Amt für Abfall, Wasser, Energie und Luft (AWEL).
- Hütte, M. & Niederhauser, P., 1998. Methoden zur Untersuchung und Beurteilung der Fliessgewässer in der Schweiz. Ökomorphologie Stufe F (flächendeckend). In: *Mitteilungen zum Gewässerschutz*, 27, Bern: Bundesamt für Umwelt (BAFU), S. 1 – 49.
- Ingold, K. & Köpfler, M., 2009. Lärmbelastung in der Schweiz. Ergebnisse des nationalen Lärmmonitorings SonBase. In: *Umwelt-Zustand*, 0907, Bern: Bundesamt für Umwelt (BAFU), S. 1 -62.
- Junker, B. & Buchecker, M., 2008. Aesthetic preferences versus ecological objectives in river restorations. In: *Landscape and Urban Planning*, 85(3-4), S. 141–154.
- Kägi, J., 2013. Wie lassen sich geeignete Flussabschnitte für Revitalisierungen finden? Eine Multikriterienanalyse im GIS für die gesamte Schweiz. Masterarbeit, ETH Zürich.
- Kaiser, O., 2005. Bewertung und Entwicklung urbaner Fließgewässer. Dissertation, Albert-Ludwigs Universität Freiburg i. Brsg.
- Kanton Zürich, 2015a. Geodatensatz: Digitales Terrainmodell Kanton Zürich (DTM ZH).
- Kanton Zürich, 2015b. Geodatensatz: ÖV-Güteklassen.
- Kanton Zürich, Regierungsrat des Kanton Zürich, 2014. Langfristige Raumentwicklungsstrategie (LaRES) Kanton Zürich. Zürich.
- Kanton Zürich, 2012a. Geodienst: Raster-Übersichtsplan (UPWMS). <http://wms.zh.ch/upwms> (Letzter Zugriff: 5.1.2016).
- Kanton Zürich, 2012b. Geodatensatz : Ökomorphologische Erhebung der Fliessgewässer im Kanton Zürich.
- Kanton Zürich, 2011a. Geodatensatz : Schutzverordnungen über Natur- und Landschaftsschutzgebiete von überkommunaler (kt ./ reg .) Bedeutung (SVO).
- Kanton Zürich, 2011b. Geodatensatz : Sportanlagen.
- Kanton Zürich, 2010. Geodatensatz : Zonenpläne , Überbauungs- und Erschliessungsstände der Gemeinden.
- Kanton Zürich, 2009. Geodatensatz : Seen 1 : 5000.
- Keeler, B.L., Wood, S. a., Kling, C., Filstrup, Chr. & Downing, J.a., 2015. Recreational demand for clean water: evidence from geotagged photographs by visitors to lakes. In: *Frontiers in Ecology and the Environment*, 13(2), S. 76-81.
- Keeney, R.L., 1992. Value-focused thinking: A path to creative decision making., Cambridge: Harvard University Press.
- Khorramshahgol, R. & Moustakis, V.S., 1988. Delphic hierarchy process (DHP): A methodology for priority setting derived from the Delphi method and analytical hierarchy process. In: *European Journal of Operational Research*, 37(3), S. 347–354.

- Kienast, F., Weilenmann, B., Wäger, Y. & Buchecker, M., 2012. GIS-assisted mapping of landscape suitability for nearby recreation. In: *Landscape and Urban Planning*, 105(4), S. 385–399.
- Kienast, F., Frick, J. & Steiger, U., 2013. Neue Ansätze zur Erfassung der Landschaftsqualität. Zwischenbericht Landschaftsbeobachtung Schweiz (LABES). In: *Umwelt-Wissen*, 1325, Bern: Bundesamt für Umwelt (BAFU) und Birmensdorf: Eidgenössische Forschungsanstalt für Wald, Schnee und Landschaft (WSL), S. 1- 75.
- Kimerling, J.A., Buckley, A.R., Muehrcke, P.C. & Muehrcke, J.O., 2011. *Map Use: Reading Analysis Interpretation*. 7. Auflage. Redlands: ESRI Press.
- Koschke, L., Fürst, Chr., Frank, S. & Makeschin, F., 2012. A multi-criteria approach for an integrated land-cover-based assessment of ecosystem services provision to support landscape planning. In: *Ecological Indicators*, 21, S. 54–66.
- Lee, Y.W., Bogardi, I. & Kim, J.H., 2000. Decision of water supply line under uncertainty. In: *Water Research*, 34(13), S. 3371–3379.
- Ligmann-Zielinska, A., Church, R. & Jankowski, P., 2008. Spatial optimization as a generative technique for sustainable multiobjective land-use allocation. In: *International Journal of Geographical Information Science*, 22(6), S. 601–622.
- Lillesand, T.M., Kiefer, R.W. & Chipman, J.W., 2008. *Remote Sensing and Image Interpretation*. 6. Auflage. Hoboken: Wiley.
- Lundy, L. & Wade, R., 2011. Integrating sciences to sustain urban ecosystem services. In: *Progress in Physical Geography*, 35(5), S. 653–669.
- Maes, J., Fabrega, N., Zulian, G., Barbosa, A., Vizcaino, P., Ivits, E., et al. 2015. *Mapping and Assessment of Ecosystems and their Services. Trends in ecosystems and ecosystem services in the European Union between 2000 and 2010*. Luxembourg: Publications Office of the European Union, 2015
- Maes, J., Egoh, B., Willemsen, L., Liqueste, C., Vihervaara, Schägner, J., et al., 2012. Mapping ecosystem services for policy support and decision making in the European Union. In: *Ecosystem Services*, 1(1), S. 31–39.
- Malczewski, J., 1999. *GIS and Multicriteria Decision Analysis*. Wiley.
- Malczewski, J., 2006. GIS based multicriteria decision analysis: a survey of the literature. In: *International Journal of Geographical Information Science*, 20(7), S. 703–726.
- Malczewski, J., 2004. GIS-based land-use suitability analysis: A critical overview. In: *Progress in Planning*, 62(1), S. 3–65.
- Malczewski, J. & Rinner, C., 2015. *Multicriteria Decision Analysis in Geographic Information Science*. New York: Springer.
- Maslow, A.H., 1994. *Motivation und Persönlichkeit*. Olten und Freiburg im Breisgau: Walter-Verlag.
- Meier, C., 2003. *Naturoasen im Kanton Zürich brauchen besonderen Schutz. Bericht zum Instrument der Schutzverordnung (SVO)*. Zürich: Fachstelle Naturschutz Kanton Zürich.
- Mieg, H.A. & Näf, M., 2005. *Experteninterviews (2. Aufl.)*. Institut für Mensch-Umwelt-Systeme (HES), ETH Zürich.

- Mitas, L. & Mitasova, H., 1999. Spatial interpolation. In: Longley, P.A., Goodchild, M.F., Maguire, D.J., Rhind, D.W., Hrsg. Geographical Information Systems (GIS): Principles, Techniques, Management and Applications. New York: John Wiley, S. 481-492.
- Mönnecke, M., Wasem, K., Spiess, H. & Kümin, D., 2006. Ansprüche von Naherholungsuchenden und deren Berücksichtigung in verschiedenen Arten von Planungsinstrumenten. Projekt im Rahmen des WSL-Programmes "Landschaft im Ballungsraum." HSR Hochschule für Technik Rapperswil und Züricher Hochschule Winterthur.
- Nahuelhual, L., Carmona, A., Lozadam P., Jaramillo, A. & Aguayo, M., 2013. Mapping recreation and ecotourism as a cultural ecosystem service: An application at the local level in Southern Chile. In: Applied Geography, 40, S. 71–82.
- Openstreetmap, 2015. Download von Punktdaten für die Tags amenity=restaurant|fast_food|cafe|bar|pub, leisure=playground, amenity=firepit|bench|toilets und tourism=picnic_site. Openstreetmap.org (Letzter Zugriff: 4.10.2015).
- Paracchini, M.L., Zulian, G., Kopperoinen, L., Maes, J., Schägner, J.Ph., Termansen, M., et al., 2014. Mapping cultural ecosystem services: A framework to assess the potential for outdoor recreation across the EU. In: Ecological Indicators, 45, S. 371–385.
- Peña, L., Casado-Arzuaga, I. & Onaindia, M., 2015. Mapping recreation supply and demand using an ecological and a social evaluation approach. In: Ecosystem Services, 13, S. 108–118.
- Peter, A. & Scheidegger, C., 2013. Faktenblatt Gewässerraum. Dübendorf : Das Wasserforschungsinstitut des ETH-Bereichs (Eawag) und Birmensdorf: Eidg. Forschungsanstalt für Wald, Schnee und Landschaft (WSL).
- Pliening, T., Dijks, S., Oteros-Rozas, E. & Bieling, C., 2013. Assessing, mapping, and quantifying cultural ecosystem services at community level. Land Use Policy, 33, S. 118–129.
- Polizzi, C., Simonetto, M., Barausse, A., Chaniotou, N., Känkänen, R., Keränen, S., et al. 2015. Is ecosystem restoration worth the effort? The rehabilitation of a Finnish river affects recreational ecosystem services. In: Ecosystem Services, S. 1–12.
- Pro Natura, 1998. Mehr Raum für unsere Fließgewässer: ein Gewinn für Mensch und Natur. In: Beiträge zum Naturschutz in der Schweiz, 19, S. 1 – 48. Basel: Pro Natura.
- Richards, D.R. & Friess, D. a., 2015. A rapid indicator of cultural ecosystem service usage at a fine spatial scale: Content analysis of social media photographs. In: Ecological Indicators, 53, S. 187–195.
- Rinner, C., 2007. A geographic visualization approach to multi-criteria evaluation of urban quality of life. In: International Journal of Geographical Information Science, 21(8), S. 907–919.
- Rykiel, E.J., 1996. Testing ecological models: The meaning of validation. In: Ecological Modelling, 90(3), S. 229–244.
- Saaty, T.L., 1980. The analytic hierarchy process. New York: McGraw-Hill.
- Scheidegger, C., Werth, S., Gostner, W., Schleiss, A. & Peter, A., 2012. Förderung der Dynamik bei Revitalisierungen. In: Merkblatt-Sammlung Wasserbau und Ökologie, Bern: Bundesamt für Umwelt (BAFU), S. 1–6.
- Slocum, T.A., McMaster, R.B., Kessler, F.C. & Howard, H.H., 2014. Thematic Cartography and Geovisualization. 3. Auflage. Essex: Pearson.

- Spangenberg, J. & Settele, J., 2010. Precisely incorrect? Monetising the value of ecosystem services. In: *Ecological Complexity*, 7(3), S. 327–337.
- Spiess, H., 2009. Ergänzungsstudie zum Pilotprojekt: Gewässerbezogene Naherholungsräume im Kanton Zürich. Zürcher Hochschule für Angewandte Wissenschaften ZHAW, Institut für Nachhaltige Entwicklung (INE).
- Spiess, H., Wasem, K. & Burkart, A., 2008. Gewässerbezogene Naherholungsräume im Kanton Zürich (Pilotprojekt). Zürcher Hochschule für Angewandte Wissenschaften ZHAW, Institut für Nachhaltige Entwicklung (INE).
- Stanners, D. & Bourdeau, P., 1995. The urban environment. In *Europe's Environment*. Kopenhagen: European Environment Agency.
- Staub, C., Ott, W. & Heusi, F., 2011. Indikatoren für Ökosystemleistungen: Systematik, Methodik und Umsetzungsempfehlungen für eine wohlfahrtsbezogene Umweltberichterstattung. In: *Umwelt-Wissen*, (1102), Bern: Bundesamt für Umwelt (BAFU), S. 1-106.
- Store, R. & Kangas, J., 2001. Integrating spatial multi-criteria evaluation and expert knowledge for GIS-based habitat suitability modelling. In: *Landscape and Urban Planning*, 55(2), S. 79–93.
- Swisstopo, 2015a. Geokatalog Landeskarte (map.geo.admin.ch). <https://map.geo.admin.ch/> (Letzter Zugriff: 15.1.2016). Bern: Bundesamt für Landestopografie (Swisstopo).
- Swisstopo, 2006. GG25 Die digitalen administrativen Grenzen der Schweiz. Bern: Bundesamt für Landestopografie (Swisstopo).
- Swisstopo, 2005. Pixelkarten Cartes-pixel. Bern: Bundesamt für Landestopografie (Swisstopo).
- Swisstopo, 2014a. swissBUILDINGS3D 2.0. Bern: Bundesamt für Landestopografie (Swisstopo).
- Swisstopo, 2014b. Das Topografische Landschaftsmodell (TLM) Bern: Bundesamt für Landestopografie (Swisstopo).
- Swisstopo, 2008. Vector25 Datensatz. Das digitale Landschaftsmodell der Schweiz. Bern: Bundesamt für Landestopografie (Swisstopo).
- Wilson, M.F.J., O'Connell, B., Brown, C., Guinan, J., & Grehan, A., 2007. Multiscale Terrain Analysis of Multibeam Bathymetry Data for Habitat Mapping on the Continental Slope. *Marine Geodesy*, 30(1-2), S. 3–35.
- Wood, S., Guerry, A.D., Silver, J.M. & Lacayo, M., 2013. Using social media to quantify nature-based tourism and recreation. *Sci. Rep.* 3, 2976.
- Zeidenitz, C., 2005. Freizeitaktivitäten in der Schweiz - wegen oder gegen Natur und Landschaft? Eine umweltsychologische Studie zu Motiven, Einstellungen und Lenkungsstrategien. Birmensdorf: Eidg. Forschungsanstalt für Wald, Schnee und Landschaft (WSL).

Anhang

A. Auszug des Fragebogens Teil 1

Die beantworteten Befragungsbögen und die Antworten wurden der Arbeit elektronisch beigelegt. Ein Auszug der Vorlage des Fragebogens der ersten Befragung ist unten angefügt.

Expertenbefragung Teil 1 (Auszug)

Plausibilitätsprüfung der Indikatoren Auswahl

Danke, dass Sie sich bereit erklärt haben als Expertin/Experte an der Befragung teilzunehmen. Im ersten Teil geht es darum Ihre Meinung betreffend der Indikatoren-Auswahl zu erfahren. Ausserdem werden einige Fragen zu Ihren Präferenzen gestellt und Sie haben die Möglichkeit Anpassungsvorschläge zu machen. Aufgrund Ihrer Rückmeldung wird der Befragungsbogen für den zweiten Teil, die Bewertung und Gewichtung der Indikatoren, erstellt.

Das Ziel der Arbeit ist aufgrund der Indikatoren den **Erholungsleistungswert** der Fliessgewässer im Kanton Zürich zu quantifizieren. Die Indikatoren werden aufgeteilt in Angebot und Nachfrage, wobei jeweils von einem Potential und nicht von effektiven Werten ausgegangen werden muss. Alle Indikatoren der Angebotsseite werden bewertet, gewichtet und aggregiert um einen Erholungswert für die Fliessgewässerabschnitte zu erhalten. Als Endprodukt wird mittels der Indikatoren der Nachfrageseite der Versorgungsgrad der Bevölkerung an qualitativ hochwertigen Fliessgewässerraum berechnet.

Die Auswahl der Indikatoren beruht einerseits auf einer Literaturrecherche und andererseits auf der Datenverfügbarkeit. Die Nutzergruppe spielt bei der Wahl und Bewertung der Indikatoren eine entscheidende Rolle. Es ist schwierig, viele unterschiedliche Nutzergruppen zu berücksichtigen. Im Fokus steht deshalb vorerst die **Nutzergruppe „Spaziergänger“** für welche die **Naherholungsleistung** modelliert werden soll. Am Schluss werden Sie gefragt, ob die aufgeführten Indikatoren auch **für weitere Nutzergruppen** wie Wanderer, Jogger, Fahrradfahrer oder Badegäste verwendet werden könnten.

Die Indikatoren-Auswahl wird Ihnen nun jeweils kurz beschrieben. Jeder Indikator soll von Ihnen aufgrund der Plausibilität bewertet werden und es besteht die Möglichkeit zur besseren Nachvollziehbarkeit, einen Kommentar hinzuzufügen.

Potentielles Angebot

Erreichbarkeit und Zugänglichkeit

Um die Erreichbarkeit und Zugänglichkeit der Fliessgewässer zu messen, wurden die Indikatoren Distanz zwischen der Siedlung und dem Fliessgewässer, Distanz zwischen dem Strassennetz und dem Fliessgewässer sowie die Steigung innerhalb des Fliessgewässerabschnittes gewählt.

Die aufgeführten Indikatoren zur Messung der Erreichbarkeit und Zugänglichkeit sind plausibel...

- (1) Die **Distanz [m] zwischen dem Fliessgewässer** und der nächsten **Siedlung**. Gemessen wird dies mittels der euklidischen Distanz, als Siedlungen werden Vector25 Daten verwendet.

trifft nicht zu

trifft eher nicht zu

trifft eher zu

trifft zu

(2) **Die Distanz des Fließgewässers vom Strassennetz** (Vector25 Strassen Klassen 3-6, Quartierstrassen, Nebenstrassen, Brücken, Fahrwege, Wanderwege, Fusswege, Parkwege und Wirtwege). Es wird wiederum die euklidische Distanz berechnet. Das Fließgewässernetz wurde vom Kanton Zürich bezogen.

trifft nicht zu

trifft eher nicht zu

trifft eher zu

trifft zu

...der vollständige Fragebogen ist im elektronischen Anhang zu finden

B. Auszug des Fragebogens Teil 2

Die beantworteten Befragungsbögen und die Antworten wurden der Arbeit elektronisch beigelegt. Ein Auszug der Vorlage des Fragebogens der zweiten Befragung ist unten angefügt.

Expertenbefragung Teil 2 (Auszug)

Bewertung und Gewichtung der Indikatoren

Im zweiten Teil der Expertenbefragung geht es darum, die ausgewählten Indikatoren zu bewerten und zu gewichten. Abbildungen 1 und 2 zeigen beispielhaft eine mögliche Bewertung der Indikatoren für eine Kardinal- sowie eine Ordinal- oder Nominalskala. Das Ziel dieser zweiten Befragung ist es, von jedem Experten eine Bewertungsfunktion für die Indikatoren aufgrund der physischen Einheiten bzw. der gewählten Kategorien zu erhalten. Anschliessend werden die Indikatoren und deren Attribute relativ zueinander gewichtet. Die Experten haben die Möglichkeit bezüglich der Wahl der Kategorien und Spannweite der physischen Einheiten, Änderungsvorschläge einzubringen.

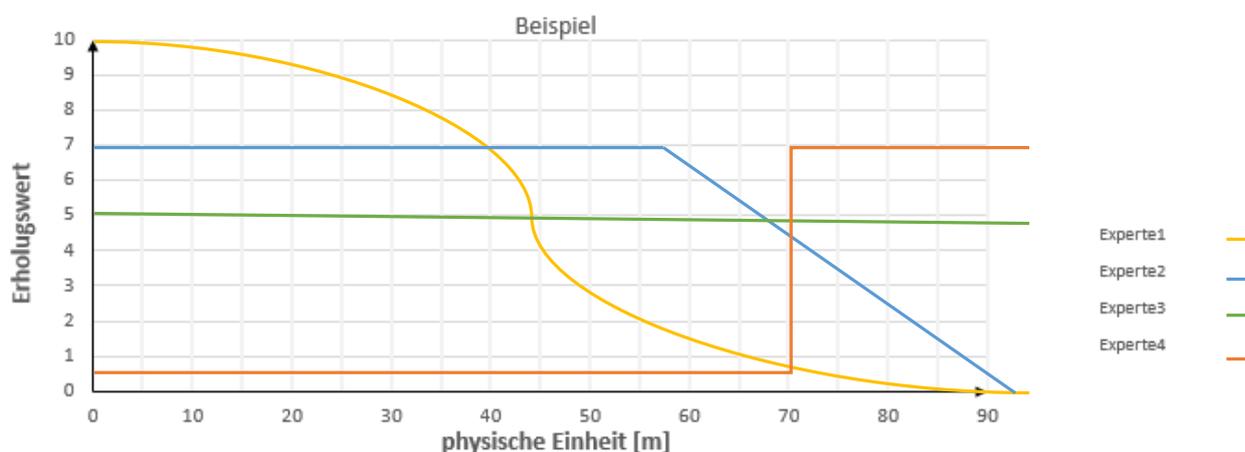


Abbildung 1: mögliches Endresultat der Expertenbefragung für Daten mit einer Kardinalskala. Die Experten haben in diesem Beispiel eine sehr unterschiedliche Meinung.

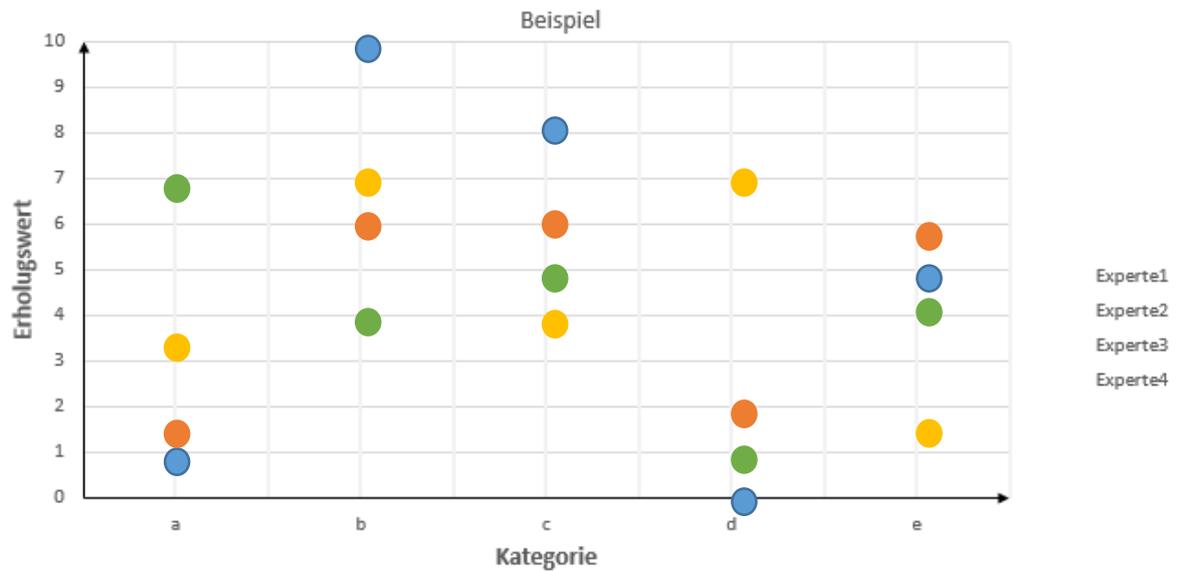
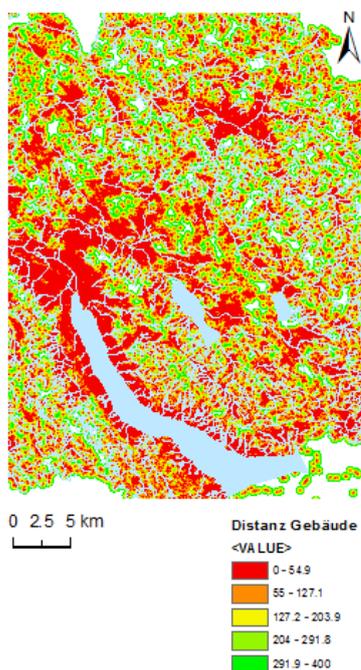


Abbildung 2: mögliches Endresultat der Expertenbefragung für Daten mit einer Ordinal- oder Nominalskala.

Erreichbarkeit und Zugänglichkeit

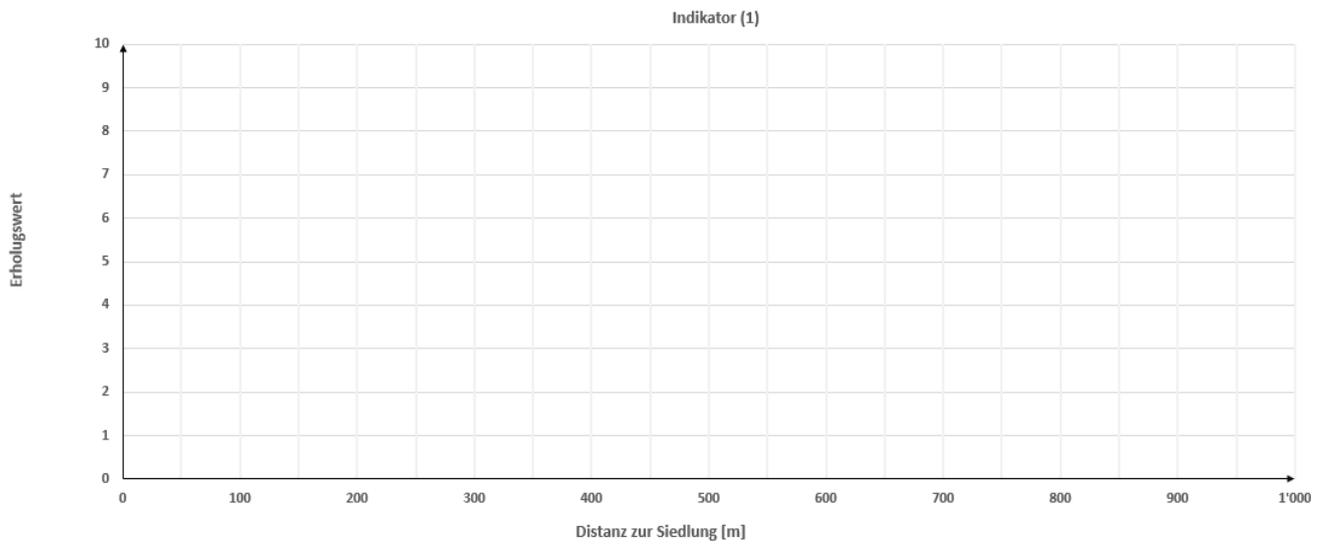
- (1) Messung der **Distanz zur nächsten Siedlung**. Mit dem Indikator wird gemessen ob eine Siedlung innerhalb einer gewissen Distanz zum Fließgewässer vorhanden ist.



Wie wird die Naherholungsleistung des Fließgewässers beeinflusst durch die Nähe zur Siedlung?

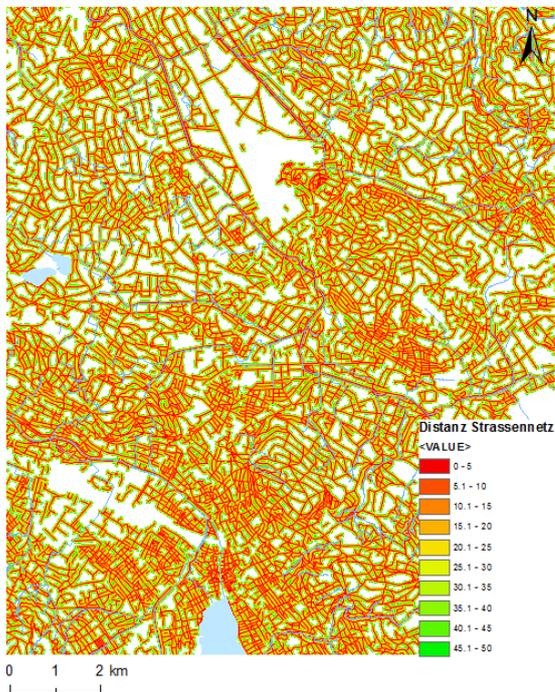
Welche Distanz legt ein Fußgänger oder ein Velofahrer in etwa maximal zurück für die Naherholung?

Wie sollte die Bewertungsfunktion für städtische- und ländliche Gebiete aussehen?



Anmerkungen?

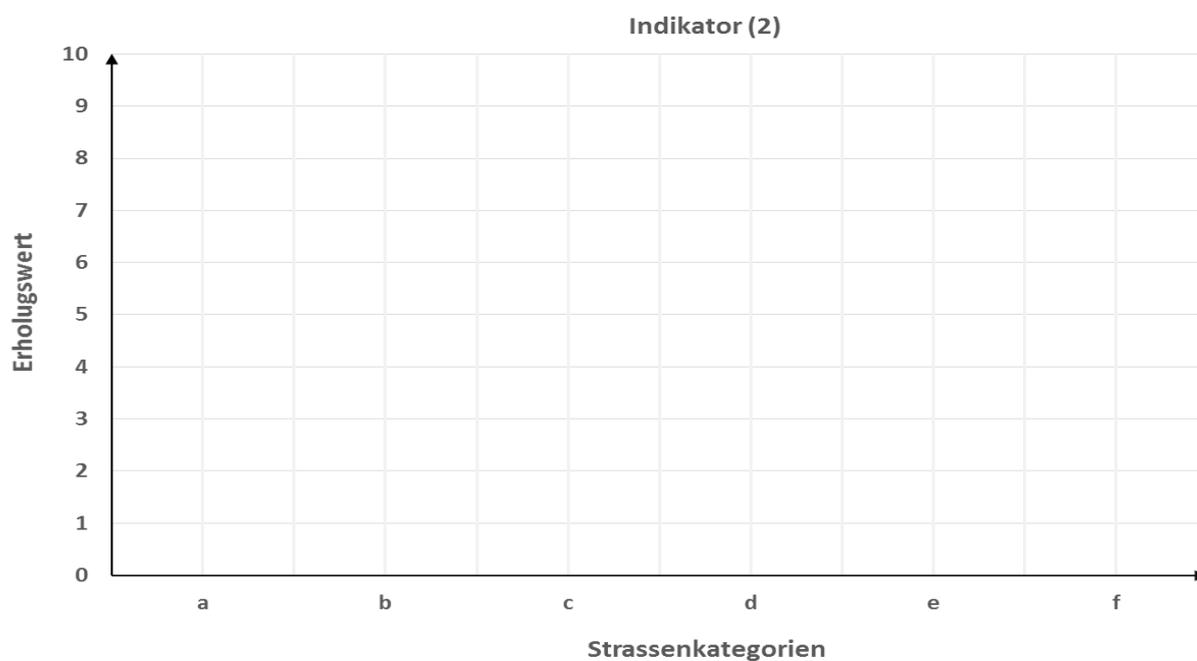
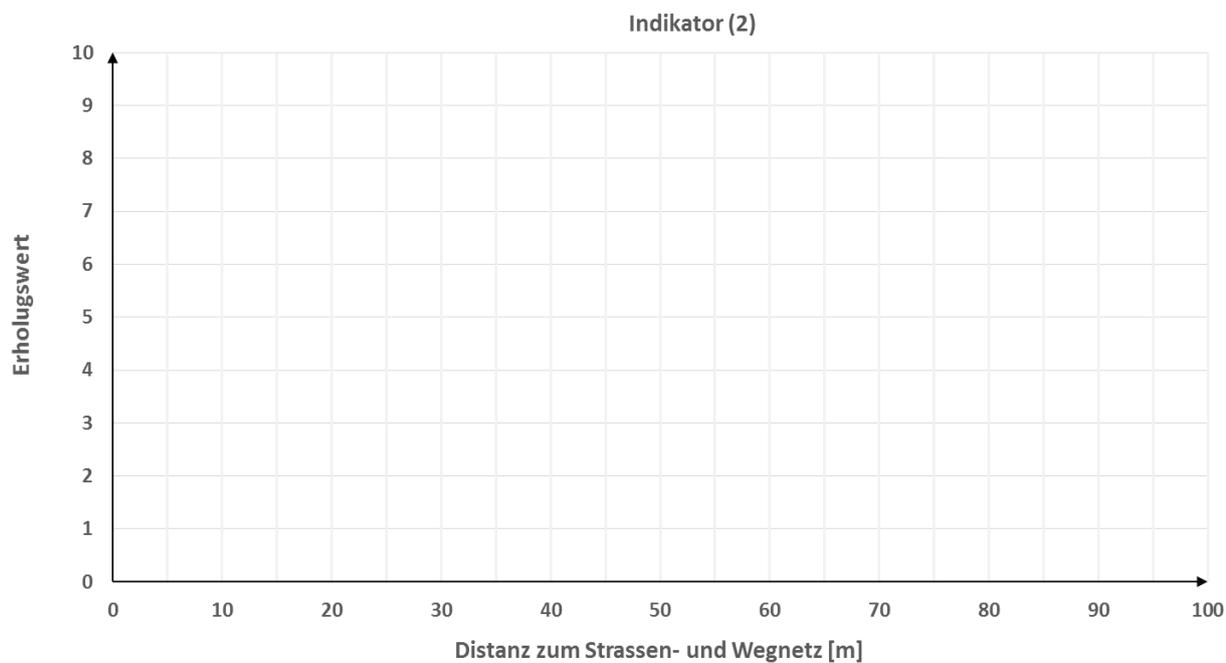
- (2) **Die Distanz des Fließgewässers vom Strassennetz** (Vector25 Strassen Klassen 3-6, Quartierstrassen, Nebenstrassen, Brücken, Fahrwege, Wanderwege, Fusswege, Parkwege und Wirtwege). Es wird wiederum die euklidische Distanz berechnet.



Wie wird die Naherholungsleistung des Fließgewässers beeinflusst durch die Nähe zum Strassennetz?

Wie sollte die Bewertungsfunktion für städtische- und ländliche Gebiete aussehen?

Welche qualitativen Unterscheidungen sollten gemacht werden?



- a) für Langsamverkehr und parallel am Fließgewässer verlaufend
- b) Langsamverkehr
- c) Alle Verkehrsteilnehmer
- d) stark befahren und parallel am Fließgewässer verlaufend
- e) ... alternativer Vorschlag
- f) ... alternativer Vorschlag

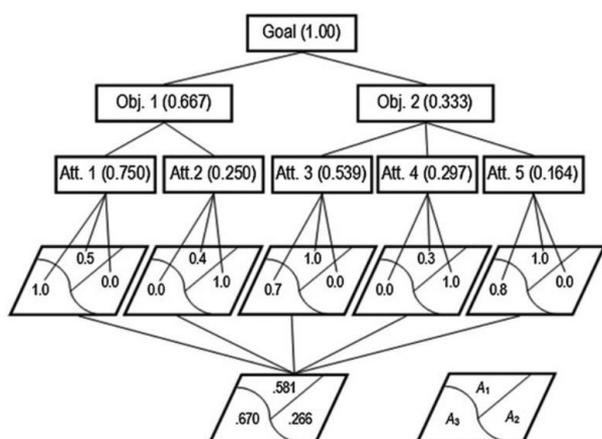
Anmerkungen?

...der vollständige Fragebogen ist im elektronischen Anhang zu finden

Gewichtung

Analytical Hierarchy Process (AHP)

Im AHP werden die Kategorien und deren Indikatoren untereinander gewichtet. Der finale Wert für jeden Fließgewässerabschnitt ergibt sich, indem die jeweiligen Gewichtungswerte mit dem Indikatorwert multipliziert und die Produkte addiert werden.



(a)

Goal			
Objectives	Obj.1	Obj. 2	w_l
Obj.1	1	2	0.667
Obj.2	0.5	1	0.333
Sum	1.5	3.0	1.000

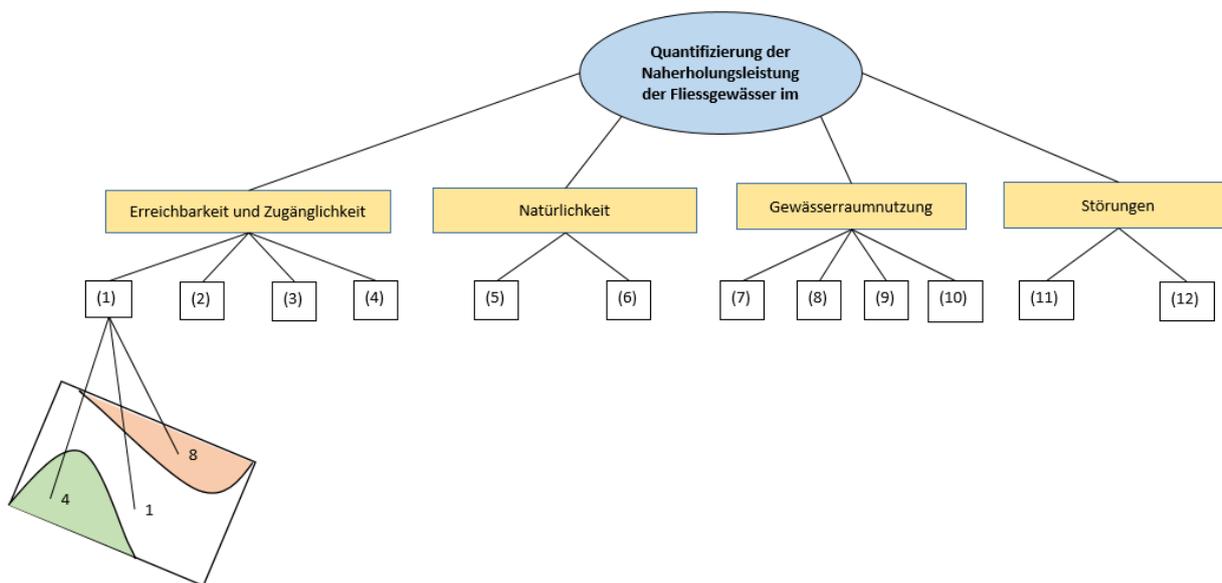
CR = 0.00

(b)

Objective 1			
Attributes	Att.1	Att.2	$w_{k(1)}$
Att.1	1	3	0.750
Att.2	0.33	1	0.250
Sum	1.33	4.00	1.000

CR = 0.00

Beispiel für die Verrechnung der Indikatoren (links) und die Gewichtung (rechts).



Hierarchie für die Quantifizierung der Naherholungsleistung von Fließgewässern

Ziele	Erreichbarkeit & Z	Natürlichkeit	Gewässerraumnutzung	Störungen	Gewicht
Erreichbarkeit & Z	1				
Natürlichkeit		1			
Gewässerraumnutzung			1		
Störungen				1	
Summe					1

Erreichbarkeit & Z					
Attribute	Distanz Siedlung	Distanz Wegnetz	Steigung Ufer	ÖV-Erschliessung	Gewicht
Distanz Siedlung	1				
Distanz Wegnetz		1			
Steigung Ufer			1		
ÖV-Erschliessung				1	
Summe					1

Natürlichkeit			
Attribute	Verbauungsgrad & Mat	B- & TVAR	Gewicht
Verbauungsgrad & Mat	1		
B- & TVAR		1	
Summe			1

Gewässerraumnutzung					
Attribute	Restaurants & Kaffees	Infrastrukturen	Landnutzung	Schutzgebiete	Gewicht
Restaurants & Kaffees	1				
Infrastrukturen		1			
Landnutzung			1		
Schutzgebiete				1	
Summe					1

Störungen			
Attribute	Lärm	Nähe zu Abwasser	Gewicht
Lärm	1		
Nähe zu Abwasser		1	
Summe			1

...der vollständige Fragebogen ist im elektronischen Anhang zu finden

C. Anleitung GIS-Analyse

Berechnung des Erholungspotentials der Fließgewässerabschnitte

Im folgenden Kapitel wird die gesamte GIS-Analyse dokumentiert und die einzelnen Schritte erklärt. Einerseits wurde der ModelBuilder hauptsächlich als Tool für die Berechnungen verwendet, weil damit die durchgeführten Schritte nachvollziehbar sind, andererseits gab es Schritte welche manuell durchgeführt wurden wie z.B. Felder in der Tabelle hinzufügen und Joins zwischen Tabellen da diese Schritte im ModelBuilder nicht immer praktikabel waren. Diese manuellen Schritte wurden mit einem Label (*manueller Schritt) gekennzeichnet. Die ModelBuilder Schema sind als Abbildungen aufgeführt. Manchmal sind sehr viele Schritte aufgeführt, weshalb die ModelBuilder Schema als Python-Code exportiert wurden. Dieser Code wurde der Arbeit ebenfalls beigelegt.

Vorbereitungen

Die TLM Strassen- und Wege, TLM Swissbuildings und Vector25 Primärflächen Daten werden auf den Kanton ZH zugeschnitten. Die Schritte sind in Abbildung 62 zusammengefasst.

- Kanton ZH aus den gg25 Daten selektieren, ein Buffer von 500 Meter wird verwendet damit angrenzende Daten nicht ausgeschlossen werden. Resultat ist eine Clipping Maske, Kanton_ZH
- Die TLM Swissbuildings Daten müssen zuerst in einen Footprint umgewandelt werden bevor sie gecliced werden können
- Die TLM Strassendaten und die Vector25 Daten werden direkt gecliced

Die Fließgewässergeometrien (GS_OEKOM_ABSCH_L_line) müssen bearbeitet werden. Die Geometrien innerhalb der Seen werden entfernt.

- Intersect: GS_OEKOM_ABSCH_L_line und SEEN2500
 - Intersect_GS_OEKOM_Absch_Seen
- Erase: Intersect_GS_OEKOM_Absch_Seen von GS_OEKOM_ABSCH_L_line
- Resultat: FGEW_ZH (ohne Linien innerhalb der Seen)

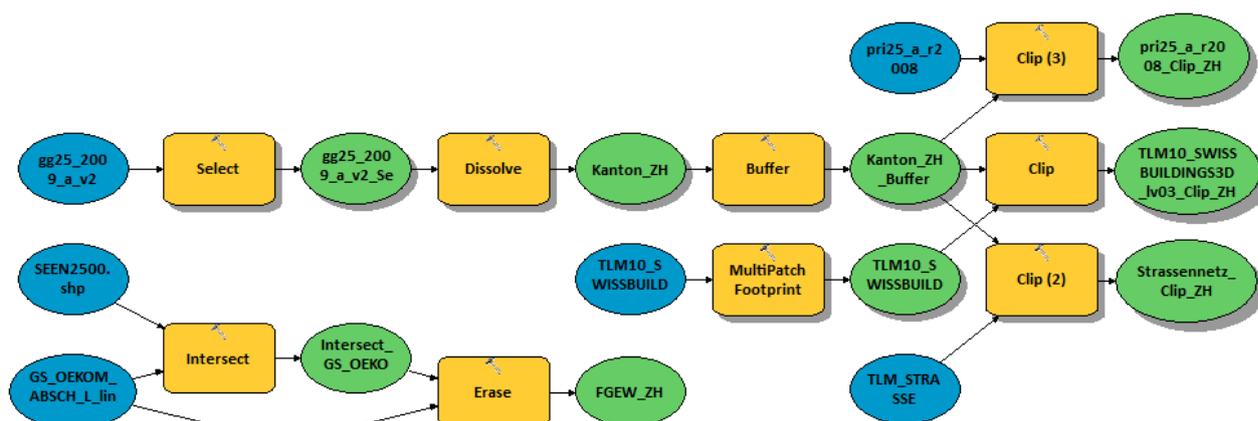


Abbildung 62: ModelBuilder Schema für die Prozesse der Vorbereitungen.

Berechnung der Thiessen Polygone zur Berechnung der Fließgewässerabschnitte

Die Fließgewässer sollen in etwa gleichmässige Abschnitte eingeteilt werden. Mithilfe von Thiessen Polygonen kann eine Flächeneinteilung mit einheitlichen Abständen zwischen Punkten erstellt werden. Die Punkte werden in einem Abstand von 50m auf der Fließgewässer Geometrie (FGEW_ZH) platziert. Es werden zwei Thiessen Polygone berechnet. Eine für Fließgewässer mit einer Breite von mehr als

5m und eine für solche mit einer geringeren Breite. Diese Aufteilung verhindert Überlappungen. Abbildung 63 zeigt den Ablauf für die Erstellung der Thiessen Polygone, welche als erster Schritt für das Erstellen der Gewässerabschnitte dienen.

Die Fließgewässer (FGEW) mit entsprechender Gerinnesohlebreite (GSBreite) werden selektiert (Select). Damit die Create Random Points Funktion bessere Resultate liefert, und die Punkte in regelmässigen Abständen verteilt werden, werden die Geometrien der FGEW ausgelöst (Dissolve). Durch die Aufteilung gibt es weniger unschöne Verschneidungen, z.B. an Stellen wo zwei Fließgewässer sich treffen, insbesondere wenn diese in ihrer Breite variieren. Um die Thiessen Polygone zu erstellen, werden zuerst auf dem FGEW-Netz in einem Abstand von 50m Punkte gesetzt. Dies geschieht mit der Create Random Points Funktion. Die Anzahl zufällig generierter Punkte wird möglichst hoch eingestellt (z.B. 9999999), somit wird sichergestellt, dass für alle Punkte das definierte minimale Distanz Kriterium von 50m eingehalten wird. Ein Thiessen Polygon-Layer wird jeweils für das FGEW-Netz mit einer GSBreite von kleiner gleich 5m und grösser als 5m erstellt. Als Endresultat erhält man die Layer Thiessenpoly_gr5 und Thiessenpoly_klg5.

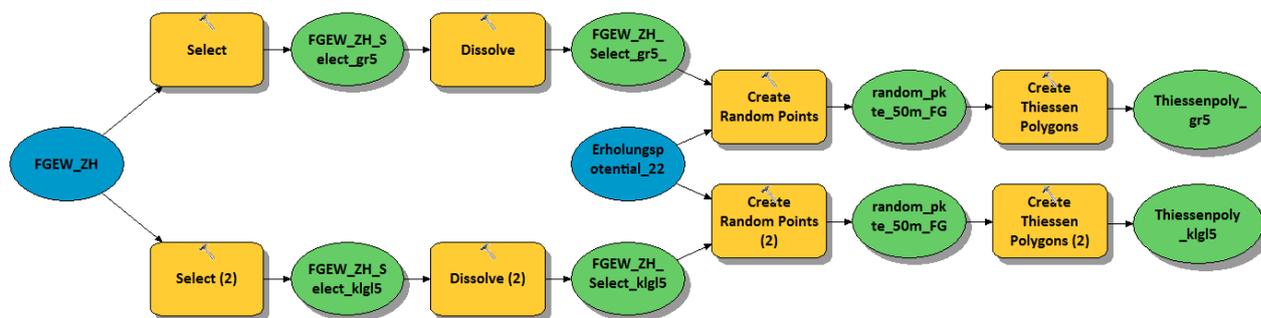


Abbildung 63: ModelBuilder Schema für das Erstellen der Thiessenpolygone.

Berechnen der Fließgewässerabschnitte

Der folgende Teil dokumentiert, wie die Puffer definiert wurden, um zusammen mit den Thiessen Polygonen, die Fließgewässerabschnitte zu erstellen. Für die Erstellung der Puffer werden Puffer-Attribute erstellt. Das Attribut Gewässerraum, wird dazu verwendet um die Fließgewässerabschnitte zu definieren innerhalb welcher die Indikatoren-Werte gemessen werden. Ein separater Puffer, Parallel_Puffer, wird dazu verwendet um parallele Strassen- und Wege zu berechnen. Dieser wird später in Zusammenhang mit einem Indikator benötigt. Ausserdem wird für die Messung einiger Indikatoren bloss der Uferstreifen benötigt (Gewässerraum – Gewässerbreite), weshalb auch ein Puffer für die Gewässerbreite erstellt werden muss. Bevor die Puffer erstellt werden können, müssen in der Geometrie FGEW_ZH (Fließgewässer, Linie) neue Attribute in der Tabelle hinzugefügt werden (Add Field...):

- GewBreite_Puffer (float, nullable)
- GewRaum (float, nullable)
- GewRaum_Puffer (float, nullable)
- Parallel_Puffer (float, nullable)

GewBreite_Puffer wird aus dem Attribut GSBreite mal 0.5 berechnet (Field Calculator). Für GSBreite kleiner als 1 m wird aufgrund der Pufferberechnungen das GewBreite_Puffer Attribut gleich 0.45 gesetzt damit für diese FGEW überhaupt ein Puffer berechnet werden kann.

Das Gewässerraum_Puffer Attribut wird wie folgt berechnet (mittels Table Select und Field Calculator):

- GSBreite < 1m oder eingedolte FGEW erhalten einen Puffer von $0.5 * 15m$. Es sind 13381 von 22393 Geometrien betroffen.
- 1 – 5 m breite FGEW ($GSBREITE \geq 1 \text{ AND } GSBREITE \leq 5$) erhalten einen Puffer von $0.5 * (6 * \text{Gewässerbreite} + 10m)$. Es sind 8283 von 22393 Geometrien betroffen.
- 5 – 15m breite FGEW ($GSBREITE > 5 \text{ AND } GSBREITE \leq 15$) erhalten einen Puffer von $0.5 * (\text{Gewässerbreite} + 50m)$ Es sind 389 von 22393 Geometrien betroffen.
- FGEW grösser als 15m erhalten einen Puffer von $0.5 * (\text{Gewässerbreite} + 100m)$. 340 von 22393 Geometrien sind betroffen.

Das Parallel_Puffer Attribut zur Messung der parallelen Strassen wird einfacher definiert:

- $0.5 * (GSBreite + 50m)$

Abbildung 64 zeigt auf, wie die Fließgewässerabschnitte (FGEW_ZH_Buffer_GewBreite, FGEW_Buffer_Parallel_all, FGEW_Buffer_GewRaum_all, FGEW_ZH_Buffer_Uferstreifen) welche später zur Messung der Indikatoren benötigt werden, basierend auf den Thiessen Polygonen und den verschiedenen Puffer-Geometrien berechnet werden.

Nachdem die Puffer-Attribute im FGEW_ZH Feature als neue Felder hinzugefügt und die Puffer Werte berechnet wurden, werden die Puffer erstellt. Einmal basieren diese auf dem Attribut Puffer_Gewässerraum, einmal auf Puffer_Gewässerbreite sowie dem Attribut Parallel_Puffer. Als Optionen bei der Puffer-Erstellung wird „Auflösen“ und „flache Puffer“ gewählt. Insgesamt werden sechs Puffer generiert (basierend auf dem FGEW_ZH Feature), zwei für den Gewässerraum (GSBreite von 0 - 5m und grösser als 5m) und zwei für die Gewässerbreite (Gewässerbreiten 0-5m und grösser 5m) jeweils für die „linke“ respektive „rechte“ Seite des FGEW_ZH Features. Die beiden Puffer, 0 - 5m und grösser 5m, werden miteinander verschnitten, um sich überlappende Bereiche zu identifizieren, z.B. wenn ein kleines FGEW in ein grösseres FGEW mündet. Überlappende Teile werden jeweils vom Puffer 0 - 5m subtrahiert.

Für die Attribute Puffer_Gewässerraum und Parallel_Puffer wird die linke und rechte Seite separat als Puffer berechnet um zwischen der „linken“ und „rechten“ Uferseite unterscheiden zu können. Dadurch werden jeweils vier Puffer Geometrien generiert, denn neben „links“ und „rechts“ werden die Puffer in zwei Gruppen, FGEW die kleiner als 5m und solche die grösser als 5m sind, aufgeteilt. Für die Gewässerbreite gibt es nur zwei Puffer, weil dort nicht zwischen der Uferseite unterschieden wird. Die Puffer werden mit den vorbereiteten Thiessen Polygonen verschnitten. Am Schluss werden die Puffer-Geometrien vereint (Merge), nachdem mit der Erase Funktion die sich überlappenden Pufferteile entfernt wurden. Die Endergebnisse sind die Features FGEW_ZH_Buffer_Parallel_all und FGEW_Buffer_GewRaum_all sowie FGEW_ZH_Buffer_GewBreite. Die Geometrie FGEW_Buffer_Uferstreifen wurde berechnet indem von der FGEW_Buffer_GewRaum_all Geometrie, die FGEW_ZH_Buffer_GewBreite subtrahiert wurde.

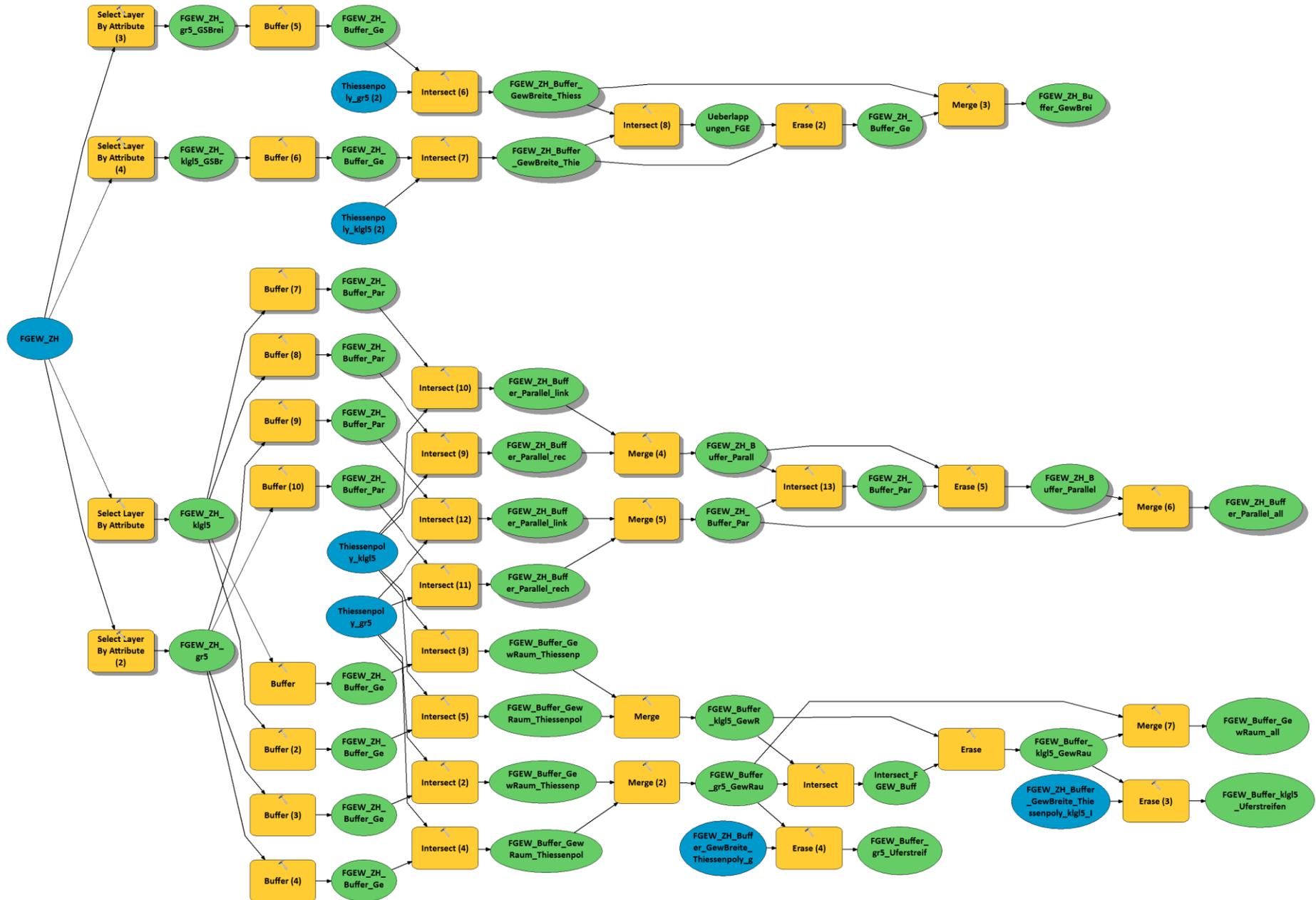


Abbildung 64: ModelBuilder Schema für das Erstellen der Fließgewässerabschnitte (Puffer_GewRaum) sowie der Parallel_Puffer und Gewässerbreite_Puffer.

Berechnung des Erholungspotentials der FGEW-Abschnitte aufgrund der erarbeiteten Indikatoren

In den folgenden Abschnitten wird erklärt, auf welchen Daten die Indikatoren zur Berechnung des Erholungspotenzial basieren und wie die Indikatoren-Werte den Fließgewässerabschnitten zugeordnet werden damit aus diesen Werten später das Erholungspotenzial pro Fließgewässerabschnitt berechnet werden kann.

Erreichbarkeit und Zugänglichkeit

Die Operationalisierung der Indikatoren Distanz zu Gebäuden, Distanz zum Strassennetz, Steigung im Uferbereich und Güteklasse des öffentlichen Verkehrs wird im folgenden Abschnitt beschrieben.

Distanz zu Gebäuden

Abbildung 65 zeigt den Ablauf der Berechnungen dieses Indikators auf. Einige Schritte sind mit einem * als manuell gekennzeichnet. Die euklidische Distanz zu den TLM Gebäude Footprints wird berechnet. Als maximale Distanz werden 1000m angegeben. Eine Rasterauflösung von 3x3m wird gewählt. Die Auflösung darf nicht zu gering ausfallen, da ansonsten das Zonal Statistics Tool die Werte nicht immer erfasst. Als Zone dienen die Fließgewässerabschnitte (FGEW_Buffer_GewRaum_all). Als statistischer Kennwert wird der Mittelwert der euklidischen Distanz innerhalb des jeweiligen Abschnittes berechnet. Die Zonale Statistik erfolgt in zwei Schritten, zuerst wird aufgrund der Zonal Statistics ein Raster mit der mittleren Distanz erstellt und anschliessend wird eine Tabelle ausgegeben (ZonalStatistics_EucDist_Geb_GewRaum_Table), welche mit der FGEW_Buffer_GewRaum_all Geometrie über die Object_ID/ObjectID_1 über einen Join verknüpft werden kann. Ein neues Feld (Dist_Geb_float) wird der FGEW_Buffer_GewRaum_all Geometrie hinzugefügt, die Tabelle mittels Join angehängt und die Mittelwerte der Tabelle in das neue Feld übertragen.

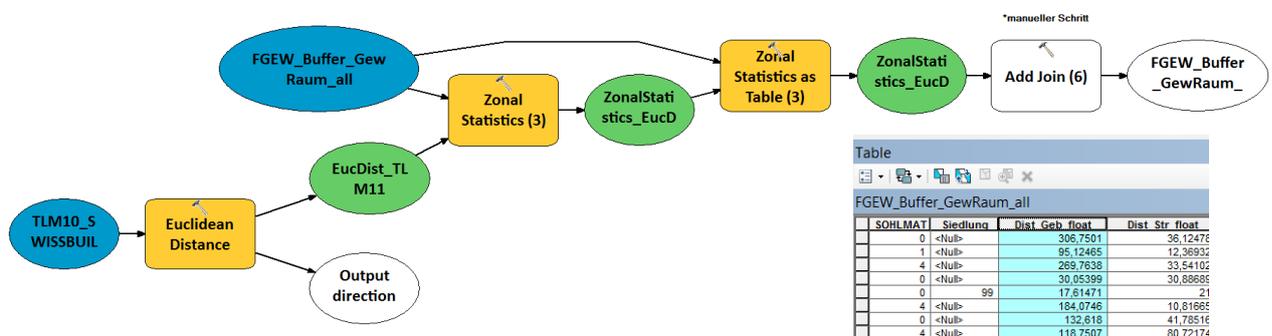


Abbildung 65: ModelBuilder Schema für das Berechnen des Indikators Distanz zu Gebäuden.

Distanz zum Strassennetz und parallel verlaufende Strassen

Dieser Indikator besteht aus drei Teilen, Abbildung 66 zeigt die Prozessierungsschritte auf. Einerseits wird, wie für die Gebäude, die euklidische Distanz für die Strassen berechnet, andererseits wird auch die Länge der Strassen pro Fließgewässerabschnitt gemessen. Einige Schritte sind mit einem * als manuell gekennzeichnet.

Die euklidische Distanz wird nicht für alle Strassen und Wege gemessen. Sehr grosse Strassen (genaue Bezeichnung: Autobahnen, breiter als 8m, Einfahrten, Ausfahrten, Autostrassen) werden ausgeschlossen, denn sie eignen sich grundsätzlich nicht für den Langsam Verkehr. Für die Distanzberechnung der kleinen und mittleren Strassen wird 100m als maximale Distanz definiert. Anschliessend wird über die Zonal Statistics Funktion die Mittlere Distanz des Strassennetzes pro Fließgewässerabschnitt ermittelt. Ein neues Feld (Dist_Str_float) wird der Geometrie FGEW_ZH_Buffer_Parallel_all hinzugefügt. Wie für die Distanz zu Gebäuden kann die Mittlere Distanz

der FGEW_ZH_Buffer_Parallel_all Geometrie über einen Join zugeordnet und die Mittelwerte in das erstellte Feld übertragen werden.

Im nächsten Schritt wird die Länge der Strassen welche entlang des Fliessgewässers verlaufen oder es überqueren, berechnet. Die Länge der Strassen Geometrie (Shape_Length) innerhalb eines Abschnittes der FGEW_ZH_Buffer_Parallel_all Geometrie wird dafür benötigt. Es werden zwei Strassengruppen, Strassennetz_Select_kleine_mittlere_Str (6m Strasse, 4m Strasse, 3m Strasse, 2m Weg, 1m Weg, markierte Spur und Wanderwege) und Strassennetz_Select_grosse_Str (Ausfahrt, Einfahrt, Autobahn, Raststätte, Verbindung, Zufahrt, Dienstzufahrt, 10m Strasse, 8m Strasse, Autostrasse) gebildet. Die erste Gruppe beinhaltet Strassen, welche für den Langsamverkehr grundsätzlich geeignet sind (dieselben Strassen wie für die Distanzberechnung verwendet) und in eine Gruppe von Strassen, welche als störend betrachtet werden. Die Aufteilung der Gruppen kann über die Select Funktion gemacht werden.

Pro Strassen-Gruppe gibt es eine Verschneidung (Intersect) mit der FGEW_ZH_Buffer_Parallel_all Geometrie. Anschliessend wird mithilfe der Dissolve-Funktion die Summe der Strassenlänge (Shape_Length) pro FGEW_ZH_Buffer_Parallel_all Abschnitt ermittelt. Es wird nach der FID_FGEW_ZH_Buffer_Parallel_all aufgelöst und als statistischer Kennwert die Shape_Length (SUM) ausgewählt. Ein neues Feld Länge_klStr wird der FGEW_ZH_Buffer_Parallel_all Geometrie hinzugefügt. Die Shape_Length Summe der Dissolve-Geometrie (Dissolve_kleine_mittl_Str_Parallel) wird über einen Join (Object_ID und FID) ins Feld Länge_klStr eingefügt. Dasselbe Vorgehen gilt für die andere Strassen Gruppe, wobei ein Feld Länge_grStr verwendet wird.

Um die Länge der Strassen Geometrie, welche nun in der FGEW_ZH_Buffer_Parallel_all Tabelle als Attribute (Länge_klStr und Länge_grStr) gespeichert sind auf die Fliessgewässerabschnitte übertragen zu können, wird wiederum das Zonal Statistics Tool verwendet. Basierend auf den beiden Attributen (Länge_klStr und Länge_grStr) werden zwei Raster erstellt (Feature to Raster, Auflösung 3x3m) welche die Summe der Länge der Strassengeometrie innerhalb des jeweiligen FGEW_ZH_Buffer_Parallel_all Abschnittes repräsentieren. Mit dem Zonal Statistics Table kann dieser Wert auf die Fliessgewässerabschnitte (FGEW_Buffer_GewRaum_all) übertragen werden. In der FGEW_Buffer_GewRaum_all Geometrie werden dafür zwei neue Attribute eingefügt (Länge_klmitl_Str_float und Länge_gr_Str_float in Meter), die Zonal Statistics Tabelle mittels Join (OBJECTID/OBJECTID_1) Verknüpft und die Werte mittels Field Calculator übertragen.

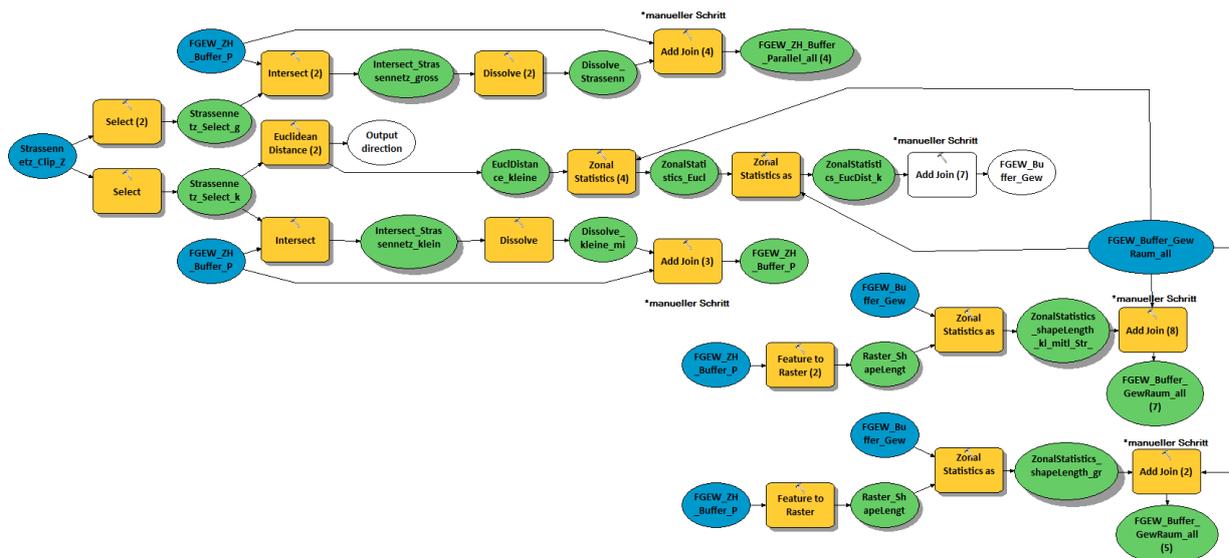


Abbildung 66: ModelBuilder Schema für die Berechnung des Indikators Distanz zu Strassen und parallele Strassen.

Steigung im Uferbereich

Aus dem digitalen Höhenmodell des Kantons Zürich (0.5m Auflösung) wird die Geländesteigung (Slope_dtm_1) abgeleitet mit dem Slope Tool. Dieser Schritt wurde aufgrund technischer Probleme (grosser Datensatz von ca. 30GB), auf einem anderen Rechner am geographischen Institut durchgeführt. Abbildung 67 zeigt wie die Geländesteigung den Fliessgewässerabschnitten zugeordnet wird. Die Geländesteigung verfügt über eine Auflösung von 2x2m was für die Analyse als ausreichend erachtet wird. Mit einem Low Pass Filter (3x3) wird die Geländesteigung (Slope_dtm1) bearbeitet, um Ausreisser auszuschliessen. Die maximale Geländesteigung (gefiltert) pro Abschnitt wird anschliessend mit dem Zonal Statistics Tool berechnet und als Ufersteigung bezeichnet.

Die FGEW_Buffer_Uferstreifen müssen zuerst mittels der Merge Funktion zusammengefügt werden. Anschliessend werden die Uferbereiche mit dem Zonal Statistics Tool analysiert. Für die Zonal Statistics dienen die gefilterte Geländesteigung sowie die Uferstreifen als Inputs (FGEW_Buffer_Uferstreifen). Als statistisches Mass wird das Maximum ausgewählt, denn mögliche Ausreisser wurden bereits mit dem Filter entfernt. Im nächsten Schritt wird wiederum mit dem Zonal Statistics Tool eine Tabelle erstellt, jedoch dienen nun die Fliessgewässerabschnitte als Input damit die Ufersteigungswerte anschliessend über die OBJECTID/OBJECTID_1 mit der Fliessgewässerabschnitts Geometrie verknüpft (Join) werden kann (FGEW_Buffer_GewRaum_all). Um die Werte zu übertragen, muss in der FGEW_Buffer_GewRaum_all Geometrie ein neues Feld (Ufersteigung_float) hinzugefügt werden.

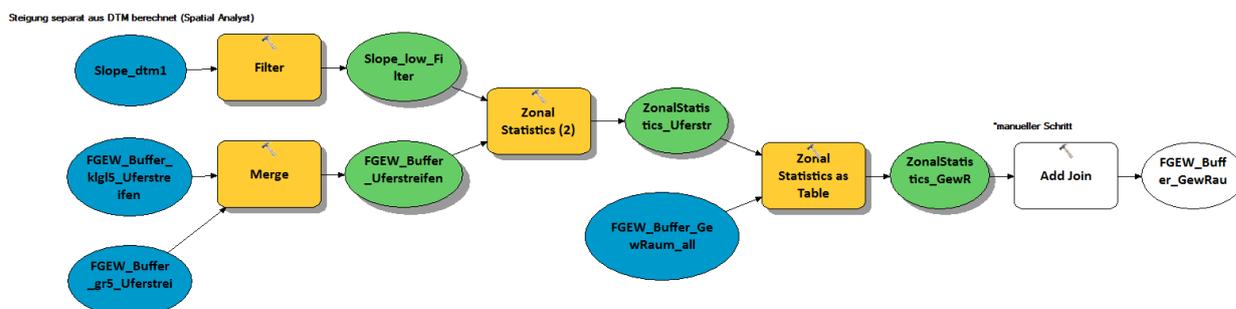


Abbildung 67: ModelBuilder Schema für die Berechnung des Indikators Ufersteigung.

ÖV- Güteklassen

Abbildung 68 zeigt wie die Güteklassen den Fließgewässerabschnitten zugeordnet werden. Die Güteklassen liegen als Shape-File im Vektor Format vor. Dieser Layer kann mit dem FGEW_Buffer_GewRaum_all verschnitten werden (Intersect), somit erhält jeder Fließgewässerabschnitt den entsprechenden ÖV-Gütecode. Das Resultat des Intersects wird nach der FID des FGEW_Buffer_GewRaum_all aufgelöst. Um die Güteklasseinformation zu behalten wird der GK_Code als Statistischer Wert mitgenommen. Es wird das Minimum gewählt, denn die beste Güteklasse (A) besitzt den Wert 1, Güteklasse (B) den Wert 2 usw. Somit wird immer jener Wert der besten Güteklasse für den jeweiligen Fließgewässerabschnitt übernommen. Das Feld GK_int wird in der FGEW_Buffer_GewRaum_all-Geometrie erstellt und der GK_Code über einen Join (OBJECTID/FID_FGEW_Buffer_GewRaum_all) in dieses Feld übertragen.

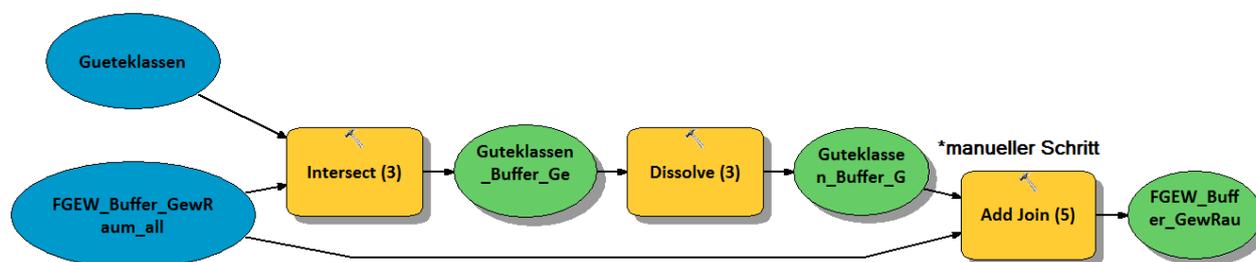


Abbildung 68: ModelBuilder Schema für die Berechnung des Indikators Güteklassen des öffentlichen Verkehrs.

Natürlichkeit

Der Indikator Natürlichkeit umfasst folgende Attribute: Verbauungsgrad der Sohle- und Uferböschung, das Material der Sohle und der Verbauungen sowie die Breiten- und Tiefenvariabilität des FGEW.

Diese Attribute sind in der FGEW_ZH_1 Geometrie bereits enthalten und können direkt auf die Fließgewässerabschnitte (FGEW_Buffer_GewRaum_all) übertragen werden. Abbildung 69 zeigt die Modellierungsschritte auf. Die Attribute GSBreite (Gewässerbreite), Eindol (ist ein Gewässer eingedolt oder nicht), BVAR (Breitenvariabilität), TVAR (Tiefenvariabilität), SOHLVER (Verbauungsgrad der Sohle), SOHLMAT (Material welches zur Verbauung der Sohle verwendet wurde), LBUKVER (Verbauungsgrad des linken Ufers), RBUKVER (Verbauungsgrad des rechten Ufers), LBUKMAT (Material aus welchem das linke Ufer besteht), RBUKMAT (Material aus welchem das rechte Ufer besteht) sind die Attribute welche u.a. von der FGEW_ZH_1 Geometrie übernommen werden. Ein Spatial Join wäre eine einfache Lösung, jedoch führte dies zu vielen falschen Zuweisungen von Attributwerten, wenn einem Abschnitt mehr als ein Wert zugeteilt werden musste. In diesen Fällen wurde zufällig ein Attribut ausgewählt, was nicht wünschenswert war. Eine andere Methode musste angewendet werden. Die FGEW_ZH_1 Linien Geometrie wurde mit der FGEW_Buffer_GewRaum_all Geometrie verschnitten (Intersect). Anschliessend wurde die neu entstandene Geometrie mittels Dissolve Funktion nach der FID_FGEW_Buffer_GewRaum_all aufgelöst. Als statistische Werte wurden die oben erwähnten Attribute wie folgt ausgewählt:

GSBbreite (MAX), Eindol (MAX), BVAR (MAX), TVAR (MAX), SOHLVER (MAX), SOHLMAT (MAX), LBUKVER (MAX), RBUKVER (MAX), LBUKMAT (MAX), RBUKMAT (MAX), GewRaum (MAX), Klasse_ZH (MAX). Da es sich um Kategorien handelt, macht es nur Sinn entweder den minimalen- oder maximalen Wert innerhalb eines Abschnittes zu nehmen. Durch die Wahl des maximalen Werts wird jeweils die schlechtere Kategorie welche im Fließgewässerabschnitt vorkommt, übernommen. Nach dem Dissolve konnte die neu entstandene Dissolve Geometrie mit den Fließgewässerabschnitten (FGEW_Buffer_GewRaum_all) über die ID (Object_ID und FID) verknüpft werden (Join). Die oben erwähnten Attribute müssen vor dem Join als neue Felder mit dem Field Calculator erstellt werden,

anschliessend können die Werte übertragen werden. In den Attributen Verb_Ufer_LR und Mat_LR wurden die Attribute Verbauungsgrad Ufer (links und rechts) und Material (links und rechts) eingetragen je nachdem ob sich der Fließgewässerabschnitt auf der linken oder rechten Seite befindet. Bei den restlichen Attributen wird nicht zwischen den Uferseiten unterschieden.

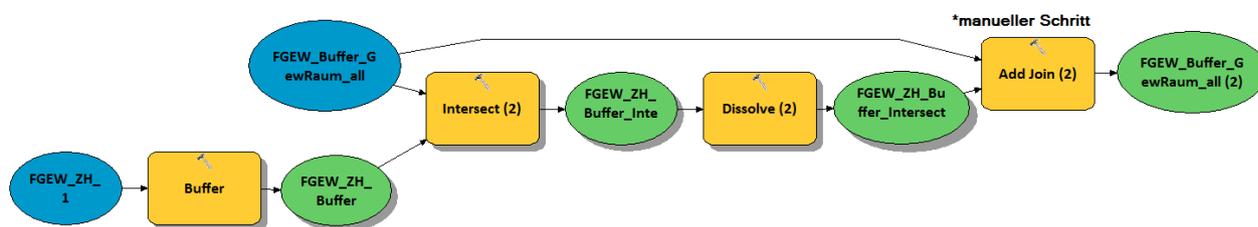


Abbildung 69: ModelBuilder Schema für die Berechnung des Indikators Natürlichkeit (Verbauungsgrad Sohle/Ufer und Materialien Sohle/Ufer).

Gewässerraumnutzung

Für einige Indikatoren wird auf Openstreetmap Daten zurückgegriffen. Um diese Daten zu beschaffen, wird auf das ArcGIS Openstreetmap Add-In zurückgegriffen, welches als eigene SystemToolbox zur Verfügung steht.

Verpflegungsmöglichkeiten

Abbildung 70 zeigt den Ablauf der Modellierungsschritte. Mit der Openstreetmap Toolbox /ArcGIS Editor für OSM konnten über die XAPI Funktion Geometriedaten heruntergeladen werden. Es wurde nach Daten mit den Tags amenity=restaurant|fast_food|cafe|bar|pub gefiltert. Es wurden ausschliesslich die Punkt Geometrie Daten aus dem Output des Load OSM File Tools verwendet. Die Punktdaten mussten mittels Project auf das LV03 Datum konvertiert werden.

Um pro Fließgewässerabschnitt einen Annäherungswert für die Verpflegungsmöglichkeiten zu erhalten, wurde ein Punktdichte Raster mit der Point Density Funktion erstellt. Als Rasterauflösung wurde 5x5m gewählt und ein Suchradius (Map) von 1000m definiert. Alle Punkte haben dasselbe Gewicht.

Die Raster-Werte konnten mit dem Zonal Statistics Tool für jeden Fließgewässerabschnitt (FGEW_Buffer_GewRaum_all) berechnet werden. Als statistisches Mass wurde das Maximum gewählt. Die Tabelle mit der maximalen Punktedichte pro Fließgewässerabschnitt und die FGEW_Buffer_GewRaum_all Geometrie konnte mit einem Join (OBJECTID/OBJECTID_1) verknüpft werden und die Werte in das davor erstellte Feld (Verpfl_float) übertragen werden.

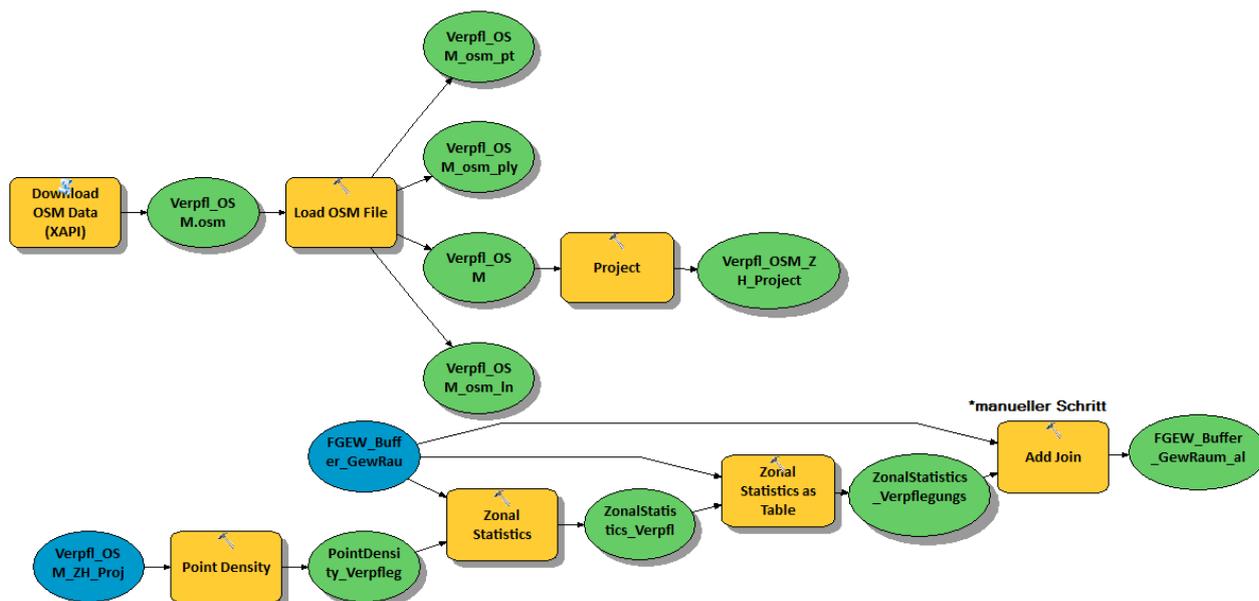


Abbildung 70: ModelBuilder Schema für die Berechnung des Indikators Verpflegungsmöglichkeiten.

Infrastruktur im Gewässerraum

Das Vorgehen für die Messung der Verfügbarkeit von Infrastruktur im Fließgewässerraum ist gleich wie für den Indikator Verpflegung. Es wird nach den Tags leisure=playground, amenity=firepit|bench|toilets und tourism=picnic_site gefiltert und die Daten von OSM heruntergeladen. Ausserdem werden einige Sportanlagen (Flussbäder) ebenfalls zur Infrastruktur hinzugefügt. Die Punktdatensätze werden mittels Merge Funktion zusammengeführt. Ein Punktdichte Raster mit denselben Einstellungen wie für die Verpflegungsmöglichkeiten wird erstellt. Über das Zonal Statistics Tool kann der Dichte-Wert für Infrastrukturen auf die Fließgewässerabschnitte über einen Join übertragen werden.

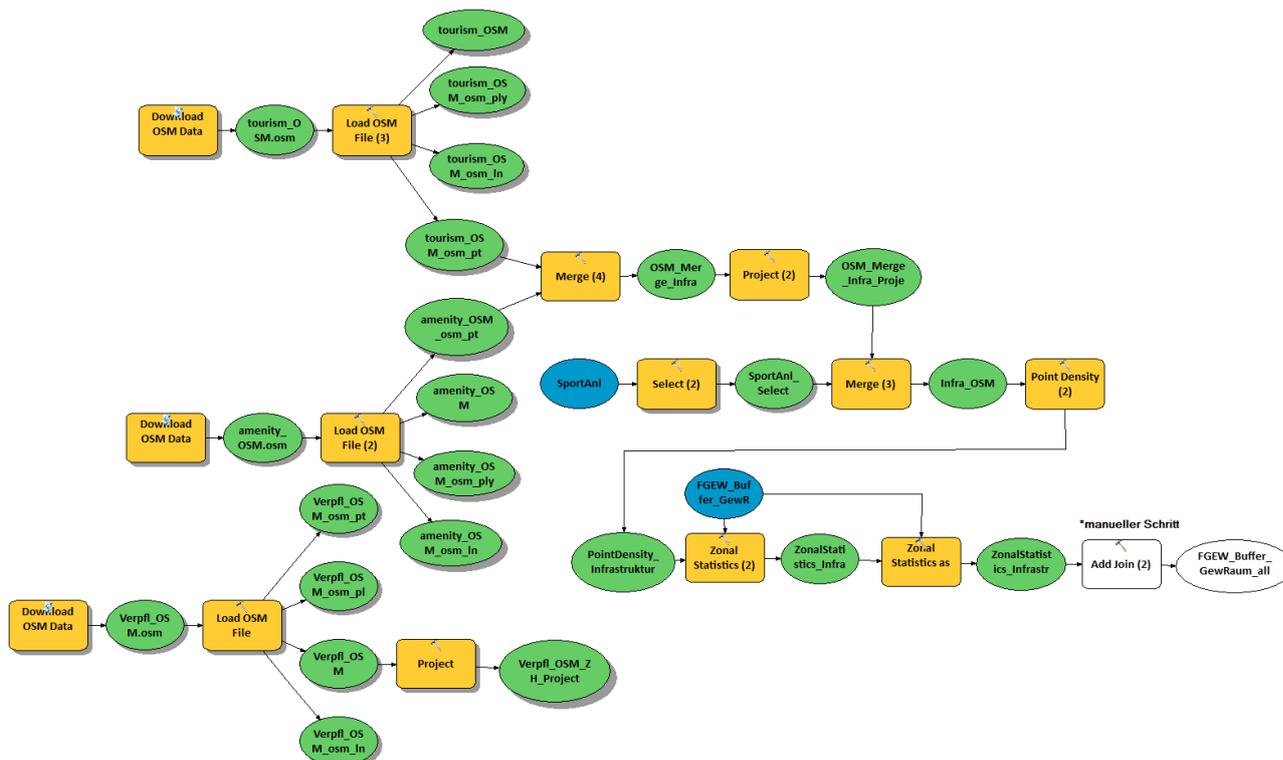


Abbildung 71: ModelBuilder Schema für die Berechnung des Indikators Infrastruktur.

Landnutzung im Gewässerraum

Der Zonen- und Nutzungsplan des Kantons Zürich stellt die Grundlage dieses Indikators dar. Die Nutzungsklassen (ZLAB) wurden nach Themen zusammengefasst. Alle ZLAB Attribute welche mit Industrie und Dienstleistungen zu tun haben erhalten den Code 1, alle ZLAB Attribute vom Typ Wohnen erhalten den Code 2, alle freihalte- und Erholungszonen wird der Code 3 zugewiesen, landwirtschaftliche Flächen erhalten den Code 4, Wald Code 5, reine Industrie Zonen den Code 6, Verkehrszonen Code 7, öffentlicher Raum Code 8 und Gewässer Code 10. Die Landnutzungs-Codes werden im nächsten Schritt, im Gegensatz zu den bereits besprochenen Indikatoren, schon jetzt entsprechend den ExpertInneneinschätzungen bewertet (siehe Kapitel 4.2.2.).

Nachdem die Nutzungsplan Geometrie um die beiden Attribute Landnutzung_KL und Landnutzungs_Wert ergänzt wurde, wird diese mit dem Fließgewässerraum (FGEW_Buffer_GewRaum_all) verschnitten (Intersect). Anschliessend wird die entstandene Geometrie nach der FID-FGEW_Buffer_GewRaum_all aufgelöst und als statistischer Wert das Attribut Landnutzungs_Wert als Mittelwert übernommen. Danach kann die aus dem Dissolve resultierende Geometrie mit dem Fließgewässerabschnitt über die FID FGEW_Buffer_GewRaum_all und der OBJECTID verknüpft (Join) werden. Das Attribut Landnutzungs_Wert kann somit auf die Fließgewässerabschnitte (FGEW_Buffer_GewRaum_all) übertragen werden.

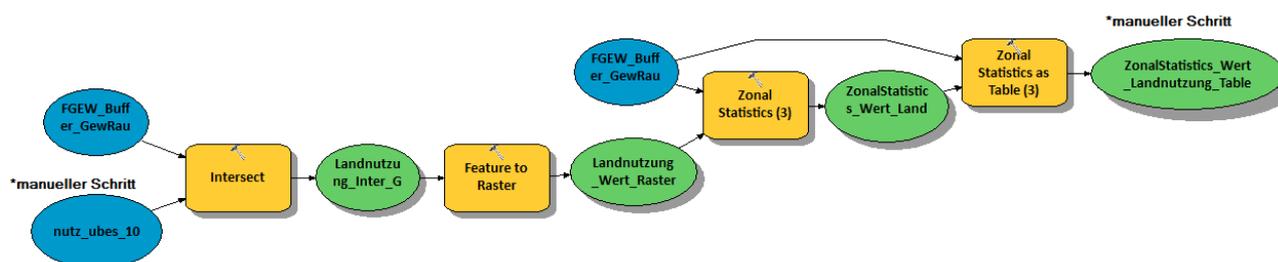


Abbildung 72: ModelBuilder Schema für die Berechnung des Indikators Landnutzung.

Schutzgebiete

Die Datensätze des Naturschutzinventars von 1980 sowie die Schutzverordnungszonen (SVO) stellen die Basis für diesen Indikator dar. Mit der Merge Funktion werden die Datensätze vereint. Der neu entstandenen Geometrie, Schutzzonen_ZH, wird ein neues Attribut-Feld (Schutzgebiet_KL) mit dem Field Calculator hinzugefügt (manueller Schritt) und die verschiedenen Schutzgebietsklassen in neue Gruppen eingeteilt. Alle Gebiete des Naturschutzinventars 1980 werden in dieselbe Gruppe mit Code 0 zusammengefasst, die einzelnen SVO-Klassen erhalten je einen unterschiedlichen Code (Landschaftsschutzzone=3, Naturschutz- und Naturschutzumgebungszone = 4, Waldschutzzone = 5, Weiler- und Siedlungsrandzone = 6, Erholungszone = 1, See- und Uferschutzzone sowie Fluss- und Uferschutzzone= 2). Als nächstes wird die Schutzzonen_ZH Geometrie mit den Fließgewässerabschnitten über die Intersect Funktion verschnitten. Anschliessend wird aus dem Ergebnis ein Raster erstellt, wobei das Attribut Schutzgebiet_KL als Raster Wert verwendet wird. Über das Zonal Statistics Tool kann anschliessend für jeden Fließgewässerabschnitt (FGEW_Buffer_GewRaum_all) der Raster Wert extrahiert werden. Das Resultat (ZonalStatistics_Schutzgebiete_Table) kann mit den Fließgewässerabschnitten über einen Join (Object_IDs) verknüpft werden. Zuvor wird ein neues Attribut-Feld Schutzgebiet_KL in der Fließgewässerabschnitts Tabelle erstellt um die verknüpften Werte übertragen zu können.

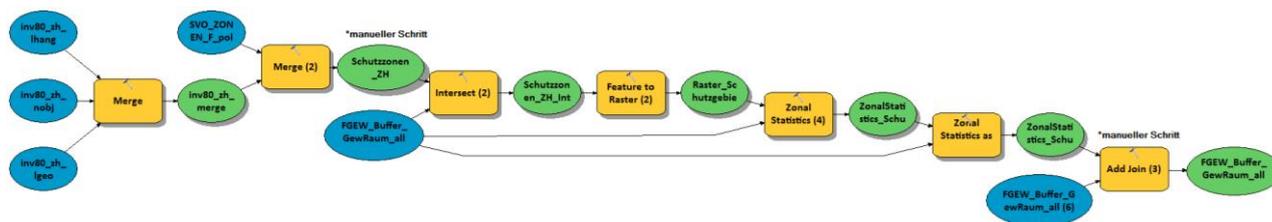


Abbildung 73: ModelBuilder Schema für die Berechnung des Indikators Schutzgebiete.

Ungestörtheit

Abbildung 74 zeigt das Vorgehen zur Berechnung des Indikators Ungestörtheit auf. Die Punktdaten welche die Abwasserreinigungsanlagen darstellen, werden aus dem Vektor25 Datensatz (eob_25_p_r_2008), mittels des Select Funktion extrahiert. Von diesen Punkten aus, wird die euklidische Distanz berechnet. Wie bereits für andere Indikatoren beschrieben, wird die euklidische Distanz zu den Abwasserreinigungsanlagen für jeden Fließgewässerabschnitt über die Zonal Statistics Funktion extrahiert und als neuer Attributwert über einen Join hinzugefügt. Als statistischer Kennwert wird das Minimum verwendet. Die Lärmdaten des Eisenbahn- und Strassenverkehrs sind bereits als Rasterdaten erhältlich. Der Mittelwert des Lärmpegels kann pro Fließgewässerabschnitt (FGEW_Buffer_GewRaum_all) mit dem Zonal Statistics Tool ermittelt werden. Über einen Join wird der Zonal Statistics Output anschliessend mit der Fließgewässer Geometrie verknüpft und in das dort erstellt Attribut-Feld Lärm_Str und Lärm_Bahn eingefügt. Die Berechnung der parallelen grossen Strassen wurden einfachheitshalber bereits in Kapitel Erreichbarkeit und Zugänglichkeit behandelt, zählen jedoch zum Indikator Ungestörtheit.

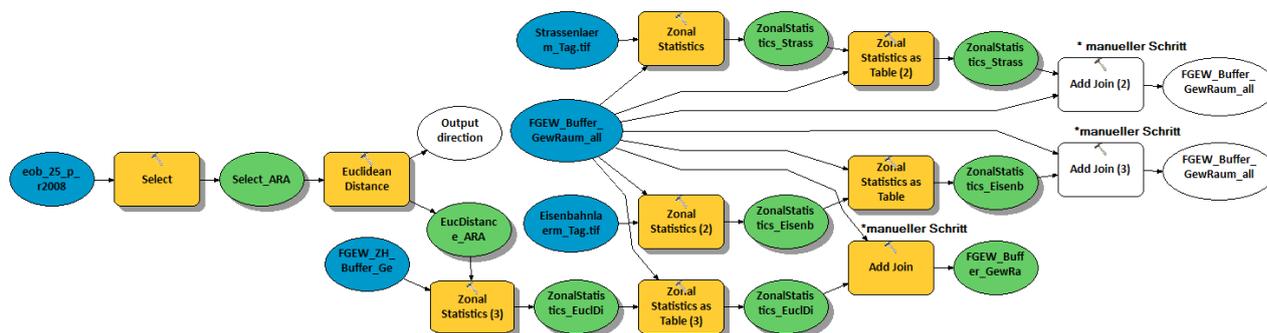


Abbildung 74: ModelBuilder Schema für die Berechnung des Indikators Ungestörtheit (Distanz ARA und Lärm).

Aufteilung in Stadt und Land bzw. Siedlung und nicht Siedlungsgebiete

Abbildung 75 zeigt auf wie die Fließgewässerabschnitte in Siedlung und nicht Siedlung aufgeteilt wurden. Die Siedlungsgebiete wurden aus dem Vector 25 Datensatz (pri25_a_r2008) extrahiert. Die Siedlungspolygone werden innerhalb eines Abstands von 200m aggregiert (Aggregate Polygons Funktion), somit verschwinden die Aussparungen für die Fließgewässer. Die aggregierten Polygone müssen wieder mit den ursprünglichen Siedlungen zusammengefügt werden da aufgrund der Aggregation nur grosse Siedlungen erhalten geblieben sind. Anschliessend wird die Merge_Siedlung_Aggreg Geometrie zu einer Geometrie aufgelöst und die Geometrie erhält einen Siedlungscode (=99). Damit nicht allzu kleine Siedlungspolygone als Siedlung berücksichtigt werden, wird über die Eliminate Polygon Part Funktion Polygonteile, kleiner als 50 km², gelöscht. Anschliessend kann die Siedlungsgeometrie mit der Fließgewässerabschnittsgeometrie verschnitten werden (Intersect). Das Resultat wird nach der FID_FGEW_Buffer_GewRaum_all aufgelöst (Dissolve) um für jeden Fließgewässerabschnitt den Siedlungscode (99 oder NULL) zu erhalten. Anschliessend kann der Siedlungscode den Fließgewässerabschnitten über einen Join (OBJECTID und FID_FGEW_Buffer_GewRaum_all) zugeteilt werden (manueller Schritt).

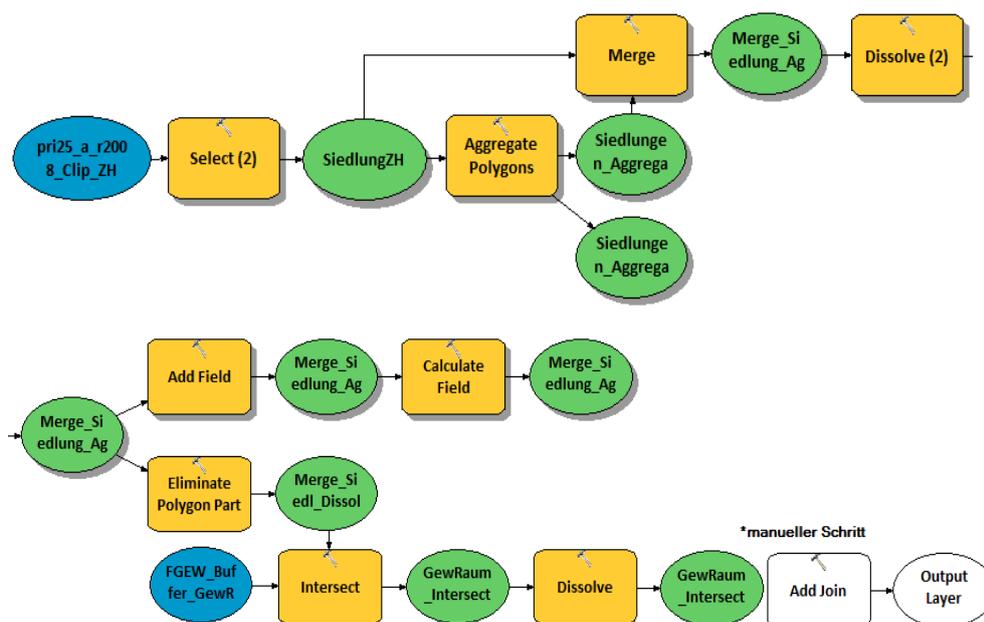


Abbildung 75: ModelBuilder Schema für die Einteilung der Fliessgewässerabschnitte in Siedlungs- und nicht Siedlungsgebiete.

Nicht verwendete Methoden zur Unterscheidung zwischen städtisch- und ländlich

Die TLM Swissbuild Gebäude Footprint Daten werden für diesen Teil verwendet. Sie beinhalten Attribute zu den Gebäude Flächen und Höhen. Es kann daher das ungefähre Volumen der Gebäude angenähert werden. Ein weiterer Datensatz stellen die Siedlungsgebiete (Z_Siedlung) des Vector25 Datensatzes dar. Die FGEW wurden bei den Siedlungsdaten meistens ausgeschnitten da sie eine speziell ausgewiesene Zone z.B. Gewässer darstellen. Zuerst mussten daher die Siedlungsdaten entsprechend bearbeitet werden damit FGEW innerhalb z.B. in der Stadt Zürich auch innerhalb des Siedlungspolygons liegen. Im ersten Schritt wurden die Siedlungspolygone aggregiert damit nur noch grosse Siedlungspolygone wie z.B. die Agglomeration Zürich oder Winterthur übrigblieben. Durch die Aggregation konnten die Lücken geschlossen werden. Die Aggregierten Polygone wurden mit den Siedlungspolygone vereint (Merge) und anschliessend die Geometrien aufgelöst um nur eine Geometrie von Siedlungspolygone zu erhalten. Am Schluss wurden kleinste Siedlungs-Polygone eliminiert, da diese Teile auf jeden Fall nicht als städtisch klassiert werden sollten. Ein Fishnet mit 1ha Auflösung wurde für den gesamten Kanton Zürich erstellt und mit der Siedlungsfläche verschnitten. Dies ergab eine Einteilung der Siedlungsfläche in kleinere Teilflächen (Intersect_Siedl_Fishnet). Daraus konnte die bauliche Dichte, bzw. der Überbauungsgrad ermittelt werden. Das Resultat aus dem vorherigen Schritt wurde mit den TLM Gebäude Footprints verschnitten. Das Volumen und die Fläche der Gebäude werden berechnet. Anschliessend wird mit dem Dissolve Tool nach der Fishnet ID aufgelöst. Als Statistische Felder werden das Volumen (Summe) und die Fläche (Summe) der Gebäude übernommen, damit pro ha noch ein Volumen- respektive Flächenwert ausgewiesen wird. Mit dem Join des Fishnet Datensatzes mit dem Dissolve-Datensatz (über die Objekt ID_1 und der FID_Intersect) werden die Volumen- und Flächenwerte der mit dem ha Raster verschnittenen Siedlungsfläche zugeordnet. Mit dem Gebäudevolumen und –fläche sowie der Fläche des jeweiligen Siedlungsausschnitts (meistens 1ha, aber oft wird das Raster abgeschnitten) kann z.B. die Baumassziffer (BMZ) berechnet werden. Das Resultat wird rasterisiert (25x25 Zellen) und mit dem Block-Statistik Tool gefiltert. Innerhalb von einem 4x4 Moving Window wird der maximale BMZ Wert herausgefiltert. Somit werden gebäudelose Abschnitte innerhalb einer dichten Siedlungsfläche trotzdem als städtisch klassiert, jedoch können mit dieser Methode nicht alle städtischen gebäudelosen Flächen erfasst werden (z.B. grosse Gleiseabschnitte innerhalb der Stadt Zürich). Diese wiederum fallen meistens nicht mit den FGEW zusammen.)

Nachbearbeitung & Aggregation

In diesem Schritt wurde eine kleine Nachbearbeitung eingefügt, weil die Fließgewässerabschnitte (FGEW_Buffer_GewRaum_all) zum Teil über die Kantonsgrenze von Zürich hinausgehen und somit z.B. für die Landnutzung, die nur für den Kanton ZH vorhanden ist, diese Abschnitte keine Landnutzungswerte aufweisen. Um dies zu umgehen, werden diese Fließgewässerabschnitte mittels Clip-Funktion entfernt.

Unter Aggregation werden die Schritte zusammengefasst, welche notwendig sind um die Erholungspotenzialwerte der Fließgewässerabschnitte den zugehörigen Gemeinde zuordnen zu können. Die Gemeinden des Kantons Zürich (Kt_ZH_Gemeinden) werden mit den Fließgewässerabschnitten verschnitten (Intersect) und nach Gemeinename aufgelöst (Dissolve). Beim Dissolve werden die Mittelwerte für die gewünschten Attribute (Erholungspotenzial Modellvarianten 1-4, die einzelnen Indikatoren sowie die maximale Differenz zwischen den Modellvarianten) der Fließgewässerabschnitte für die jeweiligen Gemeinden berechnet. Das Resultat aus dem Dissolve muss anschliessend über einen Join (GEMNAME/GEMNAME) mit der Kanton ZH Geometrie (Kt_ZH_Gemeinden) verknüpft werden. In der Kt_ZH_Gemeinden Geometrie werden die Mittelwerte der Dissolve Geometrie in die vorher erstellten Attribut-Felder übertragen.

Damit zusätzlich zu den oben übertragenen Erholungspotenzial Mittelwerten auch die Fließgewässerslänge pro Gemeinde angezeigt werden kann, wird in einem weiteren Schritt die FGEW_ZH Geometrie (Fließgewässer) mit den Gemeinden (Kt_ZH_Gemeinden) verschnitten (Intersect). Über einen Dissolve nach Gemeinennamen (GEMNAME) kann die Summe der Länge des Fließgewässernetzes (Shape_Length SUM) pro Gemeinde extrahiert werden. Die Summe des Fließgewässernetzes pro Gemeinde wird über einen Join (GEMNAME/GEMNAME) auf die Kt_ZH_Gemeinden Geometrie ins Attribut (Shape_L_FGEW) übertragen. Somit kann auf Gemeinde Ebene neben dem Erholungspotenzial und der Zusammensetzung der Indikator Werte auch die Länge des Fließgewässernetzes analysiert werden.

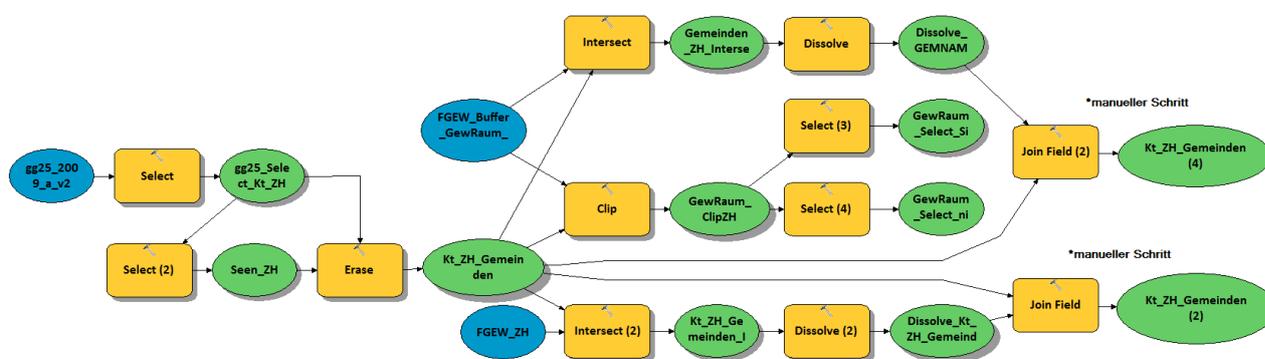


Abbildung 76: ModelBuilder Schema für die Aggregation der Erholungspotenzialwerte auf Gemeinde Ebene.

Nachfrage

Die Nachfrage wurde mithilfe der Bevölkerungs- und Beschäftigtenstatistik Daten des Bundesamtes für Statistik berechnet. Unter Wohnbevölkerung ist die ständige Wohnbevölkerung 2013 (B13BTOT) gemeint, mit Beschäftigten ist die Anzahl Voll- und Teilbeschäftigte in allen Sektoren gemeint. Die Hektardaten (Anzahl Personen pro ha) wurden zu Punkt-Features umgewandelt. Die Attribute der Punktdaten dienten als Basis eine Interpolation (Punktdichte) der Wohnbevölkerungs- und Beschäftigtenstatistik. Abbildung 77 zeigt, wie die Punktdichte Werte den Fließgewässerabschnitten zugeordnet wurden. Die Statistik Daten werden auf den Kanton ZH zugeschnitten (Clip Funktion). Anschliessend werden die Polygondaten (Hektar-Grid) in Punktdaten umgewandelt, jeder Punkt erhält einen Wert (Beschäftigte bzw. Wohnbevölkerung pro ha). Danach kann die Punktdichte berechnet werden, wobei die Rastergrösse 100m beträgt aufgrund der ursprünglichen Auflösung von 1 ha, als

Suchradius werden 1000m definiert. Ein Resampling der Rasterdaten auf 3x3m ist notwendig damit das Zonal Statistics Tool jedem Fließgewässerabschnitt ein Dichtewert (maximaler Dichtewert pro Fließgewässerabschnitt) zuordnen kann. Die Beschäftigten- und Wohnbevölkerungsdichte wird den Fließgewässerabschnitten wiederum mit einem Join (OBJECTID/OBJECTID_1) übertragen werden.

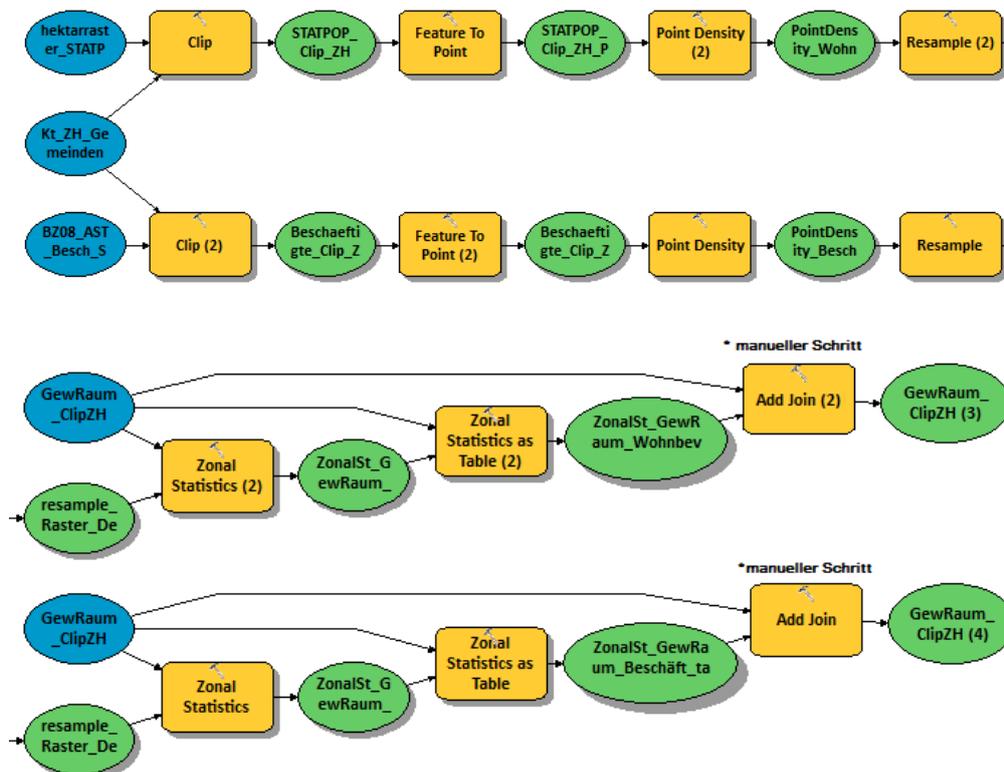


Abbildung 77: ModelBuilder Schema für die Berechnung der Nachfrage anhand der Wohnbevölkerungs- und Beschäftigtenstatistik.

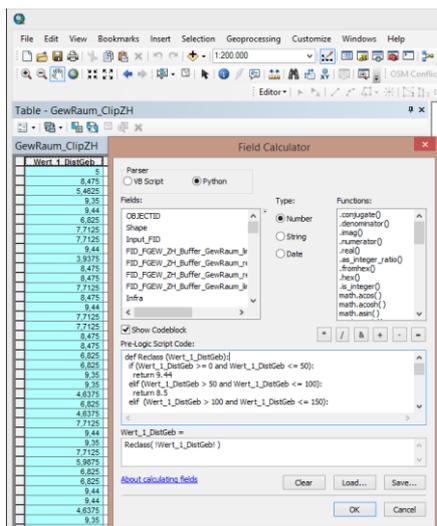
Übertragung der physischen Werte entsprechend der Bewertungsfunktionen

Nach diesem Schritt enthält die Fließgewässerabschnitts Geometrie (FGEW_Buffer_GewRaum_all) für jeden Indikator die entsprechenden Attribute mit den übertragenen Daten aus den Datensätzen (Verpfl, Infra, Eindol, TVAR, BVAR, LBUKVER, RBUKVER, LVERMAT, RVERMAT, SOHLVER, Dist_Geb, Dist_Str, GK, Ufersteigung, Lärm_Str, Lärm_Bahn, Schutzgeb, Distanz_ARA, Länge_klmitl_Str, Länge_gr_Str, Landnutzung, Siedlung).

Die physischen Werte müssen im nächsten Schritt entsprechend der von den ExpertInnen definierten Bewertungsfunktionen umklassiert werden.

Die Bewertungsfunktionen werden in Kapitel 3.3.2. besprochen. Aus den Bewertungsfunktionen wurde mittels Excel Klassen abgeleitet und für jeden Indikator ein kurzes Skript für den Field Calculator geschrieben welche ein Attribut-Feld umklassiert. Für die Umklassierung wurden neue Attribut-Felder mit den aufgeführten Bezeichnungen, Wert_1_DistGeb, Wert_2_DistStrassen usw. eingefügt um die anderen Werte nicht zu verlieren. Falls eine Unterscheidung zwischen Stadt und Land definiert worden war, konnte jeweils mittels der Select Funktion alle Abschnitte mit dem Siedlungs-Code = 99 ausgewählt werden. Alle Klassierungen sind der Arbeit elektronisch beigefügt worden. Ein Beispiel für die Umklassierung für Indikator 1 (Distanz Gebäuden) ist unten aufgeführt.

Siedlung	Nicht Siedlung
<pre>def Reclass (Wert_1_DistGeb): if (Wert_1_DistGeb >= 0 and Wert_1_DistGeb <= 50): return 9.44 elif (Wert_1_DistGeb > 50 and Wert_1_DistGeb <= 100): return 8.5 elif (Wert_1_DistGeb > 100 and Wert_1_DistGeb <= 150): return 7.79 elif (Wert_1_DistGeb > 150 and Wert_1_DistGeb <= 200): return 7.18 elif (Wert_1_DistGeb > 200 and Wert_1_DistGeb <= 250): return 6.61 elif (Wert_1_DistGeb > 250 and Wert_1_DistGeb <= 300): return 6.14 elif (Wert_1_DistGeb > 300 and Wert_1_DistGeb <= 350): return 5.66 elif (Wert_1_DistGeb > 350 and Wert_1_DistGeb <= 400): return 5.01 elif (Wert_1_DistGeb > 400 and Wert_1_DistGeb <= 450): return 4.43 elif (Wert_1_DistGeb > 450 and Wert_1_DistGeb <= 500): return 4.06 elif (Wert_1_DistGeb > 500 and Wert_1_DistGeb <= 550): return 3.69 elif (Wert_1_DistGeb > 550 and Wert_1_DistGeb <= 600): return 3.36 elif (Wert_1_DistGeb > 600 and Wert_1_DistGeb <= 650): return 3.09 elif (Wert_1_DistGeb > 650 and Wert_1_DistGeb <= 700): return 2.79 elif (Wert_1_DistGeb > 700 and Wert_1_DistGeb <= 750): return 2.46 elif (Wert_1_DistGeb > 750 and Wert_1_DistGeb <= 800): return 2.13 elif (Wert_1_DistGeb > 800 and Wert_1_DistGeb <= 850): return 1.79 elif (Wert_1_DistGeb > 850 and Wert_1_DistGeb <= 900): return 1.48 elif (Wert_1_DistGeb > 900 and Wert_1_DistGeb <= 950): return 1.18 elif (Wert_1_DistGeb > 950): return 0.90</pre>	<pre>def Reclass (Wert_1_DistGeb): if (Wert_1_DistGeb >= 0 and Wert_1_DistGeb <= 50): return 9.35 elif (Wert_1_DistGeb > 50 and Wert_1_DistGeb <= 100): return 8.475 elif (Wert_1_DistGeb > 100 and Wert_1_DistGeb <= 150): return 7.7125 elif (Wert_1_DistGeb > 150 and Wert_1_DistGeb <= 200): return 6.825 elif (Wert_1_DistGeb > 200 and Wert_1_DistGeb <= 250): return 5.9875 elif (Wert_1_DistGeb > 250 and Wert_1_DistGeb <= 300): return 5.4625 elif (Wert_1_DistGeb > 300 and Wert_1_DistGeb <= 350): return 5 elif (Wert_1_DistGeb > 350 and Wert_1_DistGeb <= 400): return 4.6375 elif (Wert_1_DistGeb > 400 and Wert_1_DistGeb <= 450): return 4.275 elif (Wert_1_DistGeb > 450 and Wert_1_DistGeb <= 500): return 3.9375 elif (Wert_1_DistGeb > 500 and Wert_1_DistGeb <= 550): return 3.6 elif (Wert_1_DistGeb > 550 and Wert_1_DistGeb <= 600): return 3.2375 elif (Wert_1_DistGeb > 600 and Wert_1_DistGeb <= 650): return 2.8875 elif (Wert_1_DistGeb > 650 and Wert_1_DistGeb <= 700): return 2.575 elif (Wert_1_DistGeb > 700 and Wert_1_DistGeb <= 750): return 2.2875 elif (Wert_1_DistGeb > 750 and Wert_1_DistGeb <= 800): return 1.9625 elif (Wert_1_DistGeb > 800 and Wert_1_DistGeb <= 850): return 1.6875 elif (Wert_1_DistGeb > 850 and Wert_1_DistGeb <= 900): return 1.4875 elif (Wert_1_DistGeb > 900 and Wert_1_DistGeb <= 950): return 1.2875 elif (Wert_1_DistGeb > 950): return 1.075</pre>
Reclass(!Wert_1_DistGeb!)	Reclass(!Wert_1_DistGeb!)



Die Umklassierung resultierte in einem zusätzlichen Attribut pro Indikator. Basierend auf diesen „Wert“-Attributen wurde das Erholungspotenzial für die vier Modellvarianten berechnet.

Umsetzung AHP Gewichtung

Um die von den ExpertInnen in der AHP definierten Gewichtungen umzusetzen wurde das Erholungspotenzial aufgrund der untenstehenden Formeln im Field Calculator (Python) berechnet. Es wurde zwischen Siedlung und nicht Siedlung/Land unterschieden.

Beispiel der Gewichtungsmatrix für Modellvariante 1

Z	Z1	Z2	Z3	Z4	G
Z1	1,00	4,00	0,38	2,00	0,31
Z2	0,25	1,00	0,39	0,78	0,11
Z3	2,65	2,59	1,00	0,29	0,29
Z4	0,50	1,28	3,45	1,00	0,29
S	4,40	8,87	5,21	4,07	1,00

A	A5	A6	G
A5	1,00	2,67	0,73
A6	0,38	1,00	0,27
S	1,38	3,67	1,00

A	A11	A12	G
A11	1,00	2,33	0,70
A12	0,43	1,00	0,30
S	1,43	3,33	1,00

Z	Z1	Z2	Z3	Z4	G
Z1	1,00	0,42	1,33	0,34	0,14
Z2	2,38	1,00	4,33	0,71	0,35
Z3	0,75	0,23	1,00	0,29	0,10
Z4	2,94	1,41	3,45	1,00	0,41
S	7,07	3,06	10,11	2,34	1,00

A	A5	A6	G
A5	1,00	2,00	0,67
A6	0,50	1,00	0,33
S	1,50	3,00	1,00

A	A11	A12	G
A11	1,00	2,67	0,73
A12	0,38	1,00	0,27
S	1,38	3,67	1,00

A	A1	A2	A3	A4	G
A1	1,00	0,56	0,28	0,29	0,11
A2	1,78	1,00	4,33	0,71	0,33
A3	3,57	0,23	1,00	0,43	0,18
A4	3,48	1,40	2,34	1,00	0,37
S	9,84	3,20	7,95	2,43	1,00

A	A7	A8	A9	A10	G
A7	1,00	0,63	2,40	0,51	0,22
A8	1,58	1,00	2,25	0,42	0,25
A9	0,42	0,44	1,00	0,62	0,14
A10	1,96	2,38	1,61	1,00	0,39
S	4,95	4,46	7,26	2,55	1,00

A	A1	A2	A3	A4	G
A1	1,00	0,68	2,50	0,40	0,21
A2	1,46	1,00	2,33	0,65	0,28
A3	0,40	0,43	1,00	0,53	0,13
A4	2,50	1,54	1,90	1,00	0,38
S	5,36	3,65	7,74	2,58	1,00

A	A7	A8	A9	A10	G
A7	1,00	0,38	0,35	0,49	0,12
A8	2,65	1,00	2,17	0,42	0,27
A9	2,86	0,46	1,00	0,43	0,20
A10	2,06	2,38	2,33	1,00	0,41
S	8,56	4,22	5,85	2,34	1,00

Modellvariante 1

Siedlung

$$0.31 * (0.11 * !\text{Wert_1_DistGeb!} + 0.33 * !\text{Wert_2a_DistStr!} + 0.33 * !\text{Wert_2b_klmitl_Str_p!} + 0.18 * !\text{Wert_3_Ufersteigung!} + 0.37 * !\text{Wert_4_GK!}) +$$

$$0.11 * (0.73 * !\text{Wert_5a_VerbSohle!} + 0.73 * !\text{Wert_5b_VerbUfer!} + 0.73 * !\text{Wert_5c_MatSohle!} + 0.73 * !\text{Wert_5d_MatUfer!} + 0.27 * !\text{Wert_6a_BVAR!} + 0.27 * !\text{Wert_6b_TVAR!}) +$$

$$0.29 * (0.22 * !\text{Wert_7_Verpfl!} + 0.25 * !\text{Wert_8_Infra!} + 0.14 * !\text{Wert_9_Landnutzung!} + 0.39 * !\text{Wert_10_Schutzgeb!}) + 0.29 * (0.7 * !\text{Wert_11a_Laerm_Str!} + 0.7 * !\text{Wert_11b_Laerm_Bahn!} + 0.7 * !\text{Wert_11c_gr_Str_p!} + 0.3 * !\text{Wert_12_Dist_ARA!})$$

Land

$$0.14 * (0.21 * !\text{Wert_1_DistGeb!} + 0.28 * !\text{Wert_2a_DistStr!} + 0.28 * !\text{Wert_2b_klmitl_Str_p!} + 0.13 * !\text{Wert_3_Ufersteigung!} + 0.38 * !\text{Wert_4_GK!}) +$$

$$0.35 * (0.67 * !\text{Wert_5a_VerbSohle!} + 0.67 * !\text{Wert_5b_VerbUfer!} + 0.67 * !\text{Wert_5c_MatSohle!} + 0.67 * !\text{Wert_5d_MatUfer!} + 0.33 * !\text{Wert_6a_BVAR!} + 0.33 * !\text{Wert_6b_TVAR!}) +$$

0.14*(0.13*!Wert_1_DistGeb! + 0.28*!Wert_2a_DistStr! +
0.28*!Wert_2b_klmitl_Str_p!+0.22*!Wert_3_Ufersteigung! + 0.37*!Wert_4_GK!) +
0.35*(0.67*!Wert_5a_VerbSohle! + 0.67*!Wert_5b_VerbUfer! + 0.67* !Wert_5c_MatSohle! + 0.67*
!Wert_5d_MatUfer! + 0.33* !Wert_6a_BVAR! + 0.33*!Wert_6b_TVAR!) +
0.10*(0.20*!Wert_7_Verpf! + 0.28*!Wert_8_Infra! + 0.12*!Wert_9_Landnutzung! +
0.40*!Wert_10_Schutzgeb!) + **0.41***(0.73*!Wert_11a_Laerm_Str! + 0.73*!Wert_11b_Laerm_Bahn! +
0.73*!Wert_11c_gr_Str_p! + 0.27*!Wert_12_Dist_ARA!)

Differenz der Modelle berechnen

Um die Differenzen zwischen den Modellen analysieren zu können wird für alle Modell-Kombinationen die absolute Differenz berechnet. Anschliessend wird im Attribut Max_Diff die höchste absolute Differenz (max(!Diff_1_2!, !Diff_1_3!, !Diff_1_4!, !Diff_2_3!, !Diff_2_4!, !Diff_3_4!)) der Kombinationen gefiltert.

D. Erholungspotenzialkarten

Persönliche Erklärung

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

Elgg, 28. Januar 2016

Remo Gantenbein