

Brachflächenrückbau in der Schweiz

GIS-gestützte Abschätzung des Potenzials zur Wiederherstellung von Ökosystemleistungen



Vorgelegt von:

Adrian Duss
09-704-024
adrian.duss@uzh.ch

Betreuung:

Dr. Silvia Tobias, silvia.tobias@wsl.ch
Eidg. Forschungsanstalt WSL
Zürcherstrasse 111
8903 Birmensdorf

Fakultätsvertretung:

Prof. Dr. Markus Egli
Geographisches Institut der Universität Zürich

Ort, Datum:

Klingnau, 27.06.2014

„Man redet noch zu sehr allein von Flächen. Doch Boden hat ein Volumen, und die für die Produktivität wichtigen Prozesse laufen in ihm und nicht auf ihm ab.“

Roland von Arx, Chef Sektion Bodenschutz im BAFU (BAFU 2011)

Bild Titelseite

Brachliegendes, ehemaliges RCI-Areal in Hausen/Lupfig

Aufnahmedatum: 10. November 2013

Foto: A. Duss

Vorwort

Mein Interesse, die verschiedenen Themenschwerpunkte des Geographiestudiums zu vereinen, leiteten mich in der Suche nach einer passenden Masterarbeit. So strebte ich eine Arbeit an, die sich durch Interdisziplinarität auszeichnet. Die physisch-geographische Grundfragestellung mit raum- und landschaftsplanerischem Hintergrund und dem Geographischen Informationssystem als Auswertungs- und Darstellungswerkzeug sprachen bei der vorliegenden Thematik deshalb sofort an. Auch die Möglichkeit eine Thematik zu behandeln, die in dieser Form für die Schweiz noch weitgehend Neuland bedeutete, sagte mir sehr zu.

Zum Gelingen der Arbeit trugen viele Personen bei, welchen ich hier ein herzliches Dankeschön aussprechen möchte. Zuallererst möchte ich mich bei meiner Betreuerin, Silvia Tobias, bedanken. Sie schaffte es, dass ich nach gemeinsamen Sitzungen stets wieder mit viel Motivation und Vertrauen die weiteren Herausforderungen in Angriff nahm. Auch Markus Egli möchte ich danken. Er hat sich bereit erklärt, für diese extern an der Eidg. Forschungsanstalt WSL verfasste Arbeit die Fakultätsvertretung zu übernehmen.

Ein weiterer Dank gebührt auch jenen Personen, die dazu beigetragen haben, dass die Arbeit in der heutigen Form lesbar ist. Daniel Buis und meine Mutter haben durch ihr Korrekturlesen und die inhaltlichen Inputs viel dazu beigetragen. Sandy, du hast, nebst dem Durchlesen der Arbeit, trotz Ausbildung ohne raumrelevanten Bezug, meine Fragen immer angenommen, diskutiert und mir die nötigen Denkanstösse für deren Beantwortung gegeben. Auch dafür, herzlichen Dank.

Zum Schluss gilt ein grosser Dank der WSL und der während dieser Zeit gewonnenen Arbeitskolleginnen und -kollegen. Das fruchtbare Arbeitsklima, die inspirierenden Gespräche, Inputs und Hilfen, aber nicht zuletzt auch das Bereitstellen der technischen Mittel und der Daten zur Bearbeitung der Fragestellung, stellten eine der Grundlagen für das erfolgreiche Realisieren der Arbeit dar.

Klingnau, 27. Juni 2014

Adrian Duss

Inhaltsverzeichnis

Abbildungsverzeichnis	IV
Verzeichnis der Boxen.....	V
Tabellenverzeichnis	V
Zusammenfassung	IX
1 EINFÜHRUNG.....	1
1.1 ALLGEMEINE PROBLEMSTELLUNG	1
1.2 ZIELSETZUNG UND FORSCHUNGSFRAGEN	3
1.3 GLIEDERUNG DER ARBEIT	4
2 THEORETISCHE GRUNDLAGEN	5
2.1 BEGRIFFSDEFINITIONEN	5
2.2 AUSWIRKUNGEN DER VERSIEGELUNG AUF DIE UMWELTBEREICHE	8
2.2.1 Auswirkungen auf die Regulating Services	9
2.2.2 Auswirkungen auf die Provisioning Services	17
2.2.3 Auswirkungen auf die Cultural Services	18
3 METHODIK UND DATEN.....	21
3.1 LITERATURRECHERCHE	21
3.2 UNTERSUCHUNGSGEBIET	21
3.2.1 Gesamtschweizerische Potenzialabschätzung	21
3.2.2 Punktuelle Vertiefung	24
3.3 HERLEITUNG DER ÖKOSYSTEMLEISTUNGSPOTENZIALE	26
3.3.1 Vorgehen.....	26
3.3.2 Definition des Potenzialbegriffs	30
3.4 QUANTIFIZIERUNG DES POTENZIALS FÜR ÖKOSYSTEMLEISTUNGEN	30
3.4.1 Landwirtschaftliche Produktion	30
3.4.2 Naherholungsfunktionale Versorgungsleistung	39
3.4.3 Landschaftsästhetik als identitätsstiftender und tourismusfördernder Faktor	49
3.4.4 Regulierung des Wasserhaushaltes: Verringerung des Oberflächenabflusses	57
3.4.5 Regulierung des Wasserhaushaltes: Hochwasserretentionsgebiete	64
3.4.6 Natürliche Vielfalt	65
3.5 INDUSTRIE UND GEWERBE ALS KONKURRIERENDER RAUMANSPRUCH	74
3.6 DATEN UND SOFTWARE.....	76
3.6.1 Daten für Quantifizierung der Ökosystemleistungen	76
3.6.2 Software	78
4 RESULTATE.....	79
4.1 ENTSIEGELUNGSPRAXIS	79
4.1.1 Entsiegelungspraxis in der Schweiz	79
4.1.2 Entsiegelungspraxis im Ausland.....	80
4.2 POTENZIAL IN DER SCHWEIZ	94
4.2.1 Landwirtschaftliche Produktionseignung.....	94
4.2.2 Erholungsfunktionale Versorgung.....	95
4.2.3 Landschaftsästhetik	97

4.2.4	Wasserhaushalt	100
4.2.5	Potenzial als Hochwasserretentionsfläche.....	101
4.2.6	Natürliche Vielfalt.....	103
4.3	VIELFALT MÖGLICHER NUTZUNGEN UND LANDNUTZUNGSKONFLIKTE	105
4.3.1	Vielfalt der Möglichkeit zur Wiederherstellung von Ökosystemleistungen.....	105
4.3.2	Konkurrierende Raumannsprüche.....	107
4.4	FALLSTUDIENAREALE.....	108
4.4.1	Hausen/Lupfig vs. Schafisheim, Kanton Aargau.....	108
4.4.2	Fallstudiengebiet Kanton Glarus	114
5	DISKUSSION	121
5.1	METHODENDISKUSSION.....	121
5.1.1	Quantifizierung von Ökosystemleistungen	121
5.1.2	Beschreibungsmassstab.....	123
5.2	POTENZIAL IN DER SCHWEIZ	124
5.2.1	Wo lohnt sich welche Nutzung?.....	125
5.2.2	Das Potenzial vor dem Hintergrund zukünftiger Entwicklungen.....	126
5.3	FALLSTUDIEN	127
5.3.1	Kanton Aargau	127
5.3.2	Kanton Glarus	128
5.4	GESAMTBETRACHTUNG.....	129
5.4.1	Rückbau als Kompensationsmassnahme	129
5.4.2	Hindernisse, Konflikte und Wertewandel.....	133
5.4.3	Mögliche Finanzierungsansätze.....	135
6	SCHLUSSFOLGERUNGEN	137
6.1	ERKENNTNISSE	137
6.2	AUSBLICK	138
7	QUELLEN	140
7.1	LITERATUR	140
7.2	GESETZLICHE GRUNDLAGEN.....	156
7.3	AUSKUNFTSPERSONEN	157
8	ANHANG	158
A	BRACHENLISTE.....	158
B	GEWICHTUNGSMATRIZEN.....	160
C	RESULTATETABELLEN	163
C1	LANDWIRTSCHAFTLICHES PRODUKTIONSPOTENZIAL	163
C2	POTENZIAL FÜR EINE ERHOLUNGSFUNKTIONALE NUTZUNG.....	164
C3	LANDSCHAFTSÄSTHETIK (IDENTIFIKATION UND TOURISMUS)	166
C4	WASSERREGULIERUNGSPOTENZIAL	168
C5	POTENZIAL ALS HOCHWASSERRETENTIONSFLÄCHE	169
C6	NATÜRLICHE VIELFALT.....	170
C7	INDUSTRIE UND GEWERBE ALS KONKURRIERENDER RAUMANSPRUCH.....	172
D	ARCGIS – GEWÄHLTE EINSTELLUNGEN UND PARAMETER FÜR DIE AUSWERTUNG.....	174
9	SELBSTÄNDIGKEITSERKLÄRUNG	175

Abbildungsverzeichnis

Abb. 2-1	Verortung der beiden Klassifikationen von MEA und CICES und Einbettung in die vier Nutzungskategorien für Ökosystemleistungen des BAFU	8
Abb. 2-2	Einfluss des Versiegelungsgrads auf den Wasserkreislauf	9
Abb. 2-3	Hydrograph einer urbanen und einer ruralen Region	10
Abb. 2-4	Beziehung zwischen dem Oberflächentyp und der Oberflächentemperatur in Baltimore.	14
Abb. 3-1	Standorte der in dieser Studie verwendeten Brachflächen	23
Abb. 3-2	Darstellung und räumliche Verortung der Fallstudienflächen im Kanton Aargau	24
Abb. 3-3	Darstellung und räumliche Verortung der Fallstudienflächen im Kanton Glarus	25
Abb. 3-4	Aussagen von Befragten, wie gerne sie bestimmte Merkmale in ihrer Naherholungsregion vorfinden	41
Abb. 3-5	Schematische Darstellung der Berechnung des Oberflächenabflusses mittels der CN-Methode	61
Abb. 3-6	Schachbrettfalter (<i>Melanargia glathea</i>).....	69
Abb. 4-1	Rückbau einer Hauptstrasse in Hettlingen, Kanton Zürich als ökologische Kompensationsmassnahme. Zustand 7 bzw. 16 Jahre nach der Entsiegelung.....	80
Abb. 4-2	Ping Tom Memorial Part, Chicago. Brachflächenrevitalisierungsprojekt mit Fokus auf Naherholung	82
Abb. 4-3	Entsiegelte Fläche in der Stadt Dresden in ha pro Jahr	85
Abb. 4-4	Räumliche Verteilung des landwirtschaftlichen Produktionspotenzials auf den untersuchten Brachflächen der Schweiz	95
Abb. 4-5	Räumliche Verteilung des Potenzials für eine Naherholungsnutzung auf den untersuchten Brachflächen der Schweiz	97
Abb. 4-6	Räumliche Verteilung des Potenzials für die ästhetische Aufwertung der Landschaft infolge eines Rückbaus der Brachflächen der Schweiz	98
Abb. 4-7	Räumliche Verteilung des Potenzials für den touristischen Nutzen infolge eines Rückbaus der Brachflächen der Schweiz	99
Abb. 4-8	Räumliche Verteilung des Potenzials zur Regulierung des Wasserhaushalts infolge des Gewinns an Infiltrationskapazität bei einem Rückbau der Brachflächen der Schweiz	101
Abb. 4-9	Räumliche Verteilung des Potenzials der Brachflächen der Schweiz als Hochwasserretentionsflächen	102
Abb. 4-10	Räumliche Verteilung des Habitatpotenzials der Brachflächen der Schweiz nach einem Rückbau	104
Abb. 4-11	Konfliktkarte der Potenziale eines Rückbaus von Brachflächen in der Schweiz	106
Abb. 4-12	Ökosystemleistungsprofil der Neubaufäche in Schafisheim.	108
Abb. 4-13	Konnektivität der Habitate des Schachbrettfalters im Kanton Aargau.....	113
Abb. 4-14	Ökosystemleistungsprofil der Neubaufäche in Niederurnen.....	114
Abb. 4-15	Konnektivität der Habitate des Schachbrettfalters in Glarus Nord.....	119
Abb. 4-16	Konnektivität der Habitate des Schachbrettfalters in Glarus Mitte und Süd	119

Verzeichnis der Boxen

Box 2-1	Hypothetische Kosten für Kompensationsmassnahmen, ausgelöst durch die fehlende natürliche Wasserspeicherung im Boden aufgrund der Versiegelung	11
Box 2-2	Kühleffekt von urbaner Vegetation vor dem Hintergrund des alternativen Energiebedarfs.....	13
Box 2-3	Monetärer Wert der Schadstoffregulierung durch Bäume.....	15
Box 2-4	Verlust an Nettoprimärproduktion durch die Bodenversiegelung	17
Box 2-5	Monetärer Verlust an Trinkwasser durch die Bodenversiegelung in der Schweiz	18

Tabellenverzeichnis

Tab. 3-1	Übersicht über die betrachteten Ökosystemleistungen und deren beschreibende Indikatoren für die räumlichen Ebene der Schweiz (CH) und der Fallstudien.....	27
Tab. 3-2	Klassierung der linear additiv aggregierten Potenzialwerte bei der schweizweiten Abschätzung.....	29
Tab. 3-3	Klassen der klimatischen Eignung der schweizweit untersuchten Brachflächen	31
Tab. 3-4	Schweizweite Potenzialwerteinstufung der Bodeneignung in der Landw. Bodeneignungskarte basierend auf den 18 Eignungsgruppen nach BFS (1992).....	32
Tab. 3-5	Beurteilung der Brachflächengeometrie mittels des Formfaktors in der schweizweiten Betrachtung.	34
Tab. 3-6	Beurteilung der die Brachflächen umgebenden Bodennutzungsarten bei der schweizweiten Betrachtung.	35
Tab. 3-7	Bewertung der Brachfläche basierend auf der umgebungsdominierenden Nutzungsart bei der schweizweiten Betrachtung.....	36
Tab. 3-8	Verwendete Klassierung der Hangneigung	36
Tab. 3-9	Potenzialwerteinstufung der Klimaeignung bei den Fallstudien	37
Tab. 3-10	Zuweisung der landwirtschaftlichen Bodenpotenzialbewertung anhand des Wasserhaushalts und der Gründigkeit bei den Fallstudien.....	38
Tab. 3-11	Klassierung der Naherholungspunkte gemäss dem Modell von Buchecker et al. (2013) für die schweizweite Betrachtung.....	41
Tab. 3-12	Ständige Wohnbevölkerung innerhalb von 1km um Brachfläche.....	42
Tab. 3-13	Klassifikation des Versiegelungsgrads und die entsprechende Bewertung bei der schweizweiten Betrachtung	43
Tab. 3-14	Bevölkerungszahl innerhalb der Service Area und entsprechende Potenzialbewertung.....	45
Tab. 3-15	Klassifikation des Versiegelungsgrads und die entsprechende Bewertung für die Fallstudien.....	45
Tab. 3-16	Klassifikation der Möglichkeit auf Fernsicht und die entsprechende Potenzialbewertung	46
Tab. 3-17	Klassierung der Lärmwerte.....	48

Tab. 3-18	Umsetzung der Entfernungswerte für Gewässer und Waldflächen zur Berechnung in ArcGIS.....	49
Tab. 3-19	Zuweisung der Flächengrößen zum jeweiligen Potenzialwert	51
Tab. 3-20	Zuweisung der Eignungsbewertung zu Bewertung der wahrgenommenen Schönheit in LABES Indikator 24 (schweizweite Betrachtung).	51
Tab. 3-21	Zuweisung der Eignungsbewertung zur Bewertung des Tourismuspotenzials in der Schweiz basierend auf Segura Morán et al. (2013)	52
Tab. 3-22	Zuweisung der Brachflächengrößen in den Kantonen Aargau und Glarus zu einem Potenzialwert	53
Tab. 3-23	Zuweisung der mittels der Visibility-Analyse in ArcGIS berechneten Größe des Sichtbereichs zum jeweiligen Potenzialwert	54
Tab. 3-24	Wanderwegdichte in Metern pro Hektare Kantonsgebiet in den Kantonen Aargau und Glarus.....	55
Tab. 3-25	Klassierung der Sichtbarkeit der Fallstudienflächen von Wanderwegen aus und des Anteils an Wohnarealen ⁺	55
Tab. 3-26	Anteil von Wohnarealen ⁺ an der Kantonsfläche.....	56
Tab. 3-27	Klassierung des Versiegelungsgrads innerhalb eines 160x160m Rasters und Potenzialbewertung einer Entsiegelung zur Regulierung des Wasserhaushalts	59
Tab. 3-28	Klassierung der Niederschlagswerte eines 2-jährigen Ereignisses in der Schweiz und Zuweisung zum Potenzialwert.....	60
Tab. 3-29	Klassifikation des Potenzials der Brachflächen der Fallstudienanalyse zur Kompensation des Infiltrationsverlustes, resultierend aus dem Neubauprojekt.	63
Tab. 3-30	Zuweisung der potenziellen Hochwassergefährdung einer Brachfläche zur Eignung Überschwemmungsfläche.	65
Tab. 3-31	Zuweisung der Distanzen zwischen Brachflächen und potenziellen Habitaten zum klassierten Potenzialwert bei der schweizweiten Betrachtung.....	67
Tab. 3-32	Zuweisung der effektiven Maschenweite als Indikator für den Zerschneidungsgrad zum klassierten Potenzialwert.	68
Tab. 3-33	Klassierung der Fundjahre von Amphibien gemäss Datenbank der karch in der Umgebung der Fallstudienflächen.	72
Tab. 3-34	Klassierung des Potenzialindikators aufgrund des Vorkommens von stark gefährdeten Amphibienarten.....	72
Tab. 3-35	Beschreibung der Landschaftselemente mit zugewiesenem Migrations- bzw. Habitatspotenzialwert für die Amphibien der Schweiz (Fallstudien).....	73
Tab. 3-36	Klassierung der Distanz zu Eisenbahnstrecken und Autobahnanschlüssen mit zugewiesenem Potenzialwert.	75
Tab. 3-37	In dieser Masterarbeit verwendete Datensätze	76
Tab. 4-1	Erstbewertung des Entsiegelungspotenzials im Bundesland Sachsen	88
Tab. 4-2	Werte für das landwirtschaftliche Produktionspotenzial der Brachflächen in der Schweiz.....	94
Tab. 4-3	Potenzialwerte für die erholungsfunktionale Nutzungseignung der Brachflächen in der Schweiz.....	96

Tab. 4-4	Potenzialwerte für die ästhetische Aufwertung der Landschaft infolge eines Rückbaus der Brachflächen in der Schweiz	98
Tab. 4-5	Potenzialwerte für den touristischen Nutzen eines Rückbaus der Brachflächen in der Schweiz	99
Tab. 4-6	Werte für das Potenzial zur Regulierung des Wasserhaushalts infolge des Gewinns an Infiltrationskapazität in der Schweiz.	100
Tab. 4-7	Potenzialwerte der Brachflächen in der Schweiz als Hochwasserretentionsflächen.	102
Tab. 4-8	Habitatpotenzial der Brachflächen in der Schweiz.....	103
Tab. 4-9	Werte für das wirtschaftliche Potenzial der Brachflächen in der Schweiz.....	107
Tab. 4-10	Zugewiesene CN-Werte für die Fallstudienstandorte.....	110
Tab. 4-11	Gewinn/Verlust an Infiltrationsleistung bei den Nutzungswechseln bei den Fallstudienflächen im Kanton Aargau	112
Tab. 4-12	Zugewiesene CN-Werte für die Fallstudienstandorte.....	116
Tab. 4-13	Gewinn/Verlust an Infiltrationsleistung bei den Nutzungswechseln bei den Fallstudienflächen im Kanton Glarus.	118

Zusammenfassung

Ökosysteme erbringen vielfältige, entscheidende Leistungen, die vom Menschen direkt oder indirekt genutzt werden und so zum physischen und psychischen Wohlergehen beitragen. Man spricht in diesem Zusammenhang auch von Ökosystemleistungen (Grunewald & Bastian 2013b). In den letzten Jahrzehnten hat sich die Siedlungsfläche in der Schweiz stark ausgedehnt. Damit verbunden ist eine Versiegelung des Bodens. Die Bodenfunktionen werden dabei zu einem grossen Teil zerstört. Dies stellt eine grosse Gefahr für die Bodenökosysteme und die damit zusammenhängenden Wechselwirkungen mit anderen Ökosystembereichen dar (BAFU 2013a). Die vorliegende Arbeit behandelt einen Ansatz des proaktiven Bodenschutzes. So sollen überbaute, heute nicht mehr genutzte Areale aus Industrie, Gewerbe oder Militär rückgebaut und rekultiviert werden und die zerstörten Bodenfunktionen somit wiederhergestellt werden.

Das Ziel der Arbeit gliedert sich in drei Teile: (i) literaturbasierte Beschreibung des Stands der Umsetzung von Entsiegelungsmassnahmen zur Wiederherstellung von Ökosystemleistungen in der Schweiz und im Ausland, (ii) Herleitung von indikatorenbasierten skalenentsprechenden Methoden zur Abschätzung des Wiederherstellungspotenzials für ausgewählte Ökosystemleistungen (Landwirtschaft, Naherholung, wahrgenommene Schönheit der Landschaft, Wasserregulierung, Biodiversität), (iii) darauf basierende Abschätzung des naturräumlichen Potenzials der schweizweiten Brachflächenstandorte und ausgesuchter Fallstudienflächen in den Kantonen Aargau und Glarus. Bei den punktuellen Vertiefungen wird das Ökosystemleistungspotenzial der Brachfläche mit einer Neubaufäche auf der grünen Wiese verglichen. Die Indikatoren werden zur expliziten Gewichtung gemäss Analytic Hierarchy Process (AHP) paarweise verglichen und anschliessend linear additiv zur finalen Potenzialaussage aggregiert. Die Verarbeitung geschieht mittels eines Geographischen Informationssystems (GIS).

Die durchgeführte Literaturrecherche bringt hervor, dass Entsiegelungsmassnahmen in der Schweiz bisher nur vereinzelt durchgeführt wurden. Anders sieht dies in den USA und weiteren europäischen Ländern aus, wo der Rückbau verbreitet in Kompensationssysteme integriert sind. Die Projekte zeichnen sich häufig durch eine multifunktionale Ausgestaltung der Nachnutzung aus und beinhalten nebst Zielen des Hochwasserschutzes, der Landwirtschaft, des Gewinns von natürlichen Habitaten oder der Aufwertung des Landschaftsbildes, insbesondere die erholungsfunktionale Versorgung.

Die Resultate der schweizweiten Abschätzung zeigen, dass das Potenzial von Brachflächen für eine Umnutzung mit dem Planungsziel der Wiederherstellung von Ökosystemleistungen vorhanden ist. Weder kann eine der betrachteten Leistungen ganz für eine Nachnutzung ausgeschlossen werden, noch besteht eine Brachfläche, wo das Potenzial keiner Leistung vorhanden ist. Regionale Unterschiede im Potenzial sind jedoch festzustellen. Während das Landwirtschaftspotenzial und jenes zur Erhöhung der wahrgenommenen Schönheit der Landschaft im Mittelland höher ist als in den voralpinen und alpinen

Gebieten, sind die Werte für das Tourismus- und Habitatpotenzial umgekehrt ausgeprägt. Die Potenzialwerte der Naherholung und der Wasserregulierung zeigen hingegen kein räumliches Muster.

Die Resultate der Fallstudien weisen darauf hin, dass auch eine Berücksichtigung des Rückbaus als Kompensationsmassnahme in Betracht zu ziehen ist. Der Vergleich zwischen der Neubaufäche und der zu entsiegelnden Brachfläche im Kanton Aargau zeigt, dass die Brachfläche, für einen maximalen Gewinn an Ökosystemleistungen, im Sinne der Erfüllung kultureller Ökosystemleistungen ausgestaltet werden sollte. Für die restlichen Leistungen sind die Potenziale der beiden Flächen etwa gleich. Im Kanton Glarus zeigt sich, dass die Brachfläche, welche der Neubaufäche am nächsten liegt, das grösste Potenzial hat, die verlorengehenden Ökosystemleistungen wiederherzustellen.

Der Autor schliesst aus den Ergebnissen, dass für die Auswahl der richtigen Brachfläche als Entsiegelungs- und Ersatzmassnahme die Spezifika der einzelnen Ökosystemleistungen berücksichtigt, das Wiederherstellungsziel genau definiert und der räumlich-funktionale Bezug entsprechend gewählt werden muss.

1 Einführung

1.1 Allgemeine Problemstellung

Ein starkes Bevölkerungswachstum, vielfältige Nutzungsinteressen und die steigende Nachfrage nach Wohnraum, Mobilität und Freizeitaktivitäten haben in den letzten Jahrzehnten die Nachfrage nach Bauland gesteigert und verstärken damit zusehends den Druck auf die knappe Ressource Boden (BFS 2010; BFS 2013a). Die Arealstatistik Schweiz des Bundesamts für Statistik belegt, dass die Siedlungsfläche in der Erhebungsperiode zwischen 1979/85 und 1992/97 eine Zunahme von über 13 Prozent erfahren hat. In den zwölf folgenden Jahren zeigt sich zwar eine leichte Abschwächung dieses Wertes, doch liegt die Zunahme noch immer bei knapp 10 Prozent (BFS 2013a). Im Moment geht jede Sekunde rund 1m² Kulturland zugunsten von Verkehrs- und Siedlungsflächen verloren (BAFU 2013a). Nebst ökonomischen und sozialen Kosten (ARE 2005), zieht die zunehmende Siedlungsausdehnung und Zersiedelung auch negative Auswirkungen auf verschiedenste Umweltbereiche und deren wechselwirkenden Beziehungen nach sich (Foley et al. 2005; BAFU 2013a). So wird der Wandel in der Landnutzung als eine der Hauptursachen für die Verringerung der Qualität vieler Ökosysteme angesehen (MEA 2005). Im Sinne einer „zweckmässigen und haushälterischen Nutzung des Bodens“, wie sie in der Bundesverfassung (BV Art. 75, Abs. 1) gefordert wird, sind daher tragfähige Konzepte und Lösungen im Umgang mit dem Boden gefragt (ARE 2013a). Denn die Raumentwicklung der Schweiz in den letzten Jahrzehnten wird als nicht nachhaltig eingestuft (ARE 2005). Es ist die Aufgabe der Raumplanung Instrumente und Strategien zu entwerfen, die eine nachhaltige Entwicklung zulassen (Tobias 2013).

Ein zentrales Element in der Naturschutzplanung und der Umweltfolgenabschätzung stellt das Konzept der *Ökosystemleistungen* dar, welches auf die Kommunikation der mannigfaltigen ökologischen und ökonomischen Werte des Naturkapitals und natürlicher Funktionen fokussiert (Fisher & Turner 2008; Burkhard et al. 2010; Koschke et al. 2012). Ökosystemleistungen bezeichnen „Leistungen, die von der Natur erbracht und vom Menschen genutzt werden“ (Grunewald & Bastian 2013a) und spielen damit eine zentrale Rolle für das Wohlbefinden der Menschen (Siebielec et al. 2010). Eine noch konsequenter Integration der Ökosystemleistungen in die Entscheidungsfindung in der Raum- und Landschaftsplanung würde helfen ganzheitliche und nachhaltige Lösungen zu finden (Koschke et al. 2012; Ahern et al. 2014). Voraussetzung hierfür ist jedoch das Vorhandensein von Instrumenten zur Beschreibung der von Ökosystemen erbrachten Leistungen sowie deren Einbindung in den Planungsprozess (Daily & Matson 2008; Rannow et al. 2010)

Ein Lösungsansatz in raumplanerischer Hinsicht ist die Forderung nach einer Siedlungsentwicklung nach innen, welche im Raumentwicklungsbericht 2005 als zentrale Aufgabe aufgeführt ist (ARE 2005). Diese Zielsetzung kann mit verschiedenen Massnahmen umgesetzt werden. Areale mit niedriger Aus-

nutzung können nachverdichtet werden oder Baulücken innerhalb des Siedlungskörpers prioritär überbaut werden (RE 2010; ARE 2013b). Eine weitere Möglichkeit der Verdichtung und ein wichtiges Instrument für die nachhaltige Entwicklung (Wedding & Crawford-Brown 2007), ist die Umnutzung sogenannter „Brachflächen“ (RE 2010; ARE 2013b). Darunter versteht man Areale, auf denen produziert wurde, die heute jedoch nicht mehr diesem ursprünglichen Zweck dienen. Sie werden nicht mehr oder nur noch teilweise genutzt und stehen daher oftmals leer (ARE 2008). Gerade zentrumsnahe Brachen mit guter Erschliessung bieten ein grosses Potenzial für eine Umnutzung für das Wohnen und das Gewerbe (ARE 2007). Gemäss dem Bundesamt für Raumentwicklung (ARE 2008) gibt es in der Schweiz rund 350 solch brach liegender Areale mit einer Gesamtfläche von rund 18 Mio. Quadratmetern. Diese Brachen sind zu einem Grossteil das Resultat des in den letzten Jahrzehnten erfahrenen Strukturwandels in der Wirtschaftslandschaft der Schweiz. Die Industriegesellschaft wich kontinuierlich der Dienstleistungsgesellschaft, was starke wirtschaftliche, gesellschaftliche und räumliche Auswirkungen nach sich zog (Odermatt & Wachter 2004). Die innere Verdichtung durch eine Umnutzung von Industriebrachen sieht sich jedoch unterschiedlichen Problematiken gegenüber. Organisatorische, technische und wirtschaftliche Hemmnisse erschweren verschiedentlich eine erfolgreiche Mobilisierung der Flächen (ARE 2007).

Aus den Planungsgrundsätzen des Raumplanungsgesetzes (RPG Art. 3) geht hervor, dass die verschiedenen Bodennutzungsarten den Standorten „zweckmässig“ zugewiesen werden sollen. Betrachtet man die im Vergleich zum Industriezeitalter veränderten Anforderungen an einen Wirtschaftsstandort (Tobias et al., im Druck) kann die alleinige Berücksichtigung einer baulichen Brachenumnutzung unter Umständen zu wenig weit greifen. Weitere Nutzungsarten, wie beispielsweise die Landwirtschaft, die Erholungsnutzung oder ganz grundsätzlich Nutzungen zur Erbringung von Ökosystemleistungen könnten für eine Wiederherstellung solcher Flächen in Betracht gezogen werden (vgl. Moffat & Hutchings 2007). Untersuchungen von Burghardt (2006) haben nämlich gezeigt, dass versiegelte Böden nach wie vor verschiedene Funktionen erfüllen. Eine denkbare Einbindung dieses Vorgehens in Zusammenhang mit der zweckmässigen Nutzungsplanung und der flächenschonenden Siedlungsentwicklung wäre die Ausscheidung der Brachflächen als Ausgleichsflächen in Kompensations- und Wiederherstellungsprogrammen für gemäss RPG Art. 3 zweckmässig auf der „grünen Wiese“ zu planende Bauvorhaben. Die Idee dahinter ist, dass die durch die Versiegelung verloren gegangenen Bodenfunktionen und generell die bodengebundenen Ökosystemleistungen am Standort der Brache durch einen Rückbau wiederhergestellt werden.

Erfahrungen aus Berlin zeigen, dass die Realisierung von Kompensationsmassnahmen mit Entsiegelungen meist an der Kenntnis über die Eignung und Verfügbarkeit von Flächen für den Rückbau scheitern (SenStadt 2012). Eine ganzheitliche Methodik zur Standortwahl, die die zahlreichen bestimmenden Faktoren und deren Ausprägungen einschliesst, existiert jedoch bis auf jene von Doick & Hutchings (2007) nicht (Moffat & Hutchings 2007). Dies gilt insbesondere auch für die Schweiz.

1.2 Zielsetzung und Forschungsfragen

Die vorliegende Masterarbeit befasst sich mit dem Rückbau (Entsiegelung) und der Rekultivierung versiegelter Brachflächen in der Schweiz als Instrument für ein aktives und praxisorientiertes Landmanagement-System und einen proaktiven Bodenschutz (SenStadt 2013). Es soll, GIS-gestützt und auf Basis von in der Literatur beschriebenen und selbst hergeleiteten Kriterien sowie der Entsiegelungspraxis im Ausland, räumlich explizit das Potenzial bodengebundener Ökosystemleistungen für Brachflächen von Industrie, Gewerbe und Militär festgestellt werden, um dadurch das naturräumliche Potenzial aus einer Entsiegelung abschätzen zu können. Der Fokus wird dabei auf das naturräumliche Potenzial für eine Nachnutzung gelegt, ohne tiefergehend den allfälligen Mobilisierungsaufwand einer Fläche in das Entsiegelungspotenzial mit einzubeziehen.

Die Ziele der Arbeit gliedern sich in drei Teile:

Teil 1

In einem ersten Schritt soll der Stand des Wissens bezüglich Entsiegelungen sowie deren Praxis in der Schweiz und im Ausland aufgearbeitet werden. Folgende Forschungsfrage wird hierzu definiert:

FF₁	Wie steht es um die Umsetzung von Entsiegelungsmassnahmen in der Schweiz und im Ausland zur Wiederherstellung von Ökosystemleistungen?
-----------------------	--

Teil 2

In einem zweiten Schritt wird schweizweit das Potenzial einer Entsiegelung von Brachflächen für verschiedene Ökosystemleistungen abgeschätzt. Anhand von definierten Kriterien wird aufgezeigt, welche Potenziale die einzelnen Brachflächen aufweisen und wie die Potenziale räumlich verteilt sind. Daneben soll aber auch aufgezeigt werden, mit welchen Raumannsprüchen eine Entsiegelung am stärksten konkurriert und wo sich die grössten Konflikträume befinden.

Teil 3

Vertiefend werden die schweizweiten Potenzialabschätzungen in einem dritten Schritt mittels zwei Fallstudien punktuell erweitert. Die Gegenüberstellung eines konkreten Bauprojekts auf der grünen Wiese (Bodenversiegelung) und einer möglichen Entsiegelung einer spezifischen Brachfläche (Kompensation) soll den Nettoverlust/bzw. -gewinn von Ökosystemleistungen bei einer komplementären Betrachtung der Fälle aufzeigen. Die Entsiegelung wird dabei explizit als Kompensationsmassnahme innerhalb des gleichen Kantons angesehen. Als erste Fallstudienregion dient der Kanton Aargau, wo das neue Coop-Verteilzentrum in Schafisheim einer potenziellen Entsiegelung des ehemaligen RCI-Areals in Hausen/Lupfig gegenübergestellt wird. Die zweite Region stellt der Kanton Glarus dar, wo als Kompensation für das Bauprojekt der Eternit AG in Niederurnen eine mögliche und sinnvolle Entsiegelungsfläche im Kanton gefunden werden soll. Hierzu werden mit dem Areal der heutigen Eternit

AG in Niederurnen, dem Gewerbezentrum Ennenda Süd in Ennenda und der Spinnerei Linthal/Schöpfgruben in Linthal drei mögliche Brachflächen, aufgrund ihrer unterschiedlichen Lage im Kanton und der Arealgrösse, für das Fallbeispiel vorselektioniert.

Aus den Teilzielen 2 und 3 ergeben sich folgende Forschungsfragen:

FF₂	Mit welchen Messgrössen kann das Potenzial an Ökosystemleistungen, das durch die Entsiegelung von Brachflächen in der Schweiz wiederhergestellt werden könnte, abgeschätzt werden?
FF₃	Welches naturräumliche Potenzial weisen die Brachflächenstandorte von Industrie, Gewerbe und Militär in der Schweiz auf und wie ist dieses räumlich verteilt?
FF₄	Inwiefern konkurriert die Entsiegelung von Brachflächen in der Schweiz mit anderen Raumansprüchen?

Das Instrument der Entsiegelung wurde in der Schweiz bis dato nur marginal behandelt (siehe Kapitel 4.1.1) und stellt daher, in der Diskussion um einen schonenden und nachhaltigen Umgang mit der Ressource Boden einen eher neuen Ansatz dar. Als übergeordnetes Ziel dieser Arbeit gilt deshalb, diese in der Schweiz noch wenig behandelte Thematik in die wissenschaftliche Diskussion aufzunehmen.

1.3 Gliederung der Arbeit

Zunächst sollen in Kapitel 2 Grundlagen dargelegt werden, die zum Verständnis der Thematik dienen sollen. Dies wird anhand einer Definition der zentralen Begriffe und theoretischer Kenntnisse bezüglich der Auswirkungen einer Bodenversiegelung gemacht. In Kapitel 3 werden die Vorgehensweisen zur Beantwortung der Forschungsfragen geschildert. Kapitel 4 präsentiert die daraus folgenden Resultate, bevor in Kapitel 5 diese diskutiert und in einen grösseren Kontext der allgemeinen Thematik gestellt werden. Schliesslich fasst Kapitel 6 die Erkenntnisse der vorliegenden Masterarbeit zusammen und geht dabei auch auf offene Fragen zur Thematik ein.

2 Theoretische Grundlagen

2.1 Begriffsdefinitionen

Brachflächen

Wie Alker et al. (2000) zeigen, existiert eine Vielzahl verschiedener Verständnisse und Definitionen des Wortes Brachfläche. Besonders in der englischsprachigen Literatur besteht, durch die häufig synonyme Verwendung der Begriffe „brownfield“, „derelict land“, „vacant land“ oder sogar „contaminated land“, bis heute keine präzise Anwendung der Terminologie (Alker et al. 2000). Die Autoren schlagen deshalb folgende Definition vor:

„A brownfield site is any land or premises which has previously been used or developed and is not currently fully in use, although it may be partially occupied or utilised. It may be vacant, derelict or contaminated. Therefore a brownfield site is not available for immediate use without intervention“ (Alker et al. 2000).

Die vorliegende Arbeit versteht den Begriff gemäss der Definition von Alker et al. (2000), jedoch mit der Einschränkung, dass eine vormalige Bebauung bestanden hat oder noch immer vorhanden ist. Somit decken sich ehemalige Abbaustandorte oder auch Landwirtschaftsbrachen im Sinne von Artikel 8 und 9 der Direktzahlungsverordnung (DZV 2013) nicht mit dem vorliegenden Verständnis. Der Branchenbegriff umfasst nebst den Industriebrachen auch Bahn- und Militärbrachen sowie Infrastrukturbrachen (ARE 2008).

Bodenversiegelung

Bodenversiegelung bezeichnet gemeinhin den Prozess, bei dem der Erdboden, durch den Bau von Gebäuden und Strassen, aber auch Energieversorgungsanlagen oder Deponien, permanent mit nahezu undurchlässigen Materialien abgedeckt wird (BAFU 2013b). Dabei wird die Wechselwirkung des Bodens mit anderen Bereichen des Ökosystems, wie der Biosphäre, Atmosphäre, Hydrosphäre, Anthroposphäre gestört (Burghardt 2006), weshalb eine Versiegelung entscheidende Änderungen für viele Umweltbereiche nach sich zieht (vgl. Kapitel 2.2). Gewisse Klassifikationsschemata formulieren weitere Subklassen, wie zum Beispiel „bebaut“, bzw. „unbebaut versiegelt“ (vgl. SenStadt 2012). Nebst Beton und Asphalt gelten auch semipermeable Materialien und Belagsarten als versiegelnd. So hat beispielsweise die Stadt Berlin vier Belagsklassen in Abhängigkeit des Wirkungsgrades auf den Naturhaushalt charakterisiert: extrem (Asphalt, Beton), hoch (Kunststein- und Plattenbeläge), mittel (Mosaikpflaster) und gering (Rasengittersteine, Schotterrasen) (SenStadt 2012).

Entsiegelung und „Wiederherstellung“

Die Europäische Kommission (EC 2012a) definiert den Begriff der Entsiegelung als „Wiederherstellung eines Teils des früheren Bodenprofils durch Entfernen der Versiegelungsschichten, Lockern des darunter liegenden Bodens, Entfernen von Fremdstoffen und Wiederherstellen des ursprünglichen Profils“ (EC 2012a). Mit anderen Worten, es handelt sich nicht um das bloße Entfernen der Deckschicht, sondern auch von Verdichtungen und Fremdmaterial im Untergrund bzw. Unterboden sowie einen darauffolgenden Profilaufbau, optimalerweise in Form einer ein bis zwei Meter mächtigen Rekultivierungsschicht (UM 2006). Wichtig ist, dass die „Wirkungsverbindung zum natürlichen Untergrund“ vollständig sichergestellt wird (Höke et al. 2010). Die Wiederherstellung“ wird in diesem Fall im Sinne des „ecological restoration“-Begriffs nach Burger (2000) verstanden, wobei das Ziel ist, gestörte Ökosysteme wiederherzustellen und ihre Produktivität bzw. Biodiversität aufzuwerten. Eine Meta-Analyse von Rey Benayas et al. (2009) ergab, dass, unabhängig vom Spezialfall der Entsiegelung, durch die Rekultivierung gestörter Ökosysteme, die Biodiversität und Ökosystemleistungen erfolgreich wiederhergestellt werden können. Nach EC (2012a) kann jedoch auch bei Entsiegelungen, bei ordnungsgemäßer Durchführung, eine „erhebliche Wiederherstellung der Bodenfunktionen“ bewirkt werden. Dieser Kompensationseffekt wird von Siebielec et al. (2010) auf bis zu 80 Prozent geschätzt.

Ökosystemleistungen

Das Konzept der Ökosystemleistungen (engl. *ecosystem services*) erschien im Laufe der 1990er Jahre auf der Bühne der internationalen Umweltdiskussion (Grunewald & Bastian 2013a). Eine allgemeingültige Klassifikation ist aufgrund der komplexen und vielfältigen Natur von Ökosystemen nur schwer zu vollziehen (Bastian et al. 2013). Im Grunde bezeichnen Ökosystemleistungen „Leistungen, die von der Natur erbracht und vom Menschen genutzt werden“ (Grunewald & Bastian 2013a). Eine international weit verbreitete Definition und Klassifizierung ist jene des Millennium Ecosystem Assessment (MEA) der Vereinten Nationen aus dem Jahr 2003:

„Ecosystem services are the benefits people obtain from ecosystems. These include *provisioning services* such as food and water; *regulating services* such as regulation of floods, drought, land degradation, and disease; *supporting services* such as soil formation and nutrient cycling; and *cultural services* such as recreational, spiritual, religious and other nonmaterial benefits” (MEA 2003).

Als *Services* werden in der Definition des MEA (2003) und auch weiteren Publikationen (vgl. Kragt & Robertson 2014) zum einen erbrachte Leistungen aber auch Güter bezeichnet. Bastian et al. (2013) schlagen die Nennung als Versorgungs- und Regulationsleistungen sowie unterstützende und kulturelle Leistungen als deutsche Begrifflichkeit für die *Services* vor. Aufgrund des Fehlens einer einheitlichen Verwendung der deutschen (Bastian et al. 2013) und der vorhandenen Anerkennung der englischen

Begriffe auch in der deutschen Literatur, wird in der vorliegenden Arbeit im Folgenden die englische Terminologie verwendet.

De Groot (2006) definiert mit den *carrier services* (tragende Ökosystemleistungen) eine zusätzliche Klasse an Leistungen. Damit wird explizit die Rolle der Ökosysteme als „Substrat oder Medium“ für die Befriedigung der menschlichen Aktivitäten und als Raum für die dafür benötigte Infrastruktur herausgehoben (De Groot 2006). Gemäss Tobias (2013) können sie im Grunde jedoch auch den *Supporting Services* nach MEA (2003) zugeordnet werden.

In Anbetracht der Vielzahl an Klassifikationsschemata wurde von Haines-Young & Potschin (2010) unter dem Namen CICES (Common International Classification of Ecosystem Goods and Services), ein neuer Ansatz entwickelt, der das Ziel hat, einen einheitlichen Klassifikationsstandard zu definieren, welcher die Verortung bisheriger Konzepte und gleichzeitig eine Klassifikation unabhängig vom Kontext erlaubt. Eine Darstellung der Einordnung von CICES und der Klassifikation von MEA (2003) ist in Abbildung 2-1 zu sehen. Diese macht gleichzeitig jedoch auch die Kompatibilitätsprobleme der Systeme deutlich. Der neue Ansatz beschreibt nur noch die drei Klassen *Provisioning*, *Regulation and Maintenance* sowie *Cultural*. Da gemäss Haines-Young & Potschin (2010) die *Supporting Services* den anderen Klassen jeweils zugrunde liegen, kann so eine „Doppelzählung in Bewertungsstudien“ (Haines-Young & Potschin 2010; Bastian et al. 2013) verhindert werden. Hierzu trägt zusätzlich der Fokus auf „finale Ökosystemleistungen“ bei (Haines-Young & Potschin 2010; Staub et al. 2011). Darunter versteht man jene Güter und Leistungen, die vom Menschen „direkt genossen, konsumiert oder genutzt werden“ (Boyd & Banzhaf 2007; Staub et al. 2011). Im Zentrum stehen, im Gegensatz zu intermediären Ökosystemleistungen, welche als Zwischenleistung keinen direkten Nutzen generieren, also die Endprodukte der Natur und die darauf basierenden Nutzungen (Staub et al. 2011).

Auch wenn besonders die von Böden erbrachten Leistungen in der Klasse der *Supporting Services* nicht unterschätzt werden dürfen, drängt sich für die Beantwortung der in dieser Arbeit gestellten Fragestellungen die Verwendung des CICES-Klassifikationsschemas auf. Die Erhebung des naturräumlichen Nutzungspotenzials von Brachflächen soll möglichst praxisorientiert auf die Nutzungen ausgerichtet sein. Die *Supporting Services* stellen namensgetreu jedoch meistens Leistungen dar, die der Erfüllung der anderen drei Klassen zugrunde liegen (intermediäre Leistungen). Um die Bedeutung intermediärer bodengebundener Leistungen trotzdem aufzuzeigen, wird im theoretischen Rahmen in Kapitel 2.2 vom strikten Fokus auf den finalen Ökosystemleistungen vorerst abgesehen und insbesondere bei den *Regulating Services* auf für den Menschen nicht direkt nutzbare Leistungen im Kontext der Ver- und Entsiegelung eingegangen. Wie Bastian et al. (2013) festhalten, werden durch eine etwas breitere Auslegung dieser Leistungsgruppe auch die *Supporting Services* zufriedenstellend abgedeckt.

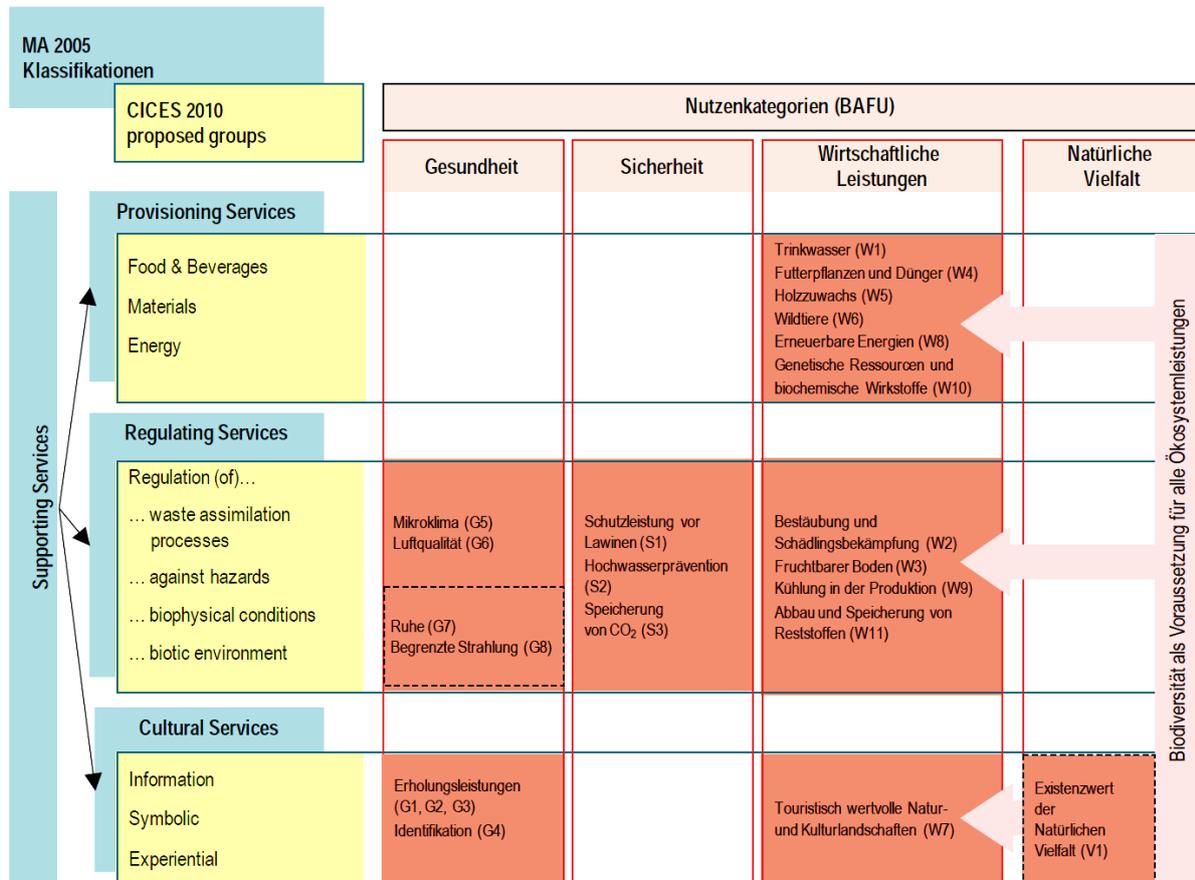


Abb. 2-1 Verortung der beiden Klassifikationen von MEA und CICES und Einbettung in die vier Nutzenkategorien für Ökosystemleistungen des BAFU (Darstellung nach Staub et al. 2011)

2.2 Auswirkungen der Versiegelung auf die Umweltbereiche

Verschiedene Untersuchungen beschäftigten sich mit den Auswirkungen der Siedlungsausdehnung auf die Ökosysteme (MEA 2005; Burghardt 2006; Haase 2009; Eigenbrod et al. 2011; Tobias 2013). So wurde gezeigt, dass der Landverbrauch und die damit einhergehende Versiegelung von Flächen sich auf die Umwelt in räumlich-zeitlicher und funktionaler Hinsicht erheblich auswirken (Breuste 1996). Gerade in urbanen Regionen ist der Schutz von Ökosystemleistungen von zentraler Bedeutung. Dies zum einen, weil die Nachfrage an besagten Leistungen in diesen Gebieten erheblich und zum anderen, der Druck auf die Ökosystemleistungen durch die fortschreitende Versiegelung stark ausgeprägt ist (Eigenbrod et al. 2011; Tobias 2013). Guo et al. (2010) haben zudem gezeigt, dass mit wirtschaftlichem Wachstum eine gesteigerte Abhängigkeit von Ökosystemleistungen einhergeht. Auf dem Markt gehandelte Güter und Dienstleistungen, wie bspw. die Elektrizität oder der Tourismus basieren zu einem großen Teil auf Ökosystemleistungen oder profitieren von diesen. Gleichzeitig steigert deren Konsum den Druck auf die natürlichen Ökosysteme, die entstehenden Abfallprodukte zu assimilieren (Guo et al. 2010). In Zusammenhang mit der gestiegenen Bevölkerungszahl hat die Abhängigkeit der Menschheit von natürlichen Ressourcen einen nie gesehenen Level erreicht (Foley et al. 2005).

2.2.1 Auswirkungen auf die *Regulating Services*

Veränderungen im Wasserkreislauf

Durch den Wegfall der Vegetationsbedeckung im Zusammenhang mit der Zunahme von undurchlässigen Strukturen wird besonders im städtischen Umfeld der Wasserhaushalt verändert (Whitford et al. 2001). Eigenbrod et al. (2011) halten fest, dass insbesondere eine Verdichtung der Bauweise negative Auswirkungen auf die natürliche Wasserhaushaltsregulierungskapazität hat. Die Versiegelung des Bodens führt zu einer starken Reduzierung der Wasseraufnahmefähigkeit von Böden und kann bis hin zur totalen Verhinderung der Wasseraufnahme reichen (Abb. 2-2) (EC 2012a).

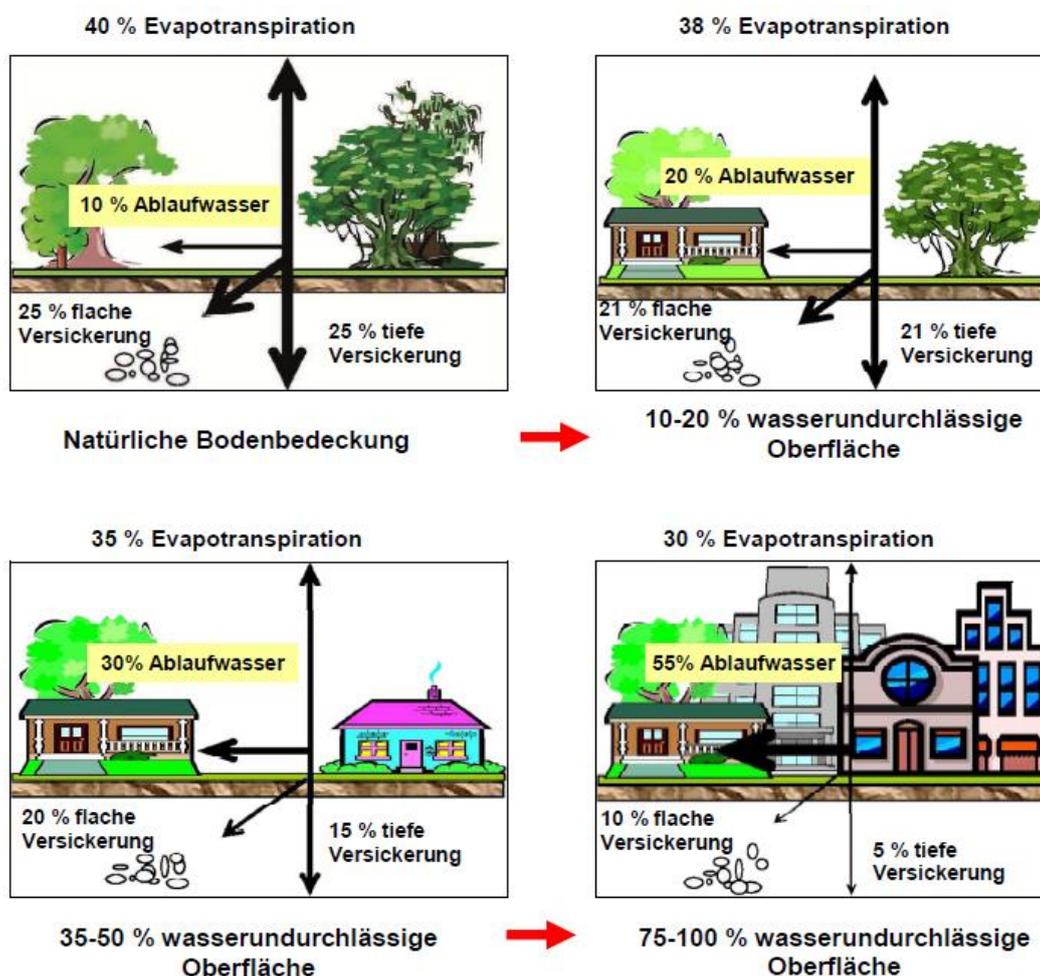


Abb. 2-2 Einfluss des Versiegelungsgrads auf den Wasserkreislauf (Darstellung nach EC 2012a)

Dadurch reduziert sich einerseits die Infiltration von Niederschlag in den Boden und andererseits die Kapazität zur Speicherung von Wasser im Boden (Whitford et al. 2001; Haase 2009). Hoins & Hunziker (2006) halten fest, dass abhängig von den Bodeneigenschaften und der Art der Nutzung „mehrere hundert Liter Wasser pro Quadratmeter“ gespeichert werden können. Nach EC (2012a) wird für einen „uneingeschränkt funktionsfähigen Boden“ eine Speicherkapazität von bis zu 3750 Tonnen Wasser pro Hektare spezifiziert. Dieses gespeicherte und zu einem grossen Teil für Pflanzen verfügbare Wasser

hilft Dürreperioden zu überdauern und verringert die Notwendigkeit künstlicher Bewässerungen (EC 2012a). Durch den geringeren Anteil an Vegetation auf und Wassergehalt im Boden reduziert sich zudem die Evapotranspiration sowie die Interzeption, also die Rückhaltung und Verdunstung von Niederschlag an Blättern (Whitford et al. 2001; Haase 2009). Bernatzky (1983, zit. in: Bolund & Hunhammar 1999) schätzte, dass der Anteil des in den Oberflächenabfluss gehenden Niederschlags in beplanten Gebieten bei 5 bis 15 Prozent, auf unversiegelten, aber vegetationsfreien Flächen hingegen bei rund 60 Prozent liegt. Als Folge dieser Veränderungen im Wasserhaushalt geht der anfallende Niederschlag direkt und ohne Verzögerung in den Abfluss (Abb.2-3). Untersuchungen von Thalmann (2012) für die Ortschaft Schlieren zeigen, dass gerade die versiegelten Industriezonen eine sehr grosse Menge an Oberflächenabfluss generieren. Die Kombination von verkürzter Zeitspanne bis zum Abfluss auf der einen und grösseren Mengen an Oberflächenabfluss auf der anderen Seite, kann höhere Abflussspitzen in Fliessgewässern und damit eine gesteigerte Wahrscheinlichkeit von Überschwemmungen und Ufererosion nach sich ziehen (Whitford et al. 2001; EC 2012a). Dies ist insbesondere von Bedeutung, da bis 2050 zumindest in den Wintermonaten und teilweise in den Übergangsjahreszeiten eine Zunahme der Niederschlagsmenge an sich (Frei 2004) sowie der mittleren Intensitäten und Häufigkeit von Starkniederschlägen (OcCC 2003) erwartet wird.

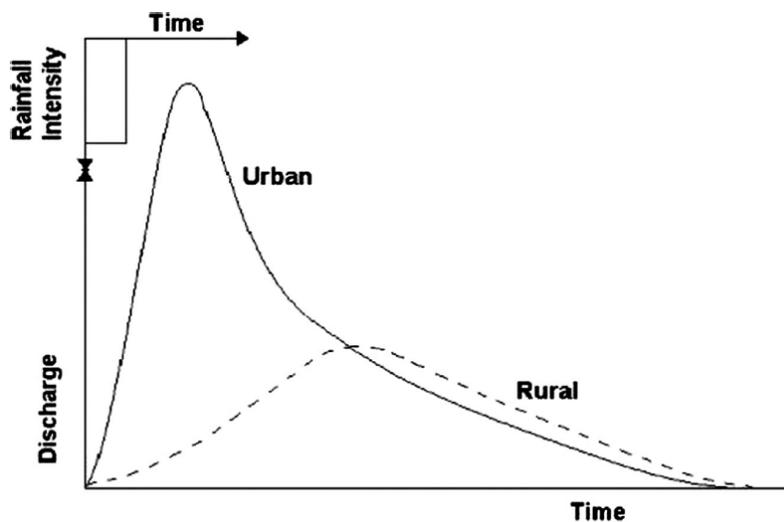


Abb. 2-3 Hydrograph einer urbanen und einer ruralen Region (Darstellung nach Dams et al. 2009)

Die Bebauung von Flächen betrifft, aber auch Bereiche, die natürlicherweise als Überschwemmungsebenen und Retentionsgebiete dienen würden. Dies verringert wiederum die Möglichkeit einer Versickerung und Speicherung des Wassers im Boden und erhöht gleichzeitig das Risiko von Hochwasserschäden an Bauten (EC 2012a). Eindrücklich zeigen dies die Beispiele des Rheins und der Elbe, bei welchen nur noch 20 respektive 14 Prozent der natürlichen Überschwemmungsebenen vorhanden sind, dafür gleichzeitig die hochwassergefährdete Fläche, durch das Bauen in entsprechende Gebiete, deutlich zugenommen hat (EEA 2010).

Den hohen Abflussvolumen und verschwindenden natürlichen Überschwemmungsgebieten wird vermehrt mit technischen Massnahmen begegnet. Diese sind, wie Überlegungen von Hoins & Hunziker (2006) zeigen, aber meist sehr kostspielig und sind eher Symptom- als Ursachenbekämpfung (vgl. Box 2-1).

Box 2-1 Hypothetische Kosten für Kompensationsmassnahmen, ausgelöst durch die fehlende natürliche Wasserspeicherung im Boden aufgrund der Versiegelung

- **Durchschnittlich überbaute Fläche an Bauzonen pro Tag im Kanton Zürich (1991-2006)**
(nach Hoins & Hunziker 2006): 400m^2

- **Speicherkapazität eines „uneingeschränkt funktionsfähigen Bodens“ nach EC (2012a):**
 $3750\text{ t Wasser pro ha Bodenfläche} \triangleq 0.375\text{ m}^3\text{ Wasser pro m}^2\text{ Bodenfläche}$
(wobei nach DAMG et al. (1977) gilt: $1\text{ t} \triangleq 1000\text{ l} \triangleq 1\text{ m}^3$ und $1\text{ ha} \triangleq 10^4\text{000 m}^2$)

Täglicher Verlust an Wasserspeichervermögen im Boden durch Bauzonenüberbauung im Kanton Zürich (1991-2006):

$$\text{Flächenverlust} * \text{Speicherkapazität pro Fläche} = 4000\text{m}^2 * 0.375 \left[\frac{\text{m}^3}{\text{m}^2} \right] = 1650\text{m}^3$$

- **Kosten für Hochwasserrückhaltebecken mit 85000 m^3 Fassungsvermögen in der Gemeinde Marthalen, Kanton Zürich (Jahr 2004) (Hoins & Hunziker 2006):**

3.8 Mio Franken.

Benötigte Tage um das Rückhaltebecken mit dem zusätzlichen Wasser aus dem Verlust des natürlichen Wasserspeichers Boden zu füllen:

$$\frac{\text{Fassungsvermögen}}{\text{Täglicher Speicherverlust}} = \frac{85000\text{m}^3}{1650\frac{\text{m}^3}{\text{d}}} = 51.5\text{ d}$$

Täglich aufzuwendende Kosten für Kompensationsmassnahmen:

$$\frac{\text{Kosten für das Rückhaltebecken}}{\text{Benötigte Fülltage}} = \frac{3'800'000\text{ Fr.}}{51.5\text{ Tage}} = 73'765\text{ Fr./Tag}$$

Um Wassereinzugsgebiete zu schützen oder zu renaturieren, werden in Amerika verschiedentlich Waldstrassen geschlossen. Hintergrund ist der Fakt, dass Einzugsgebiete mit dichtem Strassennetz, aus obigen Gründen, erhöhte Sedimentation und Spitzenabflüsse zeigen (Luce 1997). Nebst der blossen Schliessung und dem kompletten Rückbau der Strasse ist das Aufbrechen der kompaktierten Schicht der befestigten Wege zur Förderung der Infiltration, weit verbreitet (Luce 1997). Messungen von Luce (1997) belegen, dass auch wenn die Werte nicht jene eines natürlichen Bodens erreichen, diese Metho-

de mit nur teilweiser Lockerung der verdichteten Schicht, bereits eine signifikante Steigerung der hydraulischen Leitfähigkeit auslöste. Auf lange Sicht jedoch braucht es bei dieser Methode eine Vegetationsbedeckung auf den entsiegelten Teilflächen, um eine abermalige Versiegelung, durch die Bildung einer kolmatierten Bodenschicht, zu verhindern (Luce 1997). Nichtsdestotrotz zeigt diese Herangehensweise, dass die Infiltrationsfähigkeit eines Bodens nach einer Versiegelung infolge einer Verdichtung zu einem grossen Teil wiederhergestellt werden kann.

Filter- und Pufferkapazität

Nicht nur die Quantität im Wasserhaushalt wird durch die Versiegelung beeinträchtigt, sondern auch die Qualität. Tonmineralien und organische Stoffe im Boden dienen als Filter und Puffer für das Sickerwasser und können Feinstaub und weitere lösliche Schadstoffe aufnehmen. Andere Schadstoffe werden von Mikroorganismen zersetzt. Dem Boden kommt so eine wichtige Reinigungsfunktion zu. Er verhindert zu einem grossen Teil den Eintrag von Schadstoffen in Oberflächengewässer sowie in das Grundwasser (EC 2012a). Feuchtgebiete eignen sich besonders für die Behandlung von verschmutztem Wasser (Bolund & Hunhammar 1999). Shutes (2001) beziffert die Effizienz bei krankheitserregenden Mikroorganismen mit 90 Prozent, bei organischem Material und Feststoffen mit 80 Prozent und bei Nährstoffen mit knapp 60 Prozent, welche durch das Zusammenspiel von Boden, Vegetation und Tieren abgebaut werden können.

Bedingt durch den grösseren Oberflächenabfluss und die dabei zusätzlich aufgenommenen Verunreinigungen ergeben sich auch höhere Anforderungen an die Kanalisation sowie die Abwasserbehandlung (Haase 2009). Der Bau und Unterhalt solcher Anlagen zieht grosse Kosten nach sich, welche durch die konsequente Nutzung besagter Ökosystemleistungen reduziert werden könnten (Bolund & Hunhammar 1999). So errechnete Gren (1995) bei einer Abwasserreinigung (Stickstoff) durch die Renaturierung von Feuchtgebieten eine Kosteneinsparung von 20 Prozent gegenüber der Behandlung in einer Kläranlage.

Regionale bzw. lokale Klimaregulierung

Landnutzungsänderungen und insbesondere die Ausbreitung von urbanen Gebieten verändern regionale Klimagegebenheiten in starkem Masse (Foley et al. 2005; BAFU 2013b). Verschiedenste Studien haben gezeigt, dass der Prozess der Urbanisierung mit lokal und regional höheren Temperaturen in Verbindung steht (Bonan 2002). Dieses Phänomen der höheren Temperaturen in urbanen gegenüber suburbanen und ruralen Gebieten wird gemeinhin als „Urban Heat Island“ bezeichnet (Santamouris 2013). Je nach Charakteristik der lokalen Gegebenheiten wird der Effekt auf bis zu 10°C geschätzt (Zouli et al. 2009). Kalnay & Cai (2003) spezifizieren, dass die Erwärmung, aufgrund des Freiwerdens der am Tag in der Bausubstanz gespeicherten Wärmeenergie, vornehmlich nachts auftritt. Am Tag, so die Autoren, kann, unter anderem durch den Schattenwurf der Gebäude, eher ein minimaler Kühleffekt beobachtet werden.

Nebst sekundären Auslösern wie den anthropogenen Wärmequellen (Autos, Gebäudeheizungen, etc.) und der gesteigerten langwelligen Einstrahlung aufgrund von Gasen und Aerosolen in der Luft, werden als Gründe für die höheren Temperaturen in der Stadt vor allem die Morphologie der Gebäude und die veränderten Oberflächeneigenschaften genannt (Bonan 2002). Eine Entfernung der Vegetation und anschliessende Versiegelung hat dadurch einen Einfluss auf verschiedene Parameter der Oberflächenenergiebilanz, wie die Albedo, die Wärmekapazität und Wärmeleitfähigkeit oder die latente bzw. fühlbare Wärme (Bonan 2002; Santamouris 2013). So wird beispielsweise durch das oben beschriebene, infolge der Bodenversiegelung, geringere Feuchtigkeitsangebot im Boden und der Vegetation, ein kleinerer Teil der einfallenden Energie in latente Wärme (Evapotranspiration) umgewandelt, wodurch sich deren relativer Kühleffekt vermindert. Gleichzeitig vergrössert sich der Teil, der in fühlbare Wärme umgesetzt wird und der asphaltierte Boden sowie die bodennahen Luftschichten erwärmen sich (Zoulia et al. 2009). Wie gross der Kühleffekt der Vegetation sein kann, zeigen die Beispiele in Box 2-2 aus EC (2012a).

Box 2-2 Kühleffekt von urbaner Vegetation vor dem Hintergrund des alternativen Energiebedarfs (nach EC 2012a)

- (i) Die Verdunstung von 400l Wasser, was rund der Verdunstung eines Baums mit dem Kronendurchmesser von 10m pro Tag entspricht, benötigt 280 kWh Solarenergie. Dies entspricht der Kühlwirkung von mehr als 10 Klimaanlage.
- (ii) Die Energie, die für die Verdunstung des in einem 1ha grossen Boden mit hohem Wasserhaltevermögen (4800m³) gespeicherten Wassers benötigt wird, entspricht in etwa dem jährlichen Verbrauch von 9000 Tiefkühlgeräten, also rund 2.5 Mio. kWh. Bei einem Strompreis von 19.4 Rp/kWh (in der Schweiz von einem Durchschnittshaushalt bezahlter Strompreis im Jahr 2013 (ELCOM 2012)) kann eine Versiegelung dieser Fläche Kosten von ca. 485'000 Fr. pro Jahr verursachen.

Die Schaffung urbaner Grünräume wird als eine mögliche Massnahme angesehen, um dem urban heat island-Effekt, vor allem auch vor dem Hintergrund erwarteter häufigerer Hitzewellen, zu begegnen (Zoulia et al. 2009; EC 2012a). Wichtig zu beachten ist, dass nicht die Grösse eines städtischen Grünraums, sondern deren Anzahl dafür ausschlaggebend ist. So hat sich gezeigt, dass die Kühlwirkung mehrerer kleiner Offenflächen grösser ist, als ein grosses Gebiet mit der gleichen Fläche (US EPA 2008). Abbildung 2-4 zeigt diese Kühlwirkung und den urban heat island-Effekt anhand von satellitenbasierten Karten von Baltimore in den USA. In Teilkarte a.) ist der Überbauungsgrad der Oberfläche abgebildet. Je dunkler das Rot, desto grösser ist der Anteil mit Zement und Asphalt versiegelter Flächen. Weisse Flächen sind grösstenteils vegetationsbedeckt. Teilkarte b.) zeigt im selben Ausschnitt die Oberflächentemperatur, mit tiefen Werten blau und hohen rot kodiert (Earth Observatory 2008). Zu

sehen ist, dass die am meisten versiegelten Flächen auch die höchsten Temperaturen erreichen und im Gegensatz dazu tiefe Temperaturen in vegetationsbedeckten Gebieten zu finden sind.

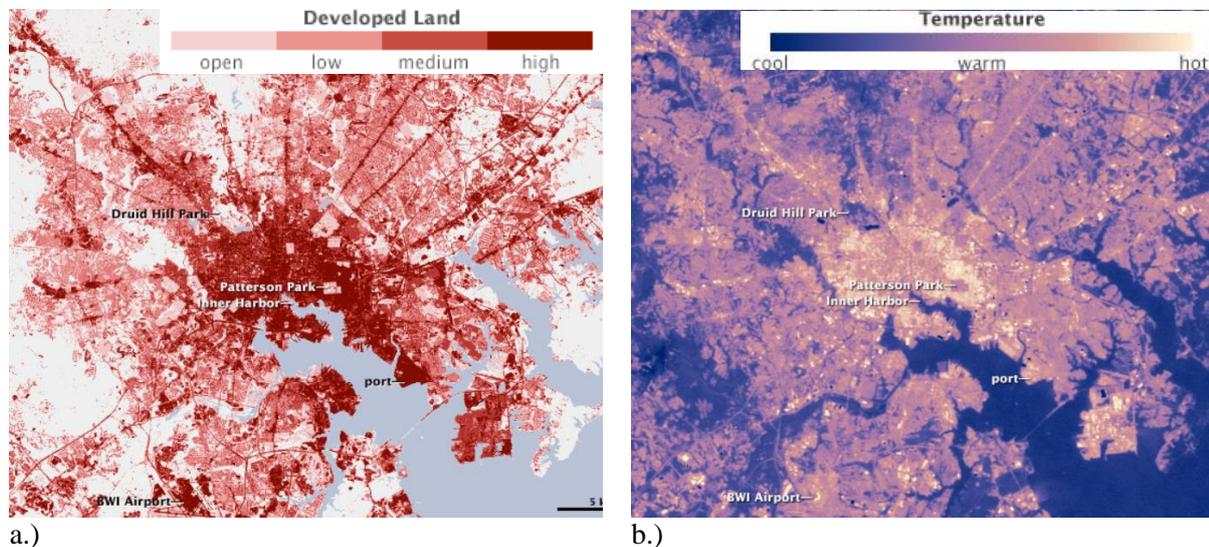


Abb. 2-4 *Beziehung zwischen dem Oberflächentyp und der Oberflächentemperatur in Baltimore, USA. a) Bodenversiegelungsgrad (abgeleitet aus Landbedeckungsdaten von Landsat 7 zwischen 01.01. und 31.12.2001), b) Oberflächentemperatur (ETM+ auf Landsat 7, 01.08.2001) (Darstellung nach Earth Observatory 2008).*

Kohlenstofffixierung

Böden spielen eine zentrale Rolle im globalen Kohlenstoffkreislauf. So wird geschätzt, dass global rund 1500 Pg organischer Kohlenstoff in den terrestrischen Böden gespeichert sind, was rund „80% der terrestrischen organischen Kohlenstoffvorräte, die am aktiven C-Kreislauf teilnehmen“ (Blume et al. 2010) entspricht. Knapp die Hälfte davon (700 Pg) fallen auf die ersten 30cm (Blume et al. 2010), also den Oberboden und sind somit von Bautätigkeiten direkt betroffen (EC 2012a). Durch eine Versiegelung des Bodens wird er vom C-Kreislauf abgeschnitten, wodurch dessen Fähigkeit zur Bindung des Kohlenstoffs in der Atmosphäre verloren geht (Leifeld 2006; EC 2012a; BAFU 2013b; Bastian et al. 2013). Da mit der Versiegelung jeweils auch eine Entfernung der Vegetation einher geht, wird zudem die „Kohlenstoffspeicherung durch die Vegetation“ (EC 2012a) beeinträchtigt. Bei Baumassnahmen wird gemeinhin der grösste Teil des Oberbodens abgetragen. Dieser kann durch die daraus resultierende verstärkte Mineralisierung einen bedeutenden Teil des organischen Kohlenstoffs verlieren. Dementsprechend wäre ein mögliches Argument, dass durch die Bodenversiegelung kein Kohlenstoff mehr vom Boden an die Atmosphäre abgegeben werden könnte, nicht stichhaltig (EC 2012a). Zur gleichen Folgerung gelangten Eigenbrod et al. (2011), welche für Grossbritannien zeigten, dass bei einer weiteren Zersiedelung der Landschaft der Verlust des gespeicherten Kohlenstoffs etwa dreimal höher ist, als bei einer konsequenten Verdichtung urbaner Gebiete.

Luftqualität und Lärm

Siedlungsräume weisen, infolge hohen Verkehrsaufkommens und Heizsystemen, oftmals eine hohe Schadstoffbelastung in der Luft auf. Dies wird als eines der grössten Umwelt- und Gesundheitsprobleme in urbanen Räumen angesehen (Bolund & Hunhammar 1999). Grünräume haben das Potenzial, einen Beitrag zur Linderung der Problematik zu leisten (siehe Box 2-3). Insbesondere grosse Bäume und Sträucher filtern Schwebstaub und in einer untergeordneten Masse auch gasförmige Schadstoffe (durch Absorption) aus der Luft und beeinflussen zudem indirekt, über die Modifizierung von Windgeschwindigkeit- und turbulenz die Luftqualität (Bolund & Hunhammar 1999; Bruse 2003; EC 2012a).

Box 2-3 Monetärer Wert der Schadstoffregulierung durch Bäume

Nowak et al. (2006) schätzen die jährliche Schadstoffsenkung (O₃, PM₁₀, NO₂, SO₂, CO) durch Bäume in den Städteräumen der USA auf 711'000 t, was einem Kostenwert von 3.8 Milliarden US Dollar entspricht.

Eine weitere gesundheitsgefährdende Auswirkung des Strassenverkehrs ist der Lärm. Ein zentraler Faktor für dessen Ausprägung ist nebst der Distanz zur Lärmquelle die Oberflächenbeschaffenheit und -gestaltung der Umgebung (Bolund & Hunhammar 1999). Bolund & Hunhammar (1999) halten fest, dass das Vorhandensein einer Wiese im Unterschied zu einer Betonoberfläche den Lärmpegel herabsetzt. Eine zusätzliche lärmschützende Wirkung erhält die Grünfläche, wenn die vertikale Komponente der Vegetation noch mehr ausgeprägt ist, also Bäume oder Büsche gepflanzt werden. Dabei wird die Wirkung mit grösserer Anzahl und Dichte der Vegetation erhöht (Bolund & Hunhammar 1999).

Auswirkungen auf die biologische Vielfalt

Die biologische Vielfalt oder auch Biodiversität wird vom Millennium Ecosystem Assessment wie folgt definiert:

„The variability among living organisms from all sources, including terrestrial, marine, and other aquatic ecosystems and the ecological complexes of which they are part. It includes diversity within and between species and diversity of ecosystems“ (MEA 2003).

Die biologische Vielfalt kann als Grundlage für viele Ökosystemleistungen angesehen werden. Sie beeinflusst unter anderem die Produktion von Biomasse, die genetischen Ressourcen oder die Stoffkreisläufe (MEA 2003). Auch eröffnet der ästhetische Wert diverser Landschaften und Ökosysteme die Möglichkeit der Erholung und gibt einen Beitrag zum Wohlbefinden der Menschen (Mathey & Rink 2010). Gleichzeitig hat sie aber auch einen intrinsischen Wert, „unabhängig von menschlichen Belangen“ (MEA 2003).

Eingriffe in Ökosysteme können die Biodiversität negativ beeinflussen und demnach folgenschwere Auswirkungen nach sich ziehen. Verschiedene Studien haben denn auch nachgewiesen, dass ein direkter Zusammenhang zwischen Veränderungen der Biodiversität und dem Funktionieren von Ökosystemen besteht (MEA 2003). Die Bodenversiegelung wirkt sich in vielerlei Hinsicht negativ aus. Viele Bodenfunktionen, wie die Zersetzung organischer Stoffe, die Kohlenstoffbindung oder die Wiedergewinnung von Nährstoffen, werden von Pflanzen, Tieren und Mikroorganismen erbracht, die im Boden selbst leben. Zusätzlich tragen sie auch zu einer Optimierung bodenphysikalischer Bodenparameter bei (EC 2012a). Eine Versiegelung des Bodens entzieht den Bodenlebewesen wichtige Lebensgrundlagen, wie Wasser, Sauerstoff und Biomasse als Energielieferant und verhindert den dortigen „Zugang zum Genpool von Bodenmikroorganismen“ (EC 2012a).

Böden sind nicht nur Lebensraum für unterirdische Lebewesen, sondern bieten auch „Lebensraumstrukturen, Nahrungsgebiete und Brut- und Nistgebiete“ (EC 2012a) für oberirdisch lebende Arten. Je grösser die Menge und Vielfalt in der Horizontal- und Vertikalstruktur von Pflanzenbeständen (vgl. Sundermeier 1997) ist, desto grösser ist auch die biologische Vielfalt (EC 2012a). Die Bodenversiegelung bedeutet, durch den Wegfall entscheidender Bodenfunktionen und Oberflächenbeschaffenheit, in den meisten Fällen den direkten Verlust natürlicher Habitatsstrukturen. Gleichzeitig ziehen besonders lineare Versiegelungsstrukturen, wie Strassen und Bahnlinien, weitergehende negative Auswirkungen nach sich. Durch ihre Barrierewirkung stellen sie Hindernisse im Aktionsradius vieler Wildtiere dar (EC 2012a). Auch Todesfälle infolge Kollisionen mit Fahrzeugen auf Strassen sind für gewisse Arten eine nicht zu vernachlässigende Gefährdung (Di Giulio et al. 2009; Llausàs & Nogué 2012). Zudem tragen lineare Strukturen aber auch grundsätzlich die Ausdehnung von Siedlungsgebieten zur Unterteilung der Landschaft in kleinere, voneinander getrennte Flächen bei. Dies wird als Zerschneidung oder Landschaftsfragmentierung bezeichnet (EC 2012a; BAFU 2013a). Die Isolation von Populationen kann in gewissen Fällen zur Verarmung des Genpools und dadurch zur Inzucht führen (Di Giulio et al. 2009; Llausàs & Nogué 2012). Weiter kann die Abnahme der Patchgrössen auch dazu führen, dass diese zu klein sind für das Überleben einer lokalen Population (Di Giulio et al. 2009).

Eine Entsiegelung von Flächen und damit eine Rückgewinnung von Habitatflächen hat das Potenzial, einen Beitrag zur Erhaltung der Biodiversität zu leisten. Dies insbesondere im städtischen Gebiet, wo natürliche Flächen an sich dünn gesät sind. Mathey & Rink (2010) beschreiben, dass städtische Brachflächen, welche aufgrund fehlender Pflegemassnahmen von Vegetation überwuchert wurden, einen grossen Beitrag zur Erhaltung und Förderung der Biodiversität leisten können. Gerade die Nutzung der Flächen für die Interkonnektivität von Habitaten hat das Potenzial eine neue Qualität der Biodiversität in Städten zu leisten. Dieselben Resultate, jedoch für entsiegelte städtische Industrieflächen, stellte auch De Sousa (2003) fest.

2.2.2 Auswirkungen auf die *Provisioning Services*

Nahrungsmittelproduktion

Siedlungskörper sind historisch, bedingt durch den Wunsch möglichst kurzer Distanzen zwischen Produktions- und Wohnort, vorwiegend in Gebieten mit hoher Bodenfruchtbarkeit entstanden (EC 2012a). Siedlungsausdehnungen betreffen oft auch heute noch sehr fruchtbare Gebiete. Die von der Versiegelung am stärksten betroffene Bodennutzungs-kategorie sind mit knapp 90 Prozent die landwirtschaftlichen Nutzflächen und generell qualitativ gute Böden (BFS 2011; BFS 2013a). Ein Teil des Verlustes von landwirtschaftlichen Nutzflächen kann der Vergandung vor allem in den Gebirgsregionen zugeschrieben werden. Mengenmässig ist dieser Verlust jedoch weit weniger bedeutsam als jener aufgrund von Überbauung (Mann 2008), welcher einen Anteil von zwei Dritteln ausmacht (BAFU 2013a). Für die Bodenfruchtbarkeit entscheidende Bodeneigenschaften werden durch die Versiegelung stark beeinflusst und gestört. Durch die Bodenverdichtung, welche als Folge der Bodenversiegelung und der anschliessenden Nutzung eintritt, werden Hohlräume sowie die Krümelstruktur des Bodens zerstört. Dabei wird der Gasaustausch, die Verfügbarkeit von Pflanzennährstoffen, die Wasserspeicherung und der Wassertransport im Allgemeinen verschlechtert (BAFU/BFS 2011). So kann gefolgert werden, dass betroffene Landwirtschaftsböden nicht nur in ihrer Quantität, sondern auch in der Qualität betroffen sind. Diese Entwicklung hat Folgen von direkter wie auch indirekter Natur. Benötigte Nahrungsmittel fallen weg (siehe Box 2-4) und ferner ergibt sich ein grösserer Arbeitsaufwand und höhere Transportkosten zu den Märkten, weil auf Böden minderer Qualität ausgewichen werden muss (Francis et al. 2012). Es zeigt sich, dass vor allem städtische Kantone mit starkem Bevölkerungswachstum bereits Probleme bekunden, Böden mit der Qualitätsanforderung einer Fruchtfolgefläche (FFF) („agronomisch besonders wertvoller Teil des für die landwirtschaftliche Nutzung geeigneten Kulturlandes der Schweiz“ (ARE 2006)) auszuscheiden (Tobias 2013). Auf das breite Spektrum an weiteren Ökosystemleistungen, welche von landwirtschaftlichen Flächen ausgehen und bei deren Verlust ebenfalls verschwinden, soll hier nur kurz hingewiesen werden. Besagte Böden bieten unter anderem durch die Abschwächung der Kraft von Regen und Wind bei Vegetationsbedeckung einen Beitrag zur Reduzierung von Bodenerosion sowie zur Erhaltung der Biodiversität und der Erholungsnutzung (Francis et al. 2012).

Box 2-4 Verlust an Nettoprimärproduktion durch die Bodenversiegelung

Imhoff et al. (2004) schätzen den entstandenen Verlust der Nettoprimärproduktion in den USA als gleichbedeutend mit dem Kalorienbedarf von 16.5 Millionen Menschen. Gardi et al. (2012, zit. in: EC 2012a) haben für die 19 Mitgliedsstaaten der Europäischen Kommission einen Verlust der landwirtschaftlichen Produktionskapazität von 6.1 Mio. Tonnen Weizen für den Zeitraum von 1990 bis 2006 berechnet.

Angebot von Trinkwasser aus nutzbarem Quell- und Grundwasser

Die Bereitstellung von Trinkwasser erfolgt in der Schweiz grösstenteils durch die Entnahme aus dem Grund- und Quellwasser. Dieses wird nebst der Infiltration aus Oberflächengewässern durch die „natürliche Versickerung eines Niederschlagsanteils“ gebildet (BUWAL 2004). Damit das Wasser Trinkwasserqualität aufweist und wie in der Schweiz sogar zur Hälfte unbehandelt ins Leitungsnetz gespiesen werden kann (Staub et al. 2011), sind verschiedene intermediäre Ökosystemleistungen, wie die oben genannte Filterung oder Versickerung, notwendig. Der 20 prozentige Anteil der Trinkwasserversorgung, welcher aus Seewasser generiert wird, kann nicht als Ökosystemleistung betrachtet werden, da dieses zur Qualitätssicherung mit grossem Aufwand in eigens dafür erstellten Anlagen aufbereitet werden muss (Staub et al. 2011). Mit diesen Anlagen muss also kostenintensiv in gewissem Sinne die natürliche Filter- und Reinigungswirkung der Böden ersetzt und kompensiert werden (siehe Box 2-5).

Box 2-5 Monetärer Verlust an Trinkwasser durch die Bodenversiegelung in der Schweiz

Pro Quadratmeter Boden wird in der Schweiz jährlich rund 400 l Grundwasser neu gebildet. Nimmt man einen durchschnittlichen Trinkwasserpreis von Fr. 1.70 pro Kubikmeter (entspricht 1000 l) Wasser an, ergibt dies auf einer Hektare Land jedes Jahr Grundwasser mit Verkaufswert von rund Fr. 6800.- (nach BAFU 2012a).

Insbesondere in Städten ist die Nachfrage nach Trinkwasser gross, was einen enormen Druck auf die Trinkwasserquellen, wie beispielsweise das Grundwasser, ausübt. So halten Bolund & Hunhammar (1999) fest, dass der hohe Grad an versiegelten Flächen, bei gleichzeitig hoher Entnahme von Grundwasser, den Grundwasserspiegel in vielen städtischen Regionen absinken lässt. Gleichzeitig fallen in Städten grosse Mengen Abwasser an. Kennedy et al. (2007) beziffern dessen Anteil auf 75 bis 100 Prozent des totalen Wasserabflusses. Wird das Abwasser nicht genügend gereinigt, zieht dies Verschmutzungen des natürlichen Grundwassers vor Ort nach sich. Betroffene Städte müssen auf Aquifere in deren Umland ausweichen. Eine fortschreitende Ausdehnung der Stadtgebiete an sich wie auch die räumlich weitgreifenden Auswirkungen lokaler Handlungen in der Stadt gefährden dementsprechend die Trinkwasserversorgung. Dies geschieht mit einer grösseren Ausdehnung in Stadt- wie auch Landregionen als auf den ersten Blick ersichtlich (Tobias 2013).

2.2.3 Auswirkungen auf die *Cultural Services*

Erholungseignung

Ein grosser Teil der Bevölkerung lebt heute in urbanen Räumen. Gemäss EEA (2006) sind dies in Europa bereits 75 Prozent. Dasselbe gilt für die Schweiz, wo es im Jahr 2012 knapp drei Viertel der Wohnbevölkerung waren (BFS 2013b). Prognosen zeigen, dass sich dieser Trend auch die nächsten Jahrzehnte fortsetzen wird (EEA 2006). In diesem Zusammenhang rückt die Wichtigkeit von urbanen

und periurbanen Grünräumen für den „Kontakt mit der Natur“ und die Naherholung zunehmend in den Fokus (Ode & Fry 2006; EC 2012a). Nebst dem ökologischen und naturschutzfachlichen Mehrwert, stellen Grünräume „durch die Verknüpfung von wirtschaftlichen, sozialen und städtebaulichen Aspekten“ beispielsweise einen „Motor für eine integrierte Stadtentwicklung dar“ (BMVBS/BBR 2009). Diese Ökosystemleistung wird als entscheidend für die Gesundheit und das Wohlergehen der Bevölkerung angesehen (Matsuoka & Kaplan 2008; Kienast et al. 2009; Kienast et al. 2012; Tobias 2013). So zeigten De Vries et al. (2003), dass ein positiver Zusammenhang zwischen der Verfügbarkeit von Grünräumen in der Wohnumgebung und der psychophysischen Gesundheit besteht. Dieser Befund wird vor allem mit der Steigerung der körperlichen Aktivität und der Verbesserung der Luftqualität in Verbindung gebracht. Weiter können Freiflächen auch ein Standortfaktor mit ökonomischem Wert für die umliegenden Gebiete sein (Choumert & Salanié 2008; Siikamäki & Wernstedt 2008). Auf grösserem Massstab trägt eine unberührte Landschaft zudem zur Positionierung eines Landes als attraktive Tourismusregion bei (BAFU 2013b).

Qualitätsfaktoren, die zusammen mit einer positiven Freizeit- und Erholungsnutzung genannt werden, basieren häufig auf dem Vorhandensein intakter natürlicher Strukturen (Matsuoka & Kaplan 2008). Für die passive wie auch aktive Erholung werden Naturräume, wie Wald- und Flusslandschaften aber auch landwirtschaftlich genutzte Räume gegenüber anthropogen überprägten Stadtlandschaften bevorzugt. Zusätzlich fördern sie nach Matsuoka & Kaplan (2008) soziale Interaktionen und führen damit zu einem „Gemeinschaftsempfinden“. Es erstaunt daher nicht, dass die Entscheidungen zum persönlichen Wohnort auch davon geleitet werden. Zwar geschieht dies hauptsächlich aufgrund von Faktoren wie der Charakteristiken der Nachbarschaft und der Erreichbarkeit öffentlicher Einrichtungen, doch spielt vor allem bei einkommensstarken Bevölkerungsgruppen und in den ländlichen Regionen die Natur als Standortfaktor eine grössere Rolle (Vogt & Marans 2004). So erwiesen sich besonders „sonnige und ruhige Orte mit freier Sicht auf die natürliche Landschaft, insbesondere offene Wasserflächen sowie städtische Parks“ (Tobias 2013) als attraktiv. Die Nachfrage nach Erholungs- und Wohnraum bezieht sich somit auf dieselben Landschaftsqualitäten. Der Spagat zwischen dem Anspruch der unberührten Landschaft auf der einen und dem Erstellen von Wohngebäuden in eben dieser auf der anderen Seite ist aber offensichtlich nicht möglich. Die Siedlungsausdehnung und Versiegelung von Böden beeinträchtigt also genau jene Räume, die für eine andere entscheidende Nutzung bevorzugt werden. Buchecker et al. (2012) halten denn auch fest, dass sich aus der Verknappung des Naherholungsangebots bereits heute Anzeichen für eine Übernutzung ergeben und aufgrund dessen teilweise eine Abnahme der Häufigkeit von Naherholungsaktivitäten beobachtet werden kann. Soll die Naherholung gestärkt werden, müssen „attraktive naturnahe Gebiete in Siedlungsnähe“ erhalten, aufgewertet oder zugänglich gemacht werden (Buchecker et al. 2012). Da die für Wohnzwecke nachgefragten Gebiete, mit idealerweise einem Mix aus Nähe zu den städtischen Annehmlichkeiten und gleichzeitig der ländlichen Idylle, oft am Rand bestehender Siedlungskörper liegen, kann dies grundsätzlich als ein Grund für die beobachtete Ausdehnung der Siedlungsfläche genannt werden (Tobias 2013).

Landschaftsästhetik als identitätsstiftender Faktor

Ästhetische Landschaften werden als entscheidend für verschiedene Qualitäten des Raumes angesehen (Thalmann 2012). Zusammen mit sozialen und individuellen Gegebenheiten wirken sie zur Stärkung der Identität und Ortsbindung, aber auch als positiver Faktor für den Wirtschaftsstandort und die Gesundheitsförderung (Kienast et al. 2013). Auf grossem Massstab tragen sie demnach auch zur Positionierung eines Landes als attraktive Tourismusregion bei (Grêt-Regamey et al. 2007; BAFU 2013b). So bezeichnet Ewald (2001) den Tourismus, speziell in der Schweiz, als „Marketing der schönen Landschaften“. Zentrales Element zur Ausprägung einer ästhetischen Landschaftsqualität ist nebst Faktoren wie Vielfalt, Gliederung, Eigenart und Ferne auch die Naturnähe (Nohl 2001, zit. in: Thalmann 2012). Je grösser der menschliche Einfluss, desto geringer ist die Naturnähe. Die Wahrnehmung von Naturnähe wird demnach besonders durch technisierte Landschaften gestört (BAFU 2013b), welche durch Gebäude, ausgedehnte Bodenversiegelung sowie intensiv genutzte Flächen, aber auch „regelmässige geometrische Muster“ (Nohl 2001, zit. in: Thalmann 2012) charakterisiert sind. Ewald (2001) stellt fest, dass diese Faktoren tatsächlich auch eine Abnahme der wahrgenommenen Ästhetik der Schweizer Landschaften nach sich gezogen hat. Auch Industriebrachen können daher negative Auswirkungen haben. Nebst deren Charakter als bebaute Fläche wird ein allfällig maroder Zustand der Gebäude, infolge Aufgabe der Nutzung und des Unterhalts, zusätzlich als störend empfunden (TMLFUN 2009). So nennt De Sousa (2006) die visuelle Attraktivität als einen der Hauptgründe für eine Entsiegelung von Brachflächen.

3 Methodik und Daten

3.1 Literaturrecherche

Für die Forschungsfrage FF₁ (vgl. Kapitel 1.2) wurde eine Literaturrecherche bezüglich Entsiegelungsprojekten in der Schweiz und dem Ausland durchgeführt. Nachdem in einem ersten Schritt nach allgemeinen, mit der Thematik verwandten Schlagwörtern gesucht wurde, weitete sich die Recherche anschliessend auf in den Artikeln erwähnte Begriffe und zitierte Publikationen aus. Zusätzlich wurde bei prominent auftretenden AutorInnen nach weiteren im Zusammenhang stehenden Publikationen desselben Autors gesucht. Thomson Reuters (ISI) Web of Knowledge, das Rechercheportal (www.rechercheportal.ch) von Bibliotheken und weiteren Informationsbeständen der Schweiz sowie die Internetsuchmaschine Google dienten als Recherchemedien. Google war, wie bereits von Tobias (2013) festgehalten, besonders nützlich im Finden von Behördenberichten.

3.2 Untersuchungsgebiet

Wie einleitend erwähnt, wurde die Potenzialabschätzung auf zwei unterschiedlichen räumlichen Ebenen in der Schweiz vollzogen. Unterschiedliche Muster der vormaligen Nutzungen auf den Brachflächen führen dazu, dass die Charakteristika und Lage der Areale unterschiedlich ausgeprägt sind. So existieren diese nicht bloss im dicht besiedelten Raum, sondern auch entlegeneren Gebieten. Um eine Potenzialabschätzung zu vollziehen, welche diese Vielfalt abbildet, wurde ein gesamtschweizerischer Überblick angestrebt. Die Beschreibung von Ökosystemleistungen auf projektspezifischer Ebene bedingt wiederum auf die räumliche Ebene angepasste Daten und Methoden. Einige für die Fragestellung relevante Daten sind nur kleinmassstäblich verfügbar, weshalb zusätzlich punktuelle Vertiefungen für einzelne Areale durchgeführt wurden. Die komplementäre Betrachtung der Resultate der beiden Ebenen kann ferner praktische Erkenntnisse zum Einbezug des Rückbaus als Kompensationsmassnahme liefern.

3.2.1 Gesamtschweizerische Potenzialabschätzung

In stadtnahen oder innerstädtischen Gebieten der Schweiz hat sich die Fläche für die Industrie zum Teil markant reduziert. Zwischen 1985 und 2009 wurden 22.3 Prozent dieser Areale für Wohnzwecke umgenutzt. Im selben Zeitraum wurde gut ein Drittel zu besonderen Siedlungsflächen, zu welchen auch Industriebrachen gehören. Schweizweit hingegen zeigt sich ein gegenteiliger Trend mit zunehmender Fläche für Industrie und Gewerbe (BFS 2013a). Der Anteil der Siedlungsflächen in der Schweiz wird mit 7.5 Prozent beziffert (BFS 2013a). Von den vier Oberflächennutzungsarten der Arealstatistik (Siedlungsflächen, bestockte Flächen, Landwirtschaftsflächen, unproduktive Flächen) stellt dies den geringsten Anteil an der Gesamtfläche dar (BFS 2013a), weshalb die Zahl auf den ersten Blick auch

relativ gering erscheinen mag. Bedingt durch die Topographie (Alpen/Jura) hat die Schweiz jedoch auf vielen Landesteilen nur beschränkte Möglichkeiten der Bodennutzung (BFS 2013a). So zeigt sich, dass sich die Siedlungsflächen vor allem im Gebiet zwischen Genfer- und Bodensee konzentrieren und diesen Raum in den letzten drei Jahrzehnten zu einem der am stärksten besiedelten Räume Europas machten (BFS 2001). Der Versiegelungsgrad der Schweizer Siedlungsflächen liegt bei gut 60 Prozent (BFS 2013a).

Brachflächenstandorte

Die Grundlage für die Feststellung des Entsiegelungspotenzials von Brachflächen ist die Kenntnis über deren Standorte. In den Jahren 2007 bis 2008 hat das Beratungsunternehmen Wüest & Partner eine schweizweite Erhebung zu Industrie-, Bahn- und Militärbrachen durchgeführt. Die Resultate hiervon wurden 2008 vom Bundesamt für Raumentwicklung (ARE) in einem Brachenreporting (vgl. ARE 2008) dargestellt und publiziert. In diesem hoch dynamischen Setting der Umnutzung von brachliegenden Arealen ist der nun sechsjährige Datensatz jedoch als veraltet zu betrachten. Nachführungen wurden nicht vorgenommen und der Datensatz wird, laut Martin Vinzenz vom Bundesamt für Raumentwicklung (mündliche Mitteilung 02.09.2013), heute nicht mehr genutzt. Die Suche nach Alternativen erwies sich als schwierig. Anfragen bei den Kantonen Aargau, Bern und Zürich, der Stadt Aarau, der SBB sowie der armasuisse blieben ohne Erfolg. Stabile, systematische Datenlagen zu ungenutzten Industrie- und Gewerbearealen existieren bei diesen Stellen nicht. Claudio Hagen (schriftliche Mitteilung 23.09.2013) von der Abteilung Raumentwicklung des Kantons Aargau weist diesbezüglich auf die Schwierigkeit hin, dass die Eigentümer solcher Areale häufig die Zuschreibung ihrer Industriefläche als „Brache“ verneinen. Zudem sei die Dynamik im Bereich der Zwischen- und Umnutzungen stark ausgeprägt, was grosse Anstrengungen bezüglich der Aktualität stellen würde.

Gleichwohl konnten bei der Recherche einige relevante Informationen zusammengetragen werden. Auch wenn der Kanton Luzern sich weniger mit der „systematischen Erhebung und Beschreibung“, als mit deren „Mobilisierung und der standortgerechten Nutzung“ beschäftigt (André Duss, mündliche Mitteilung 03.10.2013), konnten eine Excelliste und weitere Dokumente zur Verfügung gestellt werden, worin pragmatisch die für sie relevanten Flächen für den Stand 2011 aufgeführt sind. Weiter gibt es mit Glarus einen Kanton, der über Kenntnisse seiner Brachenstandorte verfügt. In regelmässigen Abständen wird von ihnen eine Broschüre herausgegeben, welche eine Übersicht zu den Industriebrachen im Kanton bietet (vgl. Wifö GL 2013). Als Quelle mit den meisten Informationen zu Brachflächenstandorten erwies sich die Industriebrachen-Plattform Schweiz (www.brache.areale.ch), wo die Lage sowie zusätzliche Informationen über leer stehende Industrieareale aufgeführt sind (Einbezug des Brachenbestandes vom 21.11.2013). Die Areale werden von den Eigentümern, mit dem Ziel einer wirtschaftlichen Mobilisierung, auf der Plattform selbst erfasst. Die Areale für den Kanton Glarus, die auf der Plattform aufgeschaltet waren, wurden durch jene aus Wifö GL (2013) ersetzt.

Das Vorhandensein besagter Datensätze ermöglichte eine landesweite, grobmasstäbliche Erhebung des Potenzials von Brachflächen für Ökosystemleistungen. Ergänzt wurde der Datenpool mit militärischen Flugplätzen, die bekanntlich nicht mehr diesem Zweck dienen. Sie stammen aus Angaben der Kantone und aus der Brachen-Liste der Erhebung von Wüest & Partner (Wüest&Partner 2008). Für den besonderen Arealtyp der Flugplätze ist dies möglich, da sie aufgrund ihrer räumlichen Charakteristika im Gegensatz zu den restlichen aufgeführten Industriebrachen in einer Gemeinde eindeutig identifiziert werden können. Abbildung 3-1 zeigt die in diese Arbeit einflussenden 59 Brachenstandorte mit einer Gesamtfläche von rund 823.5 Hektaren. Eine detaillierte Auflistung der Standorte und ihrer Eigenschaften ist in Anhang A ersichtlich. Die betrachteten Brachflächen kommen in unterschiedlichen Landschaftsräumen vor, weshalb verschiedenartige naturräumliche Bedingungen an den einzelnen Standorten erwartet werden. In diesem Zusammenhang ist der resultierende Datensatz für die vorliegende Fragestellung sehr interessant. Da die einzelnen Flächen noch in keinem GIS-Datensatz vorhanden waren, wurden sie in einem ersten Schritt digitalisiert. Dies wurde auf Grundlage eines Orthophotos RGB der swisstopo aus dem Jahr 2013 mit einer 25cm Auflösung jeweils im Massstab 1:2'000 realisiert. Aufgrund der Trennung des Areals durch eine Strasse und die daraus folgende Unabhängigkeit der Teile, wurden zwei in der Quelle als eine angegebene Brachflächen („Tonwerk Passage“ in Lausen und „Legler & Co/Allmend“ in Diesbach), für die Auswertung jeweils nochmals unterteilt und als unabhängige Brachflächen betrachtet.

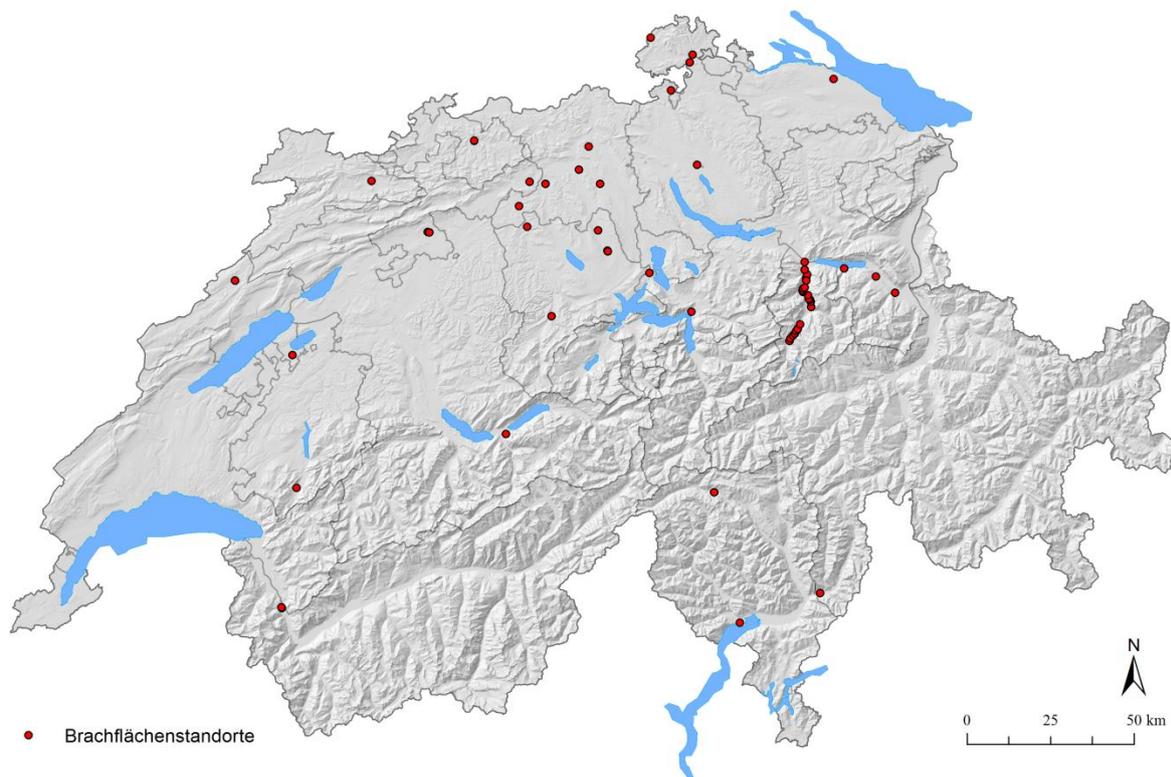


Abb. 3-1 Standorte der in dieser Studie verwendeten Brachflächen (eigene Darstellung; Quelle Kartengrundlage: DHM25 L2 © 2014 swisstopo (5704 000 000)/BFS GEOSTAT/Bundesamt für Landestopographie)

3.2.2 Punktuelle Vertiefung

Fallbeispielregion Kanton Aargau

Die Standorte der Fallstudienflächen im Kanton Aargau und deren Einbettung in die Umgebung sind in Abbildung 3-2 dargestellt. Die Wahl der Fallstudienareale im Kanton Aargau gründet auf dem Vorschlag von Claudio Hagen von der Abteilung Raumentwicklung des Kantons Aargau. Als Industriebrache wird das zurzeit brachliegende ehemalige RCI-Areal in Hausen/Lupfig verwendet. Als Bauprojekt mit Versiegelung einer grünen Fläche das neue Verteilzentrum von Coop in Schafisheim. Das Gebiet Birrfeld, wozu die Industriebrache in Hausen/Lupfig gezählt werden kann, gilt als eine der Schwerpunktregionen der landwirtschaftlichen Nutzung im Kanton Aargau, die sich vor allem auf die „Schotterebenen entlang der drei grossen Flüsse“ konzentrieren (FAL 1996).

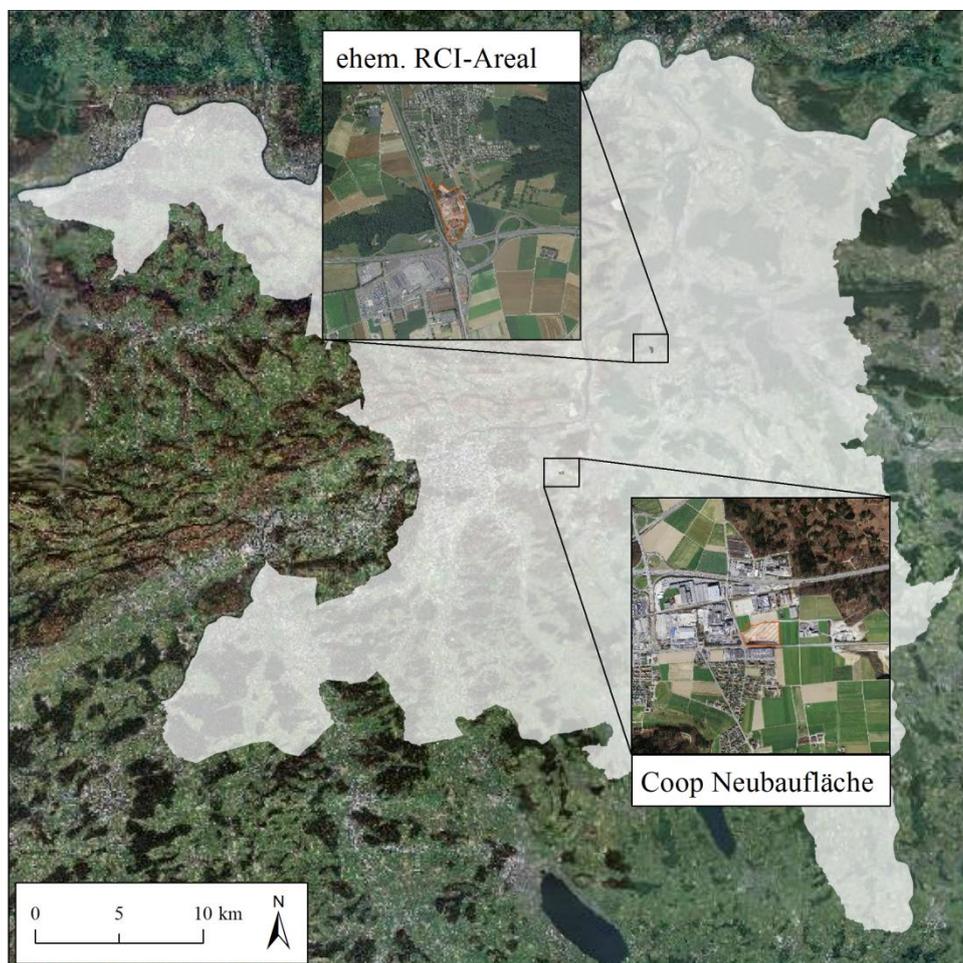


Abb. 3-2 Darstellung und räumliche Verortung der Fallstudienflächen im Kanton Aargau
(Quelle Kartengrundlage: swissimage © 2014 swisstopo (5704 000 000))

Fallbeispielregion Kanton Glarus

Als Bauprojekt wird im Kanton Glarus das Neubauprojekt der swisspor Gruppe in Niederurnen vertieft betrachtet. Diese plant, die Produktionsstandorte der zur Gruppe gehörenden Eternit AG (Niederurnen) und Wannerit AG (Bilten) an einem Ort zusammenzulegen, um so Synergien zu nutzen. Der vorgese-

hene Standort liegt in Niederurnen am Rande eines drainierten Riedgebietes und entlang der bestehenden Bahnlinie. Er ist bis dato zwar noch nicht definitiv festgelegt, doch wird mangels in Frage kommender Alternativflächen dieser verfolgt. Es wird von einer benötigten Fläche von 20 bis 22 ha ausgegangen (Jacqueline Thommen, mündliche Mitteilung 04.03.2014). Im Entwurf des kommunalen Richtplans der Gemeinde Glarus Nord (GRIP) wird die momentan der Landwirtschaft zugewiesene Fläche als Entwicklungsschwerpunkt (ESP) bezeichnet. Der Entwicklung wurden jedoch Auflagen gestellt, indem die Fläche „zweckgebunden für die Nutzung durch die Eternit (Schweiz) AG und zugehörige Industriebetriebe mit Synergiepotentialen reserviert“ (Gemeinde Glarus Nord 2013) ist. Bevor dem GRIP von der Gemeindeversammlung allenfalls zugestimmt wird und dieser in Kraft treten kann, muss er vom Gemeindeparlament behandelt werden. Mittels einer Anpassung des kommunalen Zonenplans muss zudem erst noch die Zonenkonformität einer Bebauung hergestellt werden (Jacqueline Thommen, mündliche Mitteilung 04.03.2014).

Als potenzielle Kompensationsflächen werden im Kanton Glarus drei Brachflächen berücksichtigt, die hinsichtlich ihrer Eignung beurteilt werden. Die Auswahl der Brachen basiert auf dem Anspruch der geographischen Diversität und der damit potentiell unterschiedlichen Eignungen. Es wurde deshalb je eine Brache aus den Gemeinden Glarus Nord, Glarus und Glarus Süd ausgewählt. In Glarus Nord wird gleich jenes Areal verwendet, welches nach der Realisierung des oben erwähnten Neubauprojekts und dem Umzug der Eternit AG frei werden würde. Es kann zwar zum jetzigen Zeitpunkt nicht als Brache bezeichnet werden, doch ist die Nachnutzung des Areals, gemäss Jacqueline Thommen (mündliche Mitteilung 04.03. 2014), momen-

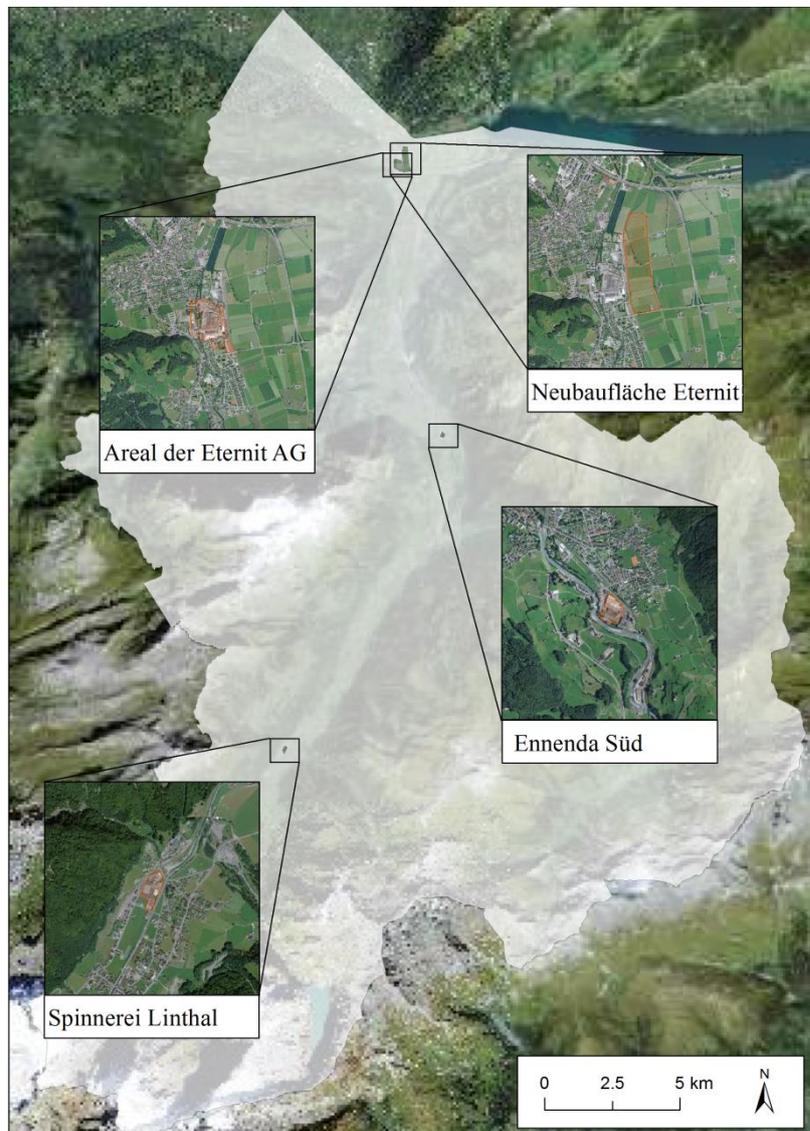


Abb. 3-3

Darstellung und räumliche Verortung der Fallstudienflächen im Kanton Glarus (Quelle Kartengrundlage: swissimage © 2014 swisstopo (5704 000 000))

tan noch offen. Die Brachfläche in Glarus Mitte stellt das Gewerbezentrum Ennenda Süd dar. Bis ins Jahr 2008 wurden hier textile Bodenbeläge hergestellt. Heute ist es im Besitz der Glarner Kantonalbank. Auch wenn Teile des Areals vermietet sind, soll das gesamte Areal veräussert werden (Wifö GL 2013). In Glarus Süd dient die Spinnerei Linthal/Schöpfgruben als potentielle Rückbaufläche. Diese ehemalige Baumwollspinnerei beherbergt heute Zwischennutzungen, ist jedoch momentan unternutzt (Wifö GL 2013). Die Standorte der Fallstudienflächen im Kanton Glarus sowie deren Einbettung in die Umgebung sind in Abbildung 3-3 dargestellt.

3.3 Herleitung der Ökosystemleistungspotenziale

Nach Seppelt et al. (2012) ist die Beschreibung und Herleitung der Indikatoren im Rahmen der Ökosystemleistungsforschung einer der zentralen Punkte. Der Fokus liegt auf bodengebundenen Ökosystemleistungen. Entsprechend wird nicht auf alle in Kapitel 2.2 dargestellten Umweltauswirkungen einer Versiegelung (bspw. Klima oder Lufthygiene) eingegangen. Zum einen hängt der Wirkungsgrad in diesen Bereichen stark von der Ausgestaltung der neuen Nutzung ab (Bruse 2003) und zum anderen ist es laut Bruse (2003) für das Mikroklima und die Lufthygiene in Städten ohnehin nicht möglich, detaillierte Aussagen über die Wirkungen einer Änderung von Komponenten im Gesamtsystem zu machen. Zu komplex und zu zahlreich sind die Einflussfaktoren und deren Wechselwirkungen (Bruse 2003).

Wichtig zu erwähnen ist, dass die Thematik der stofflich belasteten Standorte bewusst in keine Potentialbewertung mit eingeflossen ist und daher nicht als Hinderungsgrund angesehen wurde. Der Grund ist nicht, dass bei Altlasten keine negativen Auswirkungen für die jeweiligen Nutzungen erwartet werden, sondern dass die Frage der Altlastensanierung im gegebenen Fall bei jeder Art von Neunutzung behandelt werden muss. Gemäss Umweltschutzgesetz (USG 1983, Art. 32d) hat der Verursacher eine Sanierung durchzuführen und die Kosten zu tragen. Tschannen & Frick (2002) bestätigten jedoch in einem Gutachten, dass in diesem Fall der Störer als Verursacher angesehen werden muss. Der Verhaltens- bzw. Zustandsstörer hat folglich die Altlastensanierung zu übernehmen. Es kann also geschlossen werden, dass unabhängig von der Folgenutzung eines belasteten Standorts (Wohn-/Gewerbenutzung oder Renaturierung) diese Problematik angegangen werden muss und bei einer allfälligen Abwägung einer ökonomisch oder ökologisch motivierten Revitalisierung der Altlastenfaktor in allen Fällen gleich ist.

3.3.1 Vorgehen

Die Fragestellung der vorliegenden Masterarbeit beinhaltet einen starken Massstabsbezug. Durch die schweizweite Auswertung einerseits und die punktuelle Bearbeitung von Fallstudien auf Parzellenebene andererseits, müssen unterschiedliche Indikatoren und Kriterien entsprechend ihrer räumlichen Ebene definiert werden. Studien zur GIS-gestützten Beschreibung und Quantifizierung von Ökosystemleistungen mittels klar definierten Indikatoren existieren für verschiedene Massstäbe, Ökosystemleistungsklassen und geographische Regionen (vgl. u.a. Tratalos et al. 2007; BIP 2011; Staub et al. 2011;

Kienast et al. 2012; Grunewald & Bastian 2013b; Hernández-Morcillo et al. 2013; Jones et al. 2013; Plienger et al. 2013; van Berkel & Verburg 2014). Den jeweiligen Vorgehen gemein ist dabei, dass die Quantifizierung auf effektiv vorhandenen Gegebenheiten in der Landschaft beruht. Dies ist der bedeutendste Unterschied zur Kriteriendefinition in der vorliegenden Arbeit, wo Ökosystemleistungspotenziale für momentan noch nicht bestehende Nutzungstypen auf Arealen bestimmt werden.

Die Auswahl der zu untersuchenden Ökosystemleistungen wurde nach dem Prinzip „vom Groben ins Detail“ vollzogen. Ausgehend von der CICES-Aufstellung (siehe Kapitel 2.1) der verschiedenen Ökosystemleistungen von Haines-Young & Potschin (2011), wurden die aufgeführten Leistungsgruppen basierend auf einem Literaturstudium auf ihre Anwendbarkeit für die vorliegende Fragestellung und das Untersuchungsgebiet bewertet. Die in Frage kommenden Leistungen wurden in einem ersten Schritt aufgelistet und in finale Ökosystemleistungen übersetzt. Der zweite Schritt bestand in der Definition geeigneter Indikatoren. Auch wenn in der Literatur keine Indikatoren für Potenzialabklärungen vorhanden sind oder im Einzelfall (vgl. Scherer et al. 2012) nur auf sehr groben Annahmen basieren, waren die bestehenden Quantifizierungsmethoden zum Teil direkt anwendbar. Andere konnten etwas modifiziert verwendet werden. Nochmals andere wurden aus eigenen Überlegungen hergeleitet. Die Arbeit von Thalmann (2012) erwies sich als besonders hilfreich, da sie mit Schlieren den Untersuchungsort ebenfalls in der Schweiz hat und dadurch in vielen Bereichen eine ähnliche Datengrundlage vorhanden war. Die Evaluation der umsetzungstechnischen Eignung der gewählten Leistungen und Indikatoren wurde erst in der dritten Phase gemacht. Zentrales Element dabei war die Verfügbarkeit entsprechender Daten. Dieselbe Erfahrung beschreiben Scherer et al. (2012) für die Potenzialstudie in Sachsen, Deutschland. Insbesondere im regionalen und überregionalen Kontext sind die Datenbestände „heterogen, nicht flächendeckend“ (Scherer et al. 2012) oder nicht verfügbar. Die Auswahl der Leistungen und Indikatoren mutierte so zu einem stark iterativen Prozess, wobei neue Kriterien angeregt, Bestehende neu definiert oder Einzelne gar als nicht umsetzbar taxiert wurden. In Tabelle 3-1 die abschliessend in dieser Arbeit beschriebenen Ökosystemleistungen aufgeführt.

Tab. 3-1 Übersicht über die betrachteten Ökosystemleistungen und deren beschreibende Indikatoren für die räumlichen Ebene der Schweiz (CH) und der Fallstudien (FS)

Ökosystemleistung	Ebene	Faktor	Indikator
Landwirtschaftliche Produktion	CH	Klimaeignung	Klimazone in Klimaeignungskarte für die Landwirtschaft
		Bodeneignung	Vielfalt möglicher Anbaukulturen nach Landw. Bodeneignungskarte
		Bewirtschaftungseignung	Formfaktor (Flächenform-/grösse)
	Anteil Landwirtschaftsflächen in Umgebung		
FS	Klimaeignung	Klimazone in Klimaeignungskarte für die Landwirtschaft	

		Bodeneignung	Gründigkeit und Bodenwasserhaushalt
		Bewirtschaftungseignung	Formfaktor (Flächenform-/grösse)
			Umgebungsdominierende Nutzungsart
			Hangneigung [%]
Naherholung	CH	Begünstigende Landschaftseigenschaften	Naherholungseignungspunkte nach Modell von Buchecker et al. (2013)
		Potenzielle Nachfrage	Anzahl wohnhafter Personen im Umkreis von 1 km
		Bestehendes Angebot an Grünräumen	Versiegelungsgrad im Umkreis von 1 km
	FS	Begünstigende Landschaftseigenschaften	Fernsicht; sichtbare Fläche [ha]
			Lärmeinwirkung auf Fläche [dB(A)]
			Distanz zu Gewässer
			Distanz zu Waldfläche
		Potenzielle Nachfrage	Bevölkerungszahl innerhalb von 1km-Service Area
Bestehendes Angebot an Grünräumen	Versiegelungsgrad innerhalb von 1km-Service Area		
Tourismus	CH	Prominenz der Brachfläche in der Landschaft	Brachflächengrösse
		Tourismuspotenzial der Region	Tourismuspotenzialwert nach Segura Morán et al. (2013)
Identität	CH	Prominenz der Brachfläche in der Landschaft	Brachflächengrösse
		Wahrgenommene Schönheit der Landschaft in der Region	Ästhetikwert in LABES Indikator 24
	FS	Prominenz der Brachfläche in der Landschaft	Brachflächengrösse
		Sichtbarkeit der Brachfläche	Grösse der Fläche, von der aus die Brachfläche sichtbar ist
		Entscheidende Nutzungstypen im Wirkungsbereich der Brachfläche	Weglänge in Sichtbereich Fläche an Wohnarealen ⁺ im Umkreis von 500 m
Infiltration	CH	Grad der möglichen natürlichen Versickerung	Versiegelungsgrad in 160m-Rasternetz
		Starkniederschlagsregime in der Region	Höhe eines 2-jährlichen Regenereignisses bei der Brachfläche
	FS	Höhe des Oberflächenabflusses bei einem 2-jährlichen Regenereignis	Infiltrationskompensation in % der Veränderung beim Neubauprojekt gemäss der CN-Methode
Hochwasserretention	CH	Eignung des Brachenareals als Hochwasserretentionsfläche	Wiederkehrdauer eines Hochwassers am Ort der Brachfläche
Natürliche Vielfalt / Habitatpotenzial	CH	Vorfinden von Tierarten in der Umgebung / Möglichkeit des Erreichens der Brachfläche	Distanz zu potenziellem Habitat (habitatrelevante Bundesinventare)
		Durchdringbarkeit der Habitatmatrix	Effektive Maschenweite im Bezirk der Brachfläche

	FS	Wahrscheinlichkeit des Vorfindens von Amphibien in der Umgebung	Jahr der letzten Fundmeldung im Umkreis von 1800 m
		Möglichkeit des Beitrags zum Schutz stark gefährdeter Arten	Fundmeldungen stark gefährdeter Amphibienarten im Umkreis von 1800 m
		Durchdringbarkeit der umgebenden Landschaft	Aggregierter Potenzialwert aufgrund der umgebenden Landnutzung

Die Beschreibung von finalen Ökosystemleistungen ist oftmals zu komplex, um lediglich von einem Indikator erklärt zu werden (Koschke et al. 2012). Zur Beurteilung der Potenziale wurde deshalb der multikriterielle Ansatz der MCDA (engl. multi criteria decision analysis) (Belton & Stewart 2002) angewandt, wie dies auch Hepperle & Stoll (2006) zur Bewertung von Bodenpotenzialen vorschlagen. Dabei fließen verschiedene Indikatoren kombiniert in die Entscheidungsfindung mit ein (Belton & Stewart 2002). Die Indikatoren werden dabei zur expliziten Gewichtung gemäss Analytic Hierarchy Process (AHP) nach Saaty (1977) paarweise, basierend auf Angaben der Literatur, verglichen (siehe Anhang B) und anschliessend linear additiv mit der Gleichung Glg. 3-1 zur finalen Potenzialaussage aggregiert (Koschke et al. 2012). Je höher der resultierende Wert, desto grösser ist das Potenzial zur Wiederherstellung der entsprechenden Ökosystemleistung bei der Brachfläche.

$$P_{ij} = \sum_{k=1}^n w_{kj} p_{ikj} \tag{Glg. 3-1}$$

P_{ij} stellt die totale Punktzahl, respektive das absolute Potenzial der Ökosystemleistung j einer Brachfläche i dar. w_{kj} ist die gemäss AHP errechnete Gewichtung des Indikators k (wobei $0 \leq w_{kj} \leq 1$ und $\sum w_{kj}=1$). Mit p_{ikj} wird das Potenzial der Brachfläche i bezüglich des Indikators k für die finale Ökosystemleistung j dargestellt.

Die resultierenden Potenzialwerte wurden bei der gesamtschweizerischen Betrachtung schliesslich wiederum klassiert. Dieser Wert wurde für die Anteilsberechnungen und die Abbildungen in Kapitel 4.2 verwendet. Die unklassierten Werte sind in den Resultatetabellen in Anhang C ersichtlich. Die Tabelle 3-2 zeigt die hier verwendete Klassierung der aggregierten Potenzialwerte für die 5er-Einteilung, respektive die 4er-Einteilung bei der Landschaftsästhetik. Je höher die Potenzialklasse ist, desto geeigneter ist die Fläche für eine Wiederherstellung die betrachtete Ökosystemleistung.

Tab. 3-2 Klassierung der gemäss Glg. 3-1 linear additiv aggregierten Potenzialwerte bei der schweizerischen Abschätzung

Potenzialklasse	Klassierung der Potenzialwerte 5er-Einteilung	Klassierung der Potenzialwerte 4er-Einteilung
1	0 – 1.4	0 – 1.4
2	1.5 – 2.4	1.5 – 2.4
3	2.5 – 3.4	2.5 – 3.4
4	3.5 – 4.4	3.5 – 4.0
5	4.5 - 5	

3.3.2 Definition des Potenzialbegriffs

Durch die Fragestellung nach dem Potenzial einer Fläche stellte sich die Frage, ob das potenzielle Angebot, also die Kapazität potenziell bereitgestellter Ökosystemleistungen oder die potenzielle Nachfrage, also die Summe der potenziell genutzten Ökosystemleistungen, in das Indikatorensystem aufgenommen werden sollte (Staub et al. 2011; Burkhard et al. 2012). Während für die einen Kategorien die ausschlaggebenden Strukturen und damit die Angebotsseite in ihrer Qualität vorhanden sind (Boden für Landwirtschaft), sind sie für andere nicht vorhanden oder für die Beschreibung nicht zweckmässig (Erholungseignung). In gewissen Fällen kann dies durch den Einbezug der Nachfrageseite behandelt werden (Erholungsnachfrage für gewisse Anzahl Personen). Burkhard et al. (2012) empfehlen deshalb, von einer strikten Trennung der Angebots- und Nachfrageseite abzusehen und einen angepassten Mix anzustreben. Für die vorliegende Arbeit wurde grundsätzlich der Ansatz einer angebotsorientierten Beschreibung des Potenzials verfolgt. Die Aussage beschreibt demnach das Potenzial der Fläche bei einer isolierten Betrachtung der spezifischen Ökosystemleistung. Sie beinhaltet damit keine Wechselwirkungen zwischen den Ökosystemleistungen und keine Informationen über die Nutzungen in der Umgebung und deren potenziellen Auswirkungen auf die Folgenutzung der Brachflächen. Die Ausnahme bildet die Naherholung. Die Nachfrage des Menschen ist bei dieser Nutzung sehr zentral, weshalb die Nachfrageseite einbezogen wurde.

Das Wertesystem zur Quantifizierung des Teilindikatorpotenzials ist der jeweiligen räumlichen Skala der Fragestellung angepasst. Dies erlaubt zum einen den schweizweiten Vergleich der Flächenpotenziale und zum anderen die kantonale Adaption der Potenzialaussage für die punktuelle Vertiefung.

3.4 Quantifizierung des Potenzials für Ökosystemleistungen

3.4.1 Landwirtschaftliche Produktion

Die Eignung eines Standorts für die landwirtschaftliche Produktion hängt von einer Reihe von Faktoren ab. Gemäss dem ARE (1992) und der (FAL 1996) ergibt sie sich aus dem Zusammenspiel klimatischer Verhältnisse, den physiologischen Eigenschaften des Bodens und den Erschwernissen einer Bewirtschaftung, die hauptsächlich von der Geländeform abhängen. Die Gewichtung der einzelnen Indikatoren ist in Anhang B zu finden.

A Gesamtschweizerisches Wiederherstellungspotenzial

Klimaeignung

Das Klima stellt zumeist den am stärksten limitierenden Standortfaktor für eine landwirtschaftliche Nutzung dar (Brunner et al. 1997). 1977 erschien eine Karte, die die Klimaeignung für die Landwirtschaft für die gesamte Schweiz im Massstab 1:200'000 aufzeigt (Jeanneret & Vautier 1977; BFS 1992). Aufgrund der spezifischen Beurteilung des Klimas für die Landwirtschaft, kann dieser Datensatz ohne den Zwischenschritt einer Interpretation von Klimadaten für die schweizweite Potenzialbe-

wertung verwendet werden. Die Beurteilung der Eignung basiert auf einer Analyse realer Mess- und Umfragedaten. Das Resultat war eine Beurteilung, welche in 20 Kategorien klassiert ist. Um in der vorliegenden Untersuchung eine nachvollziehbare Aussage machen zu können, wurden die 20 Klassen wiederum zu fünf grösseren Einheiten zusammengefasst. Dies geschah auf Basis einer bestehenden Aggregation nach Brunner et al. (1997). Die für die ausgewählten Branchenstandorte in der Schweiz relevanten Klimazonen sowie deren Einstufung in die neue fünfklassige Potenzialwertskala sind in Tab. 3-3 abgebildet.

Tab. 3-3 *Klassen der klimatischen Eignung der untersuchten Brachflächen. Die Potenzialwertstufen stellen eine Zusammenfassung der Klimazonen aus Jeanneret & Vautier (1977) nach Brunner et al. (1997) dar (es sind nur jene Klimazonen aufgeführt, die bei den Brachflächen vorkommen). 1 = wenig geeignet, 5 = sehr gut geeignet*

Zone*	Bezeichnung	Potenzialwert	Bedeutung
A2	Ackerbau und Spezialkulturen begünstigt	5	Ackerbaugebiet mit vielseitigen Fruchtfolgen; für alle Kulturen günstig bis sehr günstig
A3	Ackerbau und Futterbau begünstigt		
B2	Ackerbau und Futterbau		
B3	Futterbau und Ackerbau		
A4	Futterbau begünstigt	4	Übergangsgebiet ackerbaubetont; Getreidebau wegen Näserrisiko beeinträchtigt; Futterbau günstig; Hackfruchtanbau geeignet
A5	Dauergrünland bevorzugt oder begünstigt	3	Übergangsgebiet futterbaubetont; Futterbau günstig; Getreide- und Hackfruchtanbau wenig bis nicht geeignet
B5	Dauergrünland		
C5-6	Dauergrünland mit Einschränkungen		
D5-6	Dauergrünland mit starken Einschränkungen	2	Futterbaugebiet; geeignet für Wiesen und Weiden
E4-6	Dauergrünland bevorzugt mit starken Einschränkungen		
A6	Spezialkulturen sehr begünstigt Ackerbau Wiesland	1	Landwirtschaftsgebiet mit spezieller Nutzung; wegen sehr unterschiedlichen Klimaverhältnissen variabel

* Zonen gemäss Klimaeignungskarte für die Landwirtschaft (Jeanneret & Vautier 1977)

In den Fällen, wo die Parzelle zwei Klimaeignungsklassen schnitt und daher nicht eindeutig zuzuordnen war, wurden die Brachenpolygone in ArcGIS mittels *feature to point* zu Punkten (Flächenschwerpunkt/Centroid) umgewandelt und die Eignungsklasse diesem zugeordnet. Dieses Vorgehen stellte sich als sinnvoll heraus, da die zwei betroffenen Areale ohnehin nur in kleinen Ecken eine zweite Klimaklasse schnitten und die scharfen Klassengrenzen der Klimaeignungskarten grundsätzlich annähernde Annahmen darstellen.

Bodeneignung

Einen Überblick über die bodenkundlichen Verhältnisse bzw. Bewirtschaftungseignung auf nationaler Ebene liefert die 1980 erstellte und im Jahr 2000 überarbeitete Bodeneignungskarte der Schweiz (Brunner et al. 1992). Alternativen, welche eine gesamtschweizerische Aussage zu bodenkundlichen Gegebenheiten erlaubt, existieren bis heute keine. Analog zur Überlegung bei der Klimaeignungskarte wird durch die Verwendung einer Eignungskarte ein interpretativer Schritt vorweggenommen. Traditionelle Bodenkarten zeigen „die pedologischen Individuen und ihre chemischen, physikalischen, biologischen und ökologischen Eigenschaften, während Bodeneignungskarten Interpretationen bezüglich der pflanzlichen Anbaueignung einschliessen“ (BFS 1992). Ein Vorteil dieses Vorgehens ist zudem, dass die Diversität möglicher Eignungen kleiner ist als jene der Bodentypen, was eine Untersuchung auf grösserer räumlicher Ebene begünstigt.

Die Festlegung der Eignung in der besagten Karte basiert auf dem jeweiligen Vergleich der vorherrschenden bodenkundlichen und geomorphologischen Verhältnissen mit den landwirtschaftlichen und forstlichen Ansprüchen seitens der Nutzungsarten (BFS 1992). Das Resultat ist eine Klassierung der Kartierungseinheiten in 18 Gruppen. Um in der vorliegenden Arbeit eine Aussage über das landwirtschaftliche Potenzial der Brachflächen für die ganze Schweiz machen zu können, wurde eine erneute Klassifikation in 6 Eignungsgruppen gemacht, wobei die sechste Stufe die nicht geeigneten Flächen beinhaltet. Die Einteilung orientiert sich an der Umschreibung der landwirtschaftlichen Eignungsklassen nach Brunner et al. (1997) und stellt eine Aussage über die Diversität möglicher Anbaukulturen gemäss BFS (1992) dar. Auch Poggio et al. (2013) verwendeten eine Klassierung von Landwirtschaftsböden basierend auf der Vielfalt möglicher Anbaukulturen. Laut der Eidg. Forschungsanstalt für Agrarökologie und Landbau (FAL 1996) stellt Getreide geringere Ansprüche an den Boden als Hackfrüchte. Eine Einteilung in eine tiefere Eignungsklasse bedeutet, dass das Einteilungskriterium der vorherigen Klasse nicht mehr erfüllt ist, alle anspruchloseren Kulturen jedoch noch immer möglich sind (siehe Einteilungskriterium in Tab. 3-4).

Tab. 3-4 Potenzialwertestufung der Bodeneignung in der Landwirtschaftlichen Bodeneignungskarte basierend auf den 18 Eignungsgruppen nach BFS (1992). 0 = nicht geeignet, 5 = sehr gut geeignet

Farbe der Karte*	Potenzialwert	Landwirtschaftliche Eignung	Einteilungskriterium
I, IV	5	Uneingeschränkte Kulturwahl	Hackfruchtbau möglich
II, III	4	Getreidebau gut geeignet	Für den Getreidebau gut geeignet
V, VI, VII, VIII, IX	3	Getreidebau möglich, jedoch geringere Eignung	Getreidebau noch möglich, jedoch nur mässig geeignet
X, XI, XII, XIII, XIV	2	Futterbau betonte Fruchtfolge	Futterbau (Natur-/Kunstoffutterbau) möglich

XV, XVI, XVII, XVIII	1	Wies- und Weideland	Nur Weide möglich (Gross-/Jung- /Kleinviehweide)
0	0	Land- bzw. forstwirtschaftlich nicht nutzbare Gebiete (Sümpfe, Seeufer) und unproduktive Flä- chen (Gletscher, Firn, Fels, etc.)	Für die landwirtschaftliche Produktion ungeeignet

* Farben gemäss Dokumentation vom BFS (1992) über die Landwirtschaftliche Bodeneignungskarte

Die Zuweisung der Brachflächen zu einer landwirtschaftlichen Bodeneignungsklasse war nicht in allen Fällen eindeutig möglich. Einerseits wurde in Siedlungsgebieten in vielen Fällen keine Beurteilung der Bodeneignung vorgenommen. Diese Gebiete wurden in der Karte der Klasse „Siedlungsgebiete“ zugewiesen und liessen an sich keine weitergehenden Aussagen zu. Andererseits ergab der Verschnitt der Brachflächen mit der Bodeneignungskarte teilweise mehrere Eignungsklassen pro Brachfläche. Dieser Problematik wurde begegnet, indem die betroffenen Flächen eruiert und individuell beurteilt wurden. War das betreffende Siedlungsgebiet innerhalb einer klar identifizierbaren Bodeneignungsklasse, wurde die Brachfläche dieser zugeordnet. War die Fläche nicht in einer einzigen Eignungsklasse, jedoch der grösste Teil in einer Bestimmten, wurde die dominierende Klasse als bestimmend gewählt. Im Zweifelsfall wurde auch die Form des Geländes der Fläche, die nach BFS (1992) auch bei der Bestimmung der Eignungsgruppen in der Karte einfluss, sowie allgemeine Landschaftsgegebenheiten wie bspw. ein Flussverlauf miteinbezogen. Fiel die Fläche hauptsächlich auf Siedlungsgebiet und war die Zuordnung zu einer Bodeneignungsgruppe gleichzeitig schwierig, wurde zur Bestimmung die Umgebung miteinbezogen. Es wurde ein Buffer von 500 Metern um das Areal konstruiert und eine flächengewichtete Bewertung vollzogen (siehe Anhang C1). Einbezogen wurden die für die Landwirtschaft als geeignet ausgeschiedenen Flächen (ohne Siedlungsfläche), welche innerhalb der Bufferfläche (inkl. Brachfläche) lagen. Die Beurteilung der Bodeneignung einer potenziellen Entsiegelungsfläche, basierend auf den umgebenden Bodenverhältnissen, wurde bereits im Bundesland Sachsen (D) für eine Entsiegelungspotenzialabklärung (siehe Kapitel 4.1) angewandt (Scherer et al. 2012). Ferner wurde dieses Vorgehen dahingehend gewählt, weil von einer standortgerechten Wiederherstellung des Bodens bei einer Entsiegelung der Fläche ausgegangen wurde. Eine Wiederherstellung eines besseren oder schlechteren Bodens als in der Umgebung macht wenig Sinn. Die Orientierung an den umgebenden Böden stellt deshalb eine Mindestwiederherstellungsqualität dar.

Bewirtschaftungseignung

Die Bewirtschaftung und Nutzung einer Fläche für die Landwirtschaftliche Produktion kann durch die Geometrie dieser beeinträchtigt werden (ARE 2006). So entsprechen hinderliche Bewirtschaftungsstrukturen, gekennzeichnet durch eine ungünstige Verteilung der Parzellen oder zu kleine bzw. schlecht geformte Flächen, den komplexen Anforderungen „in der heutigen modernen Landwirtschaft“ nicht

und ziehen hohe Arbeits- und Zeitaufwände für die Bewirtschaftung nach sich (Wernli et al. 2012). Diese Faktoren wurden deshalb in die Eignungsabklärung miteinbezogen.

Die Form und Grösse der Areale wurde mittels eines Formfaktors berücksichtigt. Dieser wird mit dem Verhältnis des Umfangs zur Fläche berechnet und wurde in dieser Form bereits von Thalmann (2012) verwendet. Die Masszahl, wie auch ihre beiden Komponenten, liess sich in ArcGIS mit *field calculator* bzw. *calculate geometry* berechnen. Da bisher keine Bewertung dieser Kennzahl für die Bewirtschaftungseignung besteht (Thalmann 2012), wurde der Formfaktor mittels Natural Breaks (Jenks) in fünf Stufen klassiert (siehe Tab. 3-5).

Tab. 3-5 *Beurteilung der Brachflächengeometrie mittels des Formfaktors (Umfang/Fläche).
1 = wenig geeignet, 5 = sehr gut geeignet*

Formfaktor	Potenzialwert
0.38 bis 1.72	5
1.73 bis 3.93	4
3.94 bis 6.80	3
6.81 bis 11.50	2
11.51 bis 21.07	1

Für grössere zusammenhängende Gebiete bietet sich die alleinige Berücksichtigung dieses Formfaktors als Beurteilungskriterium gut an. Da im vorliegenden Fall jedoch einzelne, relativ kleine Areale betrachtet wurden, war es zweckmässig, auch die Umgebung miteinzubeziehen. Befinden sich angrenzend an die Brachfläche weitere landwirtschaftlich genutzte Flächen, könnte mit dem Instrument der Arrondierung im Zusammenhang mit einer Modernen Melioration (vgl. Wernli 2005) oder einer Freiwilligen Bewirtschaftungsarrondierung (vgl. Wernli et al. 2012) eine optimalere Parzellenstruktur wie auch Wegeführung erreicht werden. Zur Relativierung des Formfaktors in entsprechenden Gebieten wurde deshalb innerhalb eines Buffers von 500 Metern um die Brachfläche in ArcGIS zusätzlich die dominierende Nutzungsart der Umgebung bestimmt. Gleichzeitig wird so die raumbezogene Erschwernis einer Bewirtschaftung in nicht landwirtschaftlich geprägten Gebieten (Siedlungs-, Wald-, übrige Flächen) berücksichtigt. Die vorherrschenden Landnutzungsarten wurden aus der Arealstatistik 2004/09 abgeleitet. Konkret wurde der Anteil Stichprobenpunkte des Hauptbereichs „Landwirtschaftsflächen“ an der Gesamtheit der Stichprobenpunkte (zusätzlich: Siedlungsflächen sowie bestockte und unproduktive Flächen) berechnet. Tabelle 3-6 zeigt die Bewertung der Umgebung anhand des Prozentsatzes an Landwirtschaftspunkten. Mit diesem Vorgehen kann eine, von der Brachflächengrösse unabhängige Aussage gemacht werden, was bei der blossen Berücksichtigung der Anzahl „Landwirtschaftspunkte“ nicht der Fall gewesen wäre.

Tab. 3-6 *Beurteilung der die Brachflächen umgebenden Bodennutzungsarten.
1 = wenig geeignet, 5 = sehr gut geeignet*

Anteil Landwirtschaftspunkte in 500 Buffer [%]	Potenzialwert
0 bis 25.0	1
25.1 bis 46.2	3
46.3 bis 79.1	5

Wie oben erwähnt, sind die Einheiten der Landwirtschaftlichen Bodeneignungskarte aggregierte Parameter, die auch verschiedene Formelemente wie Hanglagen oder die Hangneigung miteinbeziehen (BFS 1992). Aus diesem Grund wurde in der gesamtschweizerischen Analyse darauf verzichtet, die Hangneigung der einzelnen Brachflächen als eigenen Indikator miteinzubeziehen.

A.1 Unsicherheiten der Methode

Nebst den oben beschriebenen Schwierigkeiten der Zuweisung einer Bodeneignungsklasse zu den Flächen, ergaben sich die Unsicherheiten beim gewählten Vorgehen insbesondere aus jenen der Input-Datensätze. So wird die landwirtschaftliche Bodeneignungskarte der Schweiz beispielsweise als sehr pauschal und wenig differenziert und daher für verschiedene umweltrelevante Fragestellungen als zu ungenau beschrieben (BFS 1992). Gleichwohl existiert keine bessere gesamtschweizerische Datengrundlage zu den pedologischen Gegebenheiten.

B Fallstudienanalyse

Bewirtschaftungseignung

Die drei folgenden Indikatoren wurden zur Abschätzung der Bewirtschaftungseignung in den Fallbeispielen verwendet:

- Parzellenform und –grösse

Der Aspekt der Parzelligeometrie der Bewirtschaftungseignung wurde wie in Teil A (schweizweite Abschätzung) mit Hilfe des beschriebenen Formfaktors beurteilt. Es wird hier deshalb nicht nochmals genauer darauf eingegangen. Die Eignungsbewertung der jeweiligen Ausprägung des Formfaktors wurde ebenfalls anhand der in Tabelle 3-5 aufgeführten Klassierung vollzogen.

- Umgebungsdominierende Nutzungsart

Die in der Umgebung dominierende Landnutzungsart wurde bei den Fallstudien nicht mittels kennzeichnenden Inputdaten, sondern durch die visuelle, luftbildbasierte Beurteilung der Einbettung einer allfälligen landwirtschaftlichen Nutzungsart auf der spezifischen Fläche umgesetzt. Um eine fundierte Bewertung zu garantieren, wurde das Kriterium der „landwirtschaftlichen Isolation“ definiert. Zum einen wurde geprüft, auf wie vielen Seiten ein Bewirtschaftungshindernis, wie ein Fluss, ein Wald- oder Siedlungsgebiet oder eine vielbefahrene Strasse (Autobahn und –strasse, 1. und 2. Klass-Strassen gemäss Vector25) besteht. Zum anderen wurde die Angrenzung an bestehende Landwirtschaftsflächen

geprüft. Dabei galt die Brachfläche auch als angrenzend, wenn sie durch eine Strasse (kleiner als Autostrasse) von der Landwirtschaftsfläche getrennt war. Tabelle 3-7 zeigt den jeweiligen Potenzialwert dieser Parameter. Diese beiden Parameter flossen gleichgewichtet in den finalen Parameter der umgebungsdominierenden Nutzungsart ein.

Tab. 3-7 Bewertung der Brachfläche basierend auf der umgebungsdominierenden Nutzungsart.
1 = wenig geeignet, 5 = sehr gut geeignet

Anzahl angrenzender Seiten einer hindernden Objektklasse	Potenzialwert	Anzahl angrenzender Seiten mit landwirtschaftlicher Nutzung	Potenzialwert
0 Seiten	5	0 Seiten	1
1 Seite	4	1 Seite	2
2 Seiten	3	2 Seiten	3
3 Seiten	2	3 Seiten	4
4 Seiten	1	4 Seiten	5

- Hangneigung

Die Hangneigung stellt einen wichtigen Faktor für die erfolgreiche maschinelle Bewirtschaftung einer Landwirtschaftsfläche dar. Brunner et al. (1997) schlagen hierfür eine detaillierte achtstufige Klassierung der Hangneigung vor. Weiter wird in den Qualitätskriterien zur Ausscheidung von Fruchtfolgeflächen ein Schwellenwert der Steigung von 18 Prozent genannt (ARE 2006). Eine Kombination der beiden Klassifikationsschemas erschien für die vorliegende Fragestellung als zweckmässig (Tab. 3-8). Zum einen ist die Neigung von 18 Prozent in der Schweiz eine anerkannte Grösse zur Einstufung von Böden als sehr gut geeignet für die Landwirtschaft und zum anderen erlaubt jene von Brunner et al. (1997) eine feinere Abstufung bei grösseren Steigungen. Eine detaillierte Abstufung bei Hangneigungen über 35 Prozent war nicht notwendig, da diese im vorliegenden Fall eine untergeordnete Rolle spielten. Nutzungstechnische Voraussetzungen bedingen auch für Industrie- oder Militärbauten flache Gebiete, womit vormals genutzte Areale in dieser Hinsicht für eine landwirtschaftliche Eignung theoretisch in Frage kommen.

Tab. 3-8 In der vorliegenden Arbeit verwendete Klassierung der Hangneigung.
Potenzialwert: 1 = wenig geeignet, 5 = sehr gut geeignet

Hangneigung [%]	≤ 18	18-35	> 35
Bewirtschaftung	möglich	erschwert	Nur Weidenutzung
Potenzialwert	5	3	1

In ArcGIS wurde basierend auf dem Digitalen Höhenmodell DHM25 (Rasterweite 25x25m) die durchschnittliche Hangneigung pro Fläche berechnet. Dieser Datensatz enthält weder Bewuchs noch Bebauung (Swisstopo 2014), weshalb die gegenwärtige Nutzung keine Beeinträchtigung der Aussagekraft darstellt. In ArcGIS wurde das Werkzeug *slope* verwendet, welches für jede Rasterzelle die maximale

Änderungsrate des Höhenwertes zur nächsten berechnet (Burrough & McDonnell 2005). Mittels *zonal statistics* wurde anschliessend die durchschnittliche flächengewichtete Hangneigung pro Brachfläche berechnet.

Klimaeignung

Die Beurteilung der Klimaeignung für die Fallstudienflächen basiert, wie bei der gesamtschweizerischen Abschätzung, auf der Karte der Klimaeignung für die Landwirtschaft der Schweiz (Jeanneret & Vautier 1977). Der Massstab von 1:200'000 ist für grundstückbezogene Untersuchungen von Fallbeispielen an sich zu gross. Doch waren im vorliegenden Fall nicht kleinräumige Klimaunterschiede, sondern eher die grossklimatische Lage mit allgemeinen aggregierten Temperatur- und Niederschlagskennwerten von Bedeutung. Da die Fallstudienbetrachtung auf eine konkrete Kompensation innerhalb desselben Kantons zielt, richtet sich die Klassierung und Bewertung nach den im jeweiligen Kanton vorkommenden Klimatypen (siehe Tab. 3-9). Die finale Abschätzung des landwirtschaftlichen Potenzials ist demnach zwischen den Fallbeispielregionen nicht vergleichbar.

Tab. 3-9 Potenzialwertestufung der Klimaeignung im a.) Kanton Glarus und b.) Kanton Aargau. Klassifikation verändert nach Brunner et al. (1997). 1 = wenig geeignet, 5 = sehr gut geeignet

a.)

Zone*	Bezeichnung	Potenzialwert
A5, B5	Dauergrünland	1
C5-6, E4-6	Dauergrünland mit teilweise starken Einschränkungen	3
F, G	Weiden, Wiesen und Alpweiden	5

b.)

Zone*	Bezeichnung	Potenzialwert
A2, A3, B3	Ackerbau, Spezialkulturen und Futterbau	1
A4, B4	Futterbau	3
C1-4, D1-4	Futter-/Ackerbau, bzw. Dauergrünland mit Einschränkungen	5

* Zonen gemäss Klimaeignungskarte für die Landwirtschaft (Jeanneret & Vautier 1977)

Bodeneigenschaften /-eignung

Auf der Ebene der einzelnen Areale konnten die Bodenkarten des Kantons im Massstab 1:5'000 verwendet werden. Bei den Fallstudienbeurteilungen wurde nicht der Ansatz der nachbarschaftlichen Bestimmung der Bodeneignung verfolgt, sondern jener, dass das beim behandelten Bauprojekt abgetragene Bodenmaterial bei den entsiegelten Brachflächen wieder angebracht wird und der Boden so wieder aufgebaut und rekultiviert wird. In diesem Sinne basiert die Aussage der Bodeneignung der Brachflächen jeweils auf den Gegebenheiten beim Bauprojekt auf der grünen Wiese.

Nach FAL (1996) sind für die landwirtschaftliche Bodeneignung vorwiegend der Wasserhaushalt und die pflanzennutzbare Gründigkeit der Böden ausschlaggebend. Da sich diese gegenseitig beeinflussen

(ständig wassergesättigte Bodenhorizonte können nicht zur pflanzennutzbaren Gründigkeit gezählt werden), wurden diese als „Wasserhaushalts-/Gründigkeits-Kombination“ (FAL 1996) kombiniert betrachtet.

· Pflanzennutzbare Gründigkeit

Die pflanzennutzbare Gründigkeit, also die „Tiefe des am jeweiligen Standort potentiell durchwurzelbaren Bodenraumes“ (Blume et al. 2010) stellt einen wichtigen Faktor für das Wasser- und Nährstoffspeichervermögen dar (Blume et al. 2010). Als Kriterium für die Ausscheidung von Fruchtfolgeflächen gilt in der Schweiz eine Gründigkeit von mindestens 50 Zentimetern (ARE 2006). Die Potenzialwertzuweisung orientierte sich an diesem Wert, wobei dieser als mittlere Eignung angesehen wurde.

· Wasserdurchlässigkeit / Bodenwasserhaushalt

Besteht bei einem Boden eine gehemmte Wasserdurchlässigkeit kann auf die Oberfläche treffendes Wasser nicht ungehindert in den Untergrund versickern. Somit kann die Versorgung der Böden mit Sauerstoff ungenügend sein, was anaerobe Verhältnisse verursacht und so die pedologischen Vorgänge beeinträchtigt (FAL 1996). Gleiche Verhältnisse können sich durch die Beeinflussung durch Grund- und Hangwasser ergeben (FAL 1996). Entsprechend ergeben sich die drei Bodenwasserhaushaltsklassen „senkrecht durchwaschene“, „stauwassergeprägte“ und „grund-/hangwassergeprägte“ Böden, welche anhand der Tiefenlage der Vernässung sowie der möglichen Gründigkeit nochmals näher definiert werden (FAL 1996). Die aus Gründigkeit und Wasserdurchlässigkeit kombinierte landwirtschaftliche Bodenpotenzialzuweisung ist in Tab. 3-10 aufgeführt. In Fällen, bei denen eine Fläche durch mehr als einen Bodentypen gekennzeichnet war, wurde eine flächengewichtete Bewertung vorgenommen.

Tab. 3-10 Zuweisung der landwirtschaftlichen Bodenpotenzialbewertung anhand des Wasserhaushalts und der Gründigkeit gemäss Wasserhaushalts-/Gründigkeits-Kombination nach FAL (1996). Der Code-Buchstabe repräsentiert die Bezeichnung der jeweiligen Kombination in der Bodenkarte. 0 = nicht geeignet, 5 = sehr gut geeignet

Potenzialwert	Ausprägung von Gründigkeit und Bodenwasserhaushalt	Code
0	- Grund-/Hangwassergeprägte Böden, meist bis zur Oberfläche poren- gesättigt; flachgründig bis ziemlich flachgründig	x, y
	- Grund-/Hangwassergeprägte Böden, häufig bis zur Oberfläche poren- gesättigt; mässig tiefgründig, ziemlich flachgründig bis flachgründig	v, w
1	- Senkrecht durchwaschene Böden, normal durchlässig; flachgründig	e
	- Senkrecht durchwaschene Böden, stau- und grund- /hangwasserbeeinflusste Böden; flachgründig	i, n

2	- Senkrecht durchwaschene Böden, normal durchlässig; ziemlich flachgründig	d
	- Senkrecht durchwaschene Böden, stau- und grund-/hangwasserbeeinflusste Böden; ziemlich flachgründig	h, m
	- Stau- und grund-/hangwassergeprägte Böden, selten bis zur Oberfläche porengesättigt; ziemlich flachgründig	p
	- Grund-/Hangwassergeprägte Böden, selten bis zur Oberfläche porengesättigt, ziemlich flachgründig	u
3	- Senkrecht durchwaschene Böden, stau- und grund-/hangwasserbeeinflusste Böden; mässig tiefgründig	g, l
	- Stau- und grund-/hangwassergeprägte Böden, selten bis zur Oberfläche porengesättigt; mässig tiefgründig bis tiefgründig	o, s, t
4	- Senkrecht durchwaschene Böden, normal durchlässig; mässig tiefgründig	c
5	- Senkrecht durchwaschene Böden, normal durchlässig; sehr tiefgründig, tiefgründig	a, b
	- Senkrecht durchwaschene Böden, stau- und grund-/hangwasserbeeinflusste Böden; tiefgründig	f, k

B.1 Unsicherheiten der Methode

Eine grundlegende Unsicherheit besteht in der Annahme, dass nach erfolgter Entsiegelung einer Fläche die Gründigkeit mit jener vor der Versiegelung (Vergleich zur Nachbarschaft) zu vergleichen ist. Da bei einer Entsiegelung jedoch entsprechende Massnahmen wie Tiefenlockerungen oder Profilaufbau (Vilella et al. 2006; EC 2012a) durchgeführt werden und zudem die Gründigkeit ein aggregierter Parameter (auch beeinflusst durch Grundwasserstand (FAL (1996)) ist, kann sie dennoch als Kriterium einbezogen werden.

Grundsätzlich wären bspw. für die Ackerfähigkeit eines Bodens auch die Feinerdekörnung sowie der Skelettgehalt im Oberboden zu berücksichtigen (FAL 1996). Diese Parameter sind in den verwendeten Bodenkarten nicht aufgeführt, wurden deshalb in die Beurteilung nicht mit einbezogen und müssten bei konkreten Projekten in den beiden Kantonen im Feld erhoben werden.

3.4.2 Naherholungsfunktionale Versorgungsleistung

Eine allgemeingültige Beschreibung von Indikatoren für das Potenzial für die erholungsfunktionale Versorgung ist grundsätzlich eher schwierig. Wie Kienast et al. (2012) ausführen, wird die Landschaftswahrnehmung nicht nur durch die objektive Erfassung physischer Gegebenheiten, genannt „space“, bestimmt, sondern es spielen auch eine Reihe kultureller und soziodemographischer Faktoren („place“) hinein, was der Erfahrung eine subjektive Komponente verleiht. Buchecker et al. (2012) haben bei einer Untersuchung in der Schweiz dennoch Präferenzen für Gebietseigenschaften festgestellt, welche über die Sprachregionen hinweg ähnlich sind. Die Autoren schliessen daraus, dass es in der Schweiz „ein gemeinsames Verhaltensmuster der Naherholung“ (Buchecker et al. 2012) gibt. In der vorliegenden Arbeit sollte der Fokus auf der Beschreibung möglichst objektiver, grundsätzlich für die

Schweiz gültiger Indikatoren für die space-Aspekte liegen. Dieser Ansatz wurde bereits in anderen Studien angewandt (Kienast et al. 2012; Thalmann 2012). Die Indikatoren wurden so angelegt, dass die Aussage zum Potenzial der Fläche zum einen arealspezifische Eigenschaften und zum anderen auch gebietsspezifische Eigenschaften einschloss. Unter gebietsspezifischen Eigenschaften werden Charakteristika der Umgebung verstanden, welche eine Frequentierung des einzelnen Areals wahrscheinlich machen oder die Wahrscheinlichkeit dessen erhöhen. Die Gewichtung der einzelnen Indikatoren ist in Anhang B beschrieben.

A Gesamtschweizerisches Wiederherstellungspotenzial

Landschaftseigenschaften

Als Grundlage zur Beurteilung des Naherholungspotenzials diente ein generisches Modell für das Naherholungspotenzial in der Schweiz („distanzungewichtete Landschaftsqualität für Naherholung (DULN)“) (vgl. Buchecker et al. 2013), welches auf einer systematischen Analyse des räumlichen Erholungsverhaltens in der Schweiz basiert (vgl. Kienast et al. 2012). Über 1600 Einwohner von Schweizer Städten im Bereich zwischen 10'000 und 100'000 Einwohnern (Frauenfeld, St. Gallen, Delémont, Langenthal und Bellinzona) wurden hierzu unter anderem zu ihren Freiluftaktivitäten und den subjektiv bevorzugten Geländeeigenschaften für die Naherholung befragt. So konnte eine Liste von Landschaftseigenschaften erarbeitet werden, die „objektiv gesehen“ die Eignung eines Gebiets für die Naherholung bestimmt (siehe Abb. 3-4) (Kienast et al. 2012). Durch die Verwendung verschiedener GIS-Daten konnte das Vorhandensein entsprechender Landschaftscharakteristika in der Schweiz festgelegt werden, was eine Abschätzung des räumlichen Naherholungspotenzials erlaubte (Buchecker et al. 2013). Das Resultat war ein Karte der Schweiz, welche die Naherholungseignung mittels Naherholungseignungspunkten (vgl. Tab. 3-11) beschreibt. Je höher dieser Wert ist, desto höher ist die Eignung. Eine detaillierte Beschreibung der Inputfaktoren des Modells findet sich in Degenhardt et al. (2012), Kienast et al. (2012) und Buchecker et al. (2013). Das Modell wurde bereits von Segura Morán et al. (2013) für eine Potenzialabklärung verwendet.

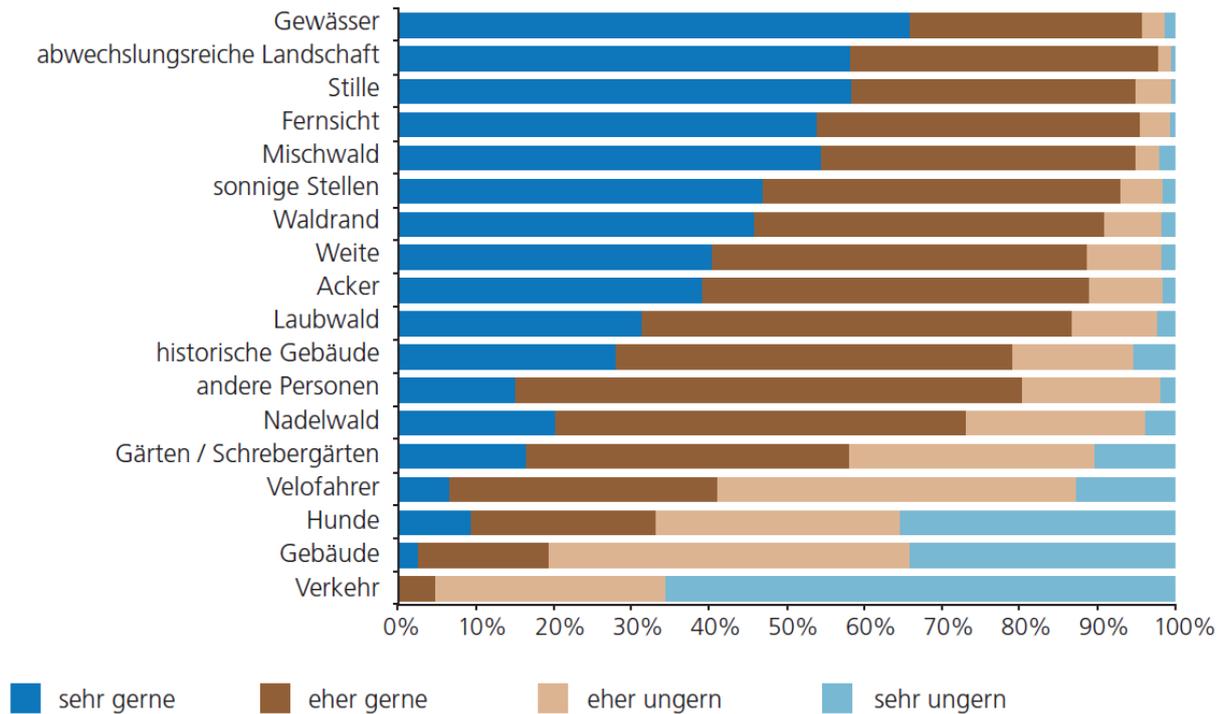


Abb. 3-4 Aussagen von Befragten, wie gerne sie bestimmte Merkmale in ihrer Naherholungsregion vorfinden (Darstellung nach Buchecker et al. 2013)

Die Klassifikation der Modellwerte basiert auf dem Verfahren der natural breaks (Jenks), wobei alle schweizweit vorkommenden Modellwerte in den Wertebereich miteinbezogen wurden. Die Potenzialwerte in Tab. 3-11 wurden für die einzelnen Naherholungseignungspunkte zugewiesen:

Tab. 3-11 Klassierung der Naherholungspunkte gemäss dem Modell von Buchecker et al. (2013) und deren Zuweisung zum Potenzialwert. 1 = wenig geeignet, 5 = sehr gut geeignet

Naherholungseignungspunkte	Potenzialwert
0 bis 23	1
24 bis 43	2
44 bis 64	3
65 bis 97	4
98 bis 440	5

Erreichbarkeit und potenzielle Nachfrage

Die zeitliche Erreichbarkeit ist der klar dominierende Faktor für die effektive Naherholungsnutzung eines Gebiets (Ode & Fry 2006; Degenhardt et al. 2010; Buchecker et al. 2012; Kienast et al. 2012; Ahern et al. 2014). Das oben beschriebene Modell wurde deshalb in der vorliegenden Arbeit um diesen Parameter erweitert, wodurch das Resultat gleichzeitig eine flächenspezifischere Note erhielt. Kienast et al. (2012) zeigten bei ihrer Studie, dass die Distanz zu einem Standort negativ mit der Naherho-

lungsnutzung korreliert. Ein wichtiges Kriterium für die Evaluation eines Standorts als Ort für die Naherholung ist denn auch das effektive Aufsuchen durch Personen (Moffat & Hutchings 2007).

Die Umsetzung in ArcGIS wurde mittels einem Buffer um die Brachflächen und einem Verschnitt dessen mit den Volkszählungsdaten aus dem Jahr 2011 gemacht. Durch das Aufsummieren der Bevölkerungszahlen der Rasterpunkte *mittels zonal statistics* konnte die Bevölkerungsanzahl bestimmt werden, die potenziell von einer Erholungsgestaltung profitieren kann. In Tabelle 3-12 sind die Klassierung der Bevölkerungszahl, welche mittels *natural breaks (Jenks)* vorgenommen wurde und die Zuweisung zum Potenzialwert aufgeführt. Die in der Literatur angegebenen Distanzen unterscheiden sich wesentlich (Grün Stadt Zürich 2005; Ode & Fry 2006; Buchecker et al. 2012), was vornehmlich durch raumkategoriale Gegebenheiten (urban/rural) sowie nutzerstrukturelle Annahmen geprägt zu sein scheint. Die Zeit von durchschnittlich 15 Minuten zur Erreichung des Gebiets scheint hingegen allgemein akzeptiert. Die Berechnung der Grösse des Buffers orientierte sich deshalb an diesem Wert. Buchecker et al. (2013) halten fest, dass die Mehrzahl an Personen Naherholungsgebiete im Langsamverkehr erreichen und weniger als 30 Prozent das Auto benützen. Hier wurde deshalb vereinfacht eine Frequentierung zu Fuss gewählt. Bei einem angenommenen Schrittempo von 5 km/h legt man in 15 min eine Distanz von 1.25 km zurück. Um der nicht-linearen Natur des Wegnetzes und den weniger mobilen Personen Rechnung zu tragen, wurde für den Buffer eine Distanz von 1 Kilometer gewählt.

Tab. 3-12 *Ständige Wohnbevölkerung innerhalb von 1km um Brachfläche (Daten aus Volkszählung 2011). 1 = wenig geeignet, 5 = sehr gut geeignet*

Wohnbevölkerung in 1 km Umgebung [Anz. Pers.]	Potenzialwert
231 bis 1231	1
1232 bis 4374	2
4375 bis 8075	3
8076 bis 15707	4
15708 bis 23898	5

Bestehendes Angebot

Aus der Definition von Freiräumen in Grün Stadt Zürich (2005) wie auch den Ausführungen in Kapitel 2.2.3 geht hervor, dass erholungsrelevante Freiräume, auch wenn diese Kategorie Strassen und Plätze beinhaltet, tendenziell einen eher tiefen Versiegelungsgrad durch Asphalt und Beton aufweisen. Ferner hat auch Wild (2013) gezeigt, dass durch die Verdichtung von Räumen, welche oftmals mit einer zusätzlichen Versiegelung einher geht, die Grünflächen- und damit auch die Freiraumqualität für den Menschen leidet. Der Versiegelungsgrad kann deshalb als Mass für den Charakter der Umgebung und damit die bestehende Freiraumversorgung verwendet werden. Entsprechend dem Gesetz vom abnehmenden Grenznutzen von Gossen (1889) ergibt sich, dass je grösser der Versiegelungsgrad und damit

verbunden je kleiner das bestehende Angebot an erholungstauglichen Freiraumflächen ist, desto grösser ist der Nutzen einer zusätzlichen Einheit.

Als betrachtete Umgebung der Brachfläche wurde wiederum der 1-Kilometer Buffer verwendet. Innerhalb dieser Bufferfläche wurde mittels *zonal statistics* auf Basis des Imperviousness Datensatzes der EEA (20x20m Auflösung) der Durchschnittswert für den Versiegelungsgrad berechnet. Die zum Aufnahmezeitpunkt von Wolken bedeckten Gebiete, die deshalb im Datensatz keine Versiegelungswerte aufwiesen, wurden zu NoData-Werten umgewandelt, wodurch die Nichtberücksichtigung betroffener Zellen in der Analyse gewährleistet werden konnte. Tabelle 3-13 zeigt basierend auf einer *Natural Breaks (Jenks)* Klassierung des Versiegelungsgrades die hier verwendete Einteilung der Versiegelungswerte und die entsprechende Zuweisung zum Potenzialwert.

Tab. 3-13 *Klassifikation des Versiegelungsgrads nach Natural Breaks (Jenks) und die entsprechende Bewertung. 1 = wenig geeignet, 5 = sehr gut geeignet*

Versiegelungsgrad [%]	Potenzialwert
1.9 bis 6.3	1
6.4 bis 14.1	2
14.2 bis 20.2	3
20.3 bis 29.5	4
29.6 bis 52.3	5

A.1 *Unsicherheiten der Methode*

Die räumliche Validität des generischen Modells kann gemäss Degenhardt et al. (2012) nur geschätzt werden. Klare Aussagen können nur für die in den Grundlagenstudien geltenden Rahmenbedingungen (Mittelstädte, ausserhalb von Siedlungen) gemacht werden. Kriterien für die Fernerholung, wie bspw. das Potenzial für die wintersportliche Nutzung wurden nicht berücksichtigt, weshalb lediglich Abschätzungen des Naherholungspotenzials und nicht des grundsätzlichen Erholungspotenzials gemacht werden können. Ein Buffer als Einzugsgebiet für die Abschätzung der potenziellen Nachfrage an Erholungsräumen ist zwar eine vereinfachte Annahme eines Einzugsgebietes (Annahme der euklidischen Distanz (Luftlinie) zur Fläche), doch wird er für die grobe Skala der schweizweiten Auswertung als genügend erachtet (Bestätigung Tobias 12.02.2014).

Gewisse Charakteristika der Erhebungsmethode der Volkszählung führen zu Einschränkungen in der Aussagekraft der Hektardaten. Aus Datenschutzgründen dürfen Einwohnerzahlen von 1 bis 3 pro Hektare nicht als solche ausgewiesen werden und werden in der Statistik der aggregierten Bevölkerungszahlklasse „3“ zugewiesen (BFS 2012). Dieser Umstand führt dazu, dass die jeweiligen Abschätzungen leicht überhöht sein können. Da für den vorliegenden Zweck jedoch keine personengenaue Bestimmung notwendig war und eher die relative Grössenordnung interessierte, stellte dieses Faktum keine grosse Einschränkung dar. Der beschriebenen Tendenz zur Überschätzung steht entgegen, dass der

Arealstatistik eine Punktstichprobenerhebung in einem Hektarraster zu Grunde liegt, wobei die Zentrumsordinate für den Wert der Zelle ausschlaggebend ist (BFS 2012). Fällt diese nicht auf eine für Wohnzwecke genutzte Fläche, wird sie nicht als solche ausgeschieden, auch wenn die Umgebung hauptsächlich in dieser Art dominiert wird.

Die Beschreibung des bestehenden Naherholungsangebots nur über den Versiegelungsgrad kann unter Umständen zu wenig weit greifen. Zum einen ist es möglich, dass gewisse Grünräume nicht als Erholungsräume angesehen werden, zum anderen können auch versiegelte Flächen, wie beispielsweise ein Schulhausplatz, für die aktive Naherholung von Bedeutung sein.

B Fallstudienanalyse

Erreichbarkeit und potenzielle Nachfrage

Die obigen Überlegungen zur Erreichbarkeit gelten auch für die Fallstudienanalyse. Auf dieser spezifischeren Ebene, wo jeweils nur eine einzige Fläche betrachtet wird, konnte das mögliche „Einzugsgebiet“ jedoch genauer abgeschätzt werden. ArcGIS bietet mit *Service Area* ein Netzwerk-Analyse-Instrument, womit basierend auf einem gegebenen Strassennetzwerk all jene Gebiete identifiziert werden, von denen aus einer oder mehrere Punkte innert einer festgesetzten Distanz oder Reisezeit erreicht werden können. Die spezifisch gewählten Parameter und Einzugsgebietseigenschaften für die Analyse in ArcGIS sind in Anhang D aufgeführt.

Wiederum wurde hier eine maximale Anreisedistanz von 1000 Metern implementiert. Innerhalb dieser wurde mittels *Zonal Statistics* in ArcGIS die Zahl der ständigen Wohnbevölkerung aus der Volkszählung 2011 berechnet. Die Klassierung wurde nach Quantilen aus den Werten aller Fallstudienflächen hergeleitet und die resultierenden Klassen einem Potenzialwert zugeordnet (siehe Tab. 3-14). Zur Generierung des der *Service Area* zu Grunde liegenden Netzwerkdatensatzes wurden, aufgrund der präferierten Frequentierung von Naherholungsgebieten im Langsamverkehr und der entsprechenden Distanzwahl, aus dem Datensatz *swissTLM3D 1.1* der *swisstopo* jene Strassentypen ausgewählt, welche zu Fuss passierbar sind. Dementsprechend wurden die Objektarten *1m Weg*, *1m Wegfragment*, *2m Weg*, *2m Wegfragment*, *3m Strasse*, *4m Strasse*, *Markierte Spur*, *Platz* und *Verbindung* identifiziert. Da Fussgängerüberquerungen wie Fussgängerstreifen im Datensatz teilweise nicht erfasst waren, wurde die nächste Umgebung der Brach- oder Baufläche optisch auf dieses Faktum überprüft und der Datensatz nötigenfalls, um eine Verbindung zu gewährleisten, mit zusätzlichen Elementen ergänzt. Als Zielpunkte für die *Service Area* wurden die Strassen- und Wegeknoten verwendet, die unmittelbar an die Brach- oder Baufläche grenzen. Für jeden von diesen wurde eine eigene Fläche berechnet, welche mit der Implementierung des Werkzeugs jedoch automatisch vereint wurden.

Tab. 3-14 Bevölkerungszahl innerhalb der Service Area und entsprechende Potenzialbewertung.
1 = wenig geeignet, 5 = sehr gut geeignet

Bevölkerungszahl	Potenzialwert
427 bis 572	1
573 bis 1201	2
1202 bis 1674	3
1675 bis 2192	4
2193 bis 3524	5

Bedarf an Naherholungsflächen

Wie bereits in der schweizweiten Abschätzung, wurde auch bei den punktuellen Vertiefungen der bestehende Bestand an potenziellen Naherholungsflächen integriert. Wiederum wurde dieser anhand des mit einer *Zonal Statistic* berechneten durchschnittlichen Versiegelungsgrads aus dem Imperviousness Datensatz der EEA betrachtet. In diesem Fall wurde der Versiegelungsgrad innerhalb der Service Area berechnet. Die Klassierung nach Quantilen und die Bewertung sind in Tab. 3-15 ersichtlich.

Tab. 3-15 Klassifikation des Versiegelungsgrads und die entsprechende Bewertung. 1 = wenig geeignet, 5 = sehr gut geeignet

Versiegelungsgrad [%]	Potenzialwert
< 13.8	1
13.8 bis 20.9	2
21.0 bis 23.4	3
23.5 bis 28.6	4
> 28.6	5

Fernsicht

Das Vorhandensein von freier Sicht an einem Standort hat das Potenzial, die ästhetische Wahrnehmung der Umgebung zu steigern (Hard 1970). So zeigten bspw. Bourassa et al. (2004), dass die Weite des Blickfeldes nebst anderen Faktoren einen positiven Einfluss auf Wohnungspreise hat. Kienast et al. (2012) halten weiter fest, dass Fernsicht in allen Sprachregionen der Schweiz als besonders positiv für eine erholungsfunktionale Wirkung gewertet werden (vgl. Abb. 3-4).

Zur Bestimmung dieses Indikators wurde in ArcGIS eine Sichtbarkeitsanalyse (*visibility analysis*) durchgeführt. Hierbei werden in einem Input-Raster alle Zellen bestimmt, welche von einem oder mehreren Beobachterpunkten aus sichtbar sind (Burrough & McDonnell 2005). Je grösser die sichtbare Fläche (Anzahl sichtbare Rasterpunkte) ist, desto grösser ist der Potenzialwert des Indikators (Tab. 3-16). Auf der Erdoberfläche befindliche Objekte wie Bebauungen oder Bewuchs können die Fernsicht einschränken. Als Eingaberaster konnte deshalb nicht ein DHM, welches die natürliche Erdoberfläche darstellt, verwendet werden, sondern es musste ein Oberflächenmodell (DOM) mit den integrierten

Objekten benutzt werden. In der vorliegenden Arbeit wurde das DOM von swisstopo mit einer 2-Meter Auflösung verwendet. Da auf den Brachflächen zum jetzigen Zeitpunkt teilweise noch Gebäude vorhanden sind, musste dieser Umstand, um eine realistische Aussage machen zu können, zuerst korrigiert werden. So wurde in ArcGIS mit *extract by mask* für die Brachflächen-Areale aus dem DTM (Digitales Geländemodell von swisstopo mit 2-Meter Auflösung) der Zustand ohne Gebäude ermittelt und anschliessend mittels *Mosaic to New Raster* das grossflächige DOM mit dem Brachflächenausschnitt des DTMs zusammengefügt, wobei für die Überlappungsbereiche (Brachfläche) die Übernahme der DTM-Rasterzellenwerte angeordnet wurde. So wurden die Brachflächengebäude bei den Fallstudien vom DOM entfernt. Im Falle von Glarus, wo das Neubauprojekt der Eternit AG in unmittelbarer Nähe einer zum aktuellen Eternit Areal (auch im Sinne einer Brachfläche behandelt) lag und somit eine Beeinträchtigung des Sichtfelds darstellen würde, wurde dieses Gebäude mit einer hypothetischen Höhe von 10 Metern (durchschnittliche Gebäudehöhen des heutigen Produktionsstandorts abgeleitet aus einer Differenzberechnung des DOMs und des DTMs) dem DOM hinzugefügt. Nach erfolgter Bearbeitung wurde der resultierende Rasterdatensatz aus Gründen der Sensitivitätsreduktion auf eine 20m Auflösung aggregiert. Dabei wurde als Grundlage zur Zuweisung des neuen Rasterwerts der grösste in Frage kommende Rasterwert des 2m-DOMs berücksichtigt.

Als Beobachter-Objekte gelten in der Sichtbarkeitsanalyse entweder Punkte oder Polylinien. Aus diesem Grund wurden die Brachflächen erst in ein 20m-Raster umgewandelt und diese Rasterzellen anschliessend in Punkte umgewandelt. Damit konnte zum einen garantiert werden, dass die sichtbare Fläche nicht durch die Reduktion der Fläche auf einen Punkt beschränkt wurde und zum anderen wurde im gleichen Zug auch die Arealgrösse als Faktor miteinbezogen. Die Sichtbarkeit wurde somit von mehreren, sich auf der Fläche befindenden Punkten aus geprüft. Als Beschränkung der Sichtweite im Sinne einer Fernsicht wurde ein äusserer maximaler Radius von 10 Kilometern eingebaut, wie dies auch schon in Studien von Miller (2001) oder Brabyn & Mark (2011) implementiert wurde. Um der erhöhten Beobachterposition (Augenhöhe) Rechnung zu tragen, wurde beim Eingaberaster für die Beobachterpositionen eine durchschnittliche Körpergrösse von 170 Zentimetern hinzugerechnet. Dies entspricht gemäss Eichholzer et al. (1999) der durchschnittlichen Körpergrösse der Schweizer Bevölkerung. Neuere Daten von Rühli et al. (2008) halten fest, dass sich dieser Wert geringfügig erhöht hat. Da jedoch die Augenhöhe nicht genau mit der Körpergrösse übereinstimmt, wird dieses Faktum ausgeglichen.

Tab. 3-16 *Klassifikation (Quantile) der Möglichkeit auf Fernsicht und die entsprechende Potenzialbewertung. 1 = wenig geeignet, 5 = sehr gut geeignet*

Sichtbare Fläche [ha]	Potenzialwert
< 940	1
941 bis 1252	2
1253 bis 2130	3

2131 bis 3254	4
> 3254	5

Lärm als hemmendes Element

Abbildung 3-4 ist zu entnehmen, dass die Stille einer der am stärksten nachgefragten Faktoren für eine erfolgreiche Erholungswirkung ist. Damit eignen sich erheblich lärmbelastete Gebiete nicht als Naherholungsgebiete. Seit dem Jahr 2009 besteht die Lärmdatenbank sonBASE des Bundesamts für Umwelt (BAFU). In diesem Zusammenhang wurden flächendeckend, getrennt für Tag und Nacht Lärmberechnungen „für die drei Hauptlärmquellen Strassen-, Eisenbahn- und Flugverkehr realisiert“ (BAFU 2013c). Diese basieren auf der vektorisierten Landeskarte 1:25'000, dem Digitalen Terrainmodell und weiteren geokodierten Daten verschiedener Bundesämter (BAFU 2013c). Das Resultat dieser Berechnungen besteht als Rasterdatensatz, wobei den einzelnen Zellen jeweils der Lärmwert in dB zugewiesen ist. Die Karten für den Strassen- und Eisenbahnverkehr sind frei zugänglich und werden in der vorliegenden Auswertung verwendet. Die beiden Rasterdatensätze wurden, nachdem die NoData-Werte mit *IsNull* und *Con* zum Wert 0 umgewandelt waren, mittels *Cell Statistics* zusammengeführt, wobei der resultierende Rasterwert, aufgrund der effektiven Störwirkung am Ort, entsprechend dem höheren der beiden Eingangswerte gewählt wurde. Kienast et al. (2012) stellten fest, dass die Naherholungseignung negativ mit der Nähe zu Hauptstrassen korreliert ist. Zum einen ist der Lärm mutmasslich ein Auslöser für die negative Bewertung, zum anderen wird auch der „visuelle Lärm“, welcher von Verkehrsinfrastruktur ausgeht, abgedeckt. Durch den Einbezug des Verkehrslärms wurde diesem Faktum gleichzeitig mit grosser Übereinstimmung Rechnung getragen. Die von hörbarem Lärm betroffenen Gebiete decken sich grösstenteils mit jenen, die auch visuell beeinträchtigt sind, weshalb sich ein separater Einbezug der Nähe erübrigt.

Nach Art. 41, Abs. 2 der Lärmschutz-Verordnung (LSV 1986) gelten für Gebiete, wo sich die Aktivitäten auf den Tag beschränken, für die Nacht keine Belastungswerte. Entsprechend wurden nur die Lärmwerte für den Tag einbezogen. In den Nutzungsplänen können entsprechend den Ansprüchen der Nutzung den einzelnen Zonen Empfindlichkeitsstufen (I-IV) zugeordnet werden (ÖREB 2014). Diese definieren einen konkreten Immissionswert (in dB), der nicht überschritten werden darf. So ist der LSV (1986, Art. 43, Abs. 1) zu entnehmen, dass in Zonen mit einem „erhöhten Lärmschutzbedürfnis, namentlich in Erholungszonen“ die Empfindlichkeitsstufe I gilt. Der Tabelle 3-17 sind die Planungs-, Immissionsgrenz- und Alarmwerte der Empfindlichkeitsstufe I für den Strassen- und Bahnlärm während dem Tag sowie die PotenzialwertEinstufung der Lärmwerte zu entnehmen. Schalldruckpegel bis rund 40 db(A) gelten nach Hofmann (1998) als typisch für ein ruhiges Wohnquartier. Brachflächen bis zu einer solchen Lärmbelastung wurde deshalb eine uneingeschränkte Eignung zugesprochen und sie erhalten die maximale Klassenbewertung 5. Brachflächen, welche den Planungswert einhalten, wurde die zweithöchste Eignung zugewiesen. Der Planungswert gilt im Allgemeinen für „die Errichtung neuer lärm-erzeugender Anlagen und die Ausscheidung respektive Erschliessung von Bauzonen für lärm-

empfindliche Gebäude“ (BAFU 2013d). Ab dem Immissionsgrenzwert, bei dem die Bevölkerung im Wohlbefinden erheblich gestört wird und für „bestehende lärm erzeugende Anlagen respektive Baubewilligungen und lärmempfindlicher Gebäude gilt“ (BAFU 2013d) und speziell ab dem Alarmwert, der ein Kriterium für Notwendigkeit von lärmschutztechnischen Massnahmen ist (BAFU 2013d), ist die Eignung eingeschränkt. Zwischen Immissionsgrenz- und Alarmwert wurde der Vollständigkeit wegen eine weitere Klasse definiert.

Tab. 3-17 *Klassierung der Lärmwerte basierend auf typischen Schalldruckpegeln nach Hofmann (1998) und den Planungs-, Immissionsgrenz- und Alarmwert für die Belastung von Zonen der Empfindlichkeitsstufe (ES) I durch Strassen- und Bahnlärm nach LSV 1986, Anhang 3 bzw. 4; 2 Belastungswerte. 1 = wenig geeignet, 5 = sehr gut geeignet*

	Ruhiges Wohnquartier	Planungs- wert (ES I)	Immissionsgrenz- wert (ES I)	Zwischen- klasse	Alarmwert (ES I)
Lärmwert [dB(A)]	31-40	50 (41-49)	55 (50-54)	55-64	65 (>64)
Potenzial- wert	5	4	3	2	1

Nähe zu Gewässern und Waldflächen

Gewässer und Waldflächen stellen starke Anziehungselemente der Landschaft dar (Kienast et al. 2012). Seen und Flüsse, so halten Buchecker et al. (2013) fest, sind die am meisten geschätzten Elemente, die eine Landschaft für die Naherholung attraktiv machen (siehe Abb. 3-4). Als Indikator für die Eignung hinsichtlich des Erlebnisses von Gewässern und Wald, wurde die Nähe zu ebendiesen verwendet. Die Idee ist, dass eine geringere Distanz der Fläche zu solchen Elementen die Wahrscheinlichkeit der Frequentierung als Naherholungs- oder Zubringerfläche erhöht und eine unmittelbare Nachbarschaft einen Einbezug der hydrologischen oder forstlichen Komponente bei der späteren Ausgestaltung der Fläche zulässt. Je näher die Fläche zu einer Waldfläche oder einem Gewässer, desto höher ist somit die Eignung. ArcGIS sieht mit *Near* ein Analyseinstrument vor, welches die kürzeste Distanz zweier Elemente (hier Brachflächenpolygone zu Gewässerlinien/Waldpolygonen) berechnet. Die Gewässergeometrien stammen aus dem Datensatz swissTLM3D der swisstopo und beinhalten alle linearen sowie flächigen Gewässer. Berücksichtigt wurden die stehenden Gewässer sowie die Fliessgewässer, wobei solche mit unterirdischem Verlauf für die Analyse entfernt wurden. Die Waldflächen in der Umgebung der Fallbeispielflächen wurden, basierend auf dem Schweizer Orthophoto aus dem Jahr 2013 selbst bei einem Massstab von 1:3000 digitalisiert. Die Umsetzung der Distanzwerte in Potenzialwertpunkte ist in Tab. 3-18 ersichtlich.

Tab. 3-18 Umsetzung der Entfernungswerte für Gewässer und Waldflächen zur Berechnung in ArcGIS. 1 = wenig geeignet, 5 = sehr gut geeignet

Entfernung zu Wald oder Gewässer [m]	Potenzialwert
> 175	1
101 bis 175	2
51 bis 100	3
26 bis 50	4
0 bis 25	5

B.1 Unsicherheiten der Methode

Die Frage stellt sich hier insbesondere nach der Auswahl und Gewichtung der Landschaftseigenschaften und Faktoren, welche in ihrer Kombination eine möglichst objektive Beschreibung der von der Bevölkerung präferierten Gebiete darstellen soll. So wird beispielsweise das Kriterium der Witterung (sonnige Stellen), welche in Buchecker et al. (2013), Wytttenbach (2012) wie auch Mutz et al. (2002) erwähnt werden, nicht berücksichtigt. Da in der vorliegenden Arbeit jedoch nur die Naherholung berücksichtigt wird und hierfür die Detailgenauigkeit entsprechender Witterungsdaten nicht ausreicht, wurde auf den Einbezug verzichtet. Haeberli et al. (2007) stellen fest, dass aus der Sichtbarkeit einer Landschaft, zusammen mit deren Schönheit (basierend auf Landschaftsmerkmalen) eine Aussage zur Landschaftsästhetik gewonnen wird. In der vorliegenden Arbeit wurde darauf verzichtet die Schönheit der Landschaft innerhalb der sichtbaren Fläche zu bewerten. Zum einen sollte die Sichtweite alleine als entscheidender Faktor betrachtet werden. Zum anderen bin ich der Meinung, dass für das Erholungspotenzial einer Einzelfläche die Landschaftsmerkmale in der näheren Umgebung entscheidender sind. Diese wurden durch die weiteren Indikatoren einbezogen.

Weiter konnte aufgrund von Einschränkungen in der Datenverfügbarkeit der Aspekt der Lärmeinwirkung nicht in all seinen Dimensionen abgedeckt werden. In den Karten des BAFU sind zusätzliche Lärmarten, wie jener von zivilen und militärischen Schiessanlagen, von Freizeiteinrichtungen oder Industrie- und Gewerbelärm nicht berücksichtigt.

3.4.3 Landschaftsästhetik als identitätsstiftender und tourismusfördernder Faktor

Da die Ästhetik von Landschaften für viele finale Nutzungen ein zentrales Element darstellt (siehe Kapitel 2.2) wurde diese hier als separates Element betrachtet und das Potenzial eines Brachflächenrückbaus für die Aufwertung des Landschaftsbildes im Sinne eines Beitrags zur Identifikation oder Tourismusattraktivität bewertet. Auch im Ökosystemleistungsinventar des BAFU (Staub et al. 2011) wird die Schönheit der Landschaft für die Identifikationsermöglichung und damit als Beitrag zu der Gesundheit und dem Wohlbefinden genannt. Ewald (2001) und Grêt-Regamey et al. (2007) halten fest, dass die Landschaftsästhetik in der Landschaftsplanung noch zu sehr vernachlässigt wird. Für das Erscheinungsbild eines Ortes oder ganzer Landschaften werden Brachflächen oftmals als beeinträchti-

gend empfunden. In diesem Zusammenhang können sie sogar „Hindernisse für die wirtschaftliche Entwicklung einer Region“ darstellen (TMLFUN 2009). Dies ist von besonderer Bedeutung, wenn der in einer Region dominierende Wirtschaftsbereich von der Schönheit der Landschaft abhängt. Dies ist unter anderem beim Tourismus der Fall. So zeigten Hunziker & Buchecker (1999), dass eine Intensivierung touristischer Infrastrukturen die ästhetische Erlebnisqualität einer Region reduzieren kann. Dies halten auch Grêt-Regamey et al. (2007) für den Bau von Skianlagen und grossen versiegelten Flächen fest. Gleichzeitig kann sich eine Extensivierung der Landschaft, beispielsweise durch das „Brachfallen landwirtschaftlicher Produktionsflächen“ (Hunziker & Buchecker 1999) positiv auswirken. Im Folgenden wird der Rückbau der Brachflächen als potenzielles Element zur Aufwertung des Landschaftsbildes und Ermöglichung der Identifikation sowie als Potenzial in touristischer Hinsicht jeweils getrennt betrachtet. Dabei wurde zum einen ein Modell aus dem LABES und zum anderen ein Modell von Segura Morán et al. (2013) jeweils in Zusammenhang mit einem Geometrieindikator verwendet. Die Gewichtung der einzelnen Indikatoren zur Aggregation zum finalen Potenzialwert ist in Anhang B beschrieben.

A *Gesamtschweizerisches Wiederherstellungspotenzial*

Anders als bei den anderen Ansätzen zur Beschreibung der gesamtschweizerischen Ökosystemleistungspotenziale, sprachen hier die speziellen Wertverteilungen der Indikatoren für eine Implementierung einer Potenzialwertskala mit Maximalwert 4. Da diese Ökosystemleistung bei der vergleichenden Betrachtung (Kapitel 4.3) nicht mit einbezogen wurde, zieht dies jedoch keine Verminderung der Verständlichkeit und Aussagekraft nach sich.

Brachflächengrösse

Die Dominanz einer Siedlungsstruktur in einer Landschaft hängt auch von deren Ausmassen ab. Grossflächige Strukturen werden eher als individuelles, je nach dem störendes Element wahrgenommen, als kleine, eventuell gar mit der Landschaft verschmelzende Strukturen. Somit würden insbesondere flächenmässig grosse Brachen einen Beitrag zur Aufwertung des Landschaftsbildes leisten. Je grösser daher die Fläche der Brache ist, desto grösser wurde das Potenzial eingestuft. Die Klassierung der Flächengrössen ist in Tab. 3-19 aufgeführt. Sie basiert auf der Methode Geometrical Interval, welche sich für die spezifische Grössenverteilung der Brachflächen mit wenigen deutlich grösseren Flächen eignet (Frye 2007). Um den unterschiedlichen Brachflächentypen, die in der vorliegenden Arbeit vorkommen, Rechnung zu tragen, wurde bei diesem Indikator gleichzeitig die Information des Versiegelungsgrads einbezogen. Gerade ehemalige Flugplätze weisen zwar flächenmässig eine beachtliche Grösse auf, doch ist das Areal oft nur zu einem geringen Teil versiegelt (Pisten innerhalb von Grünflächen). Die visuelle Beeinträchtigung ist in solchen Fällen nicht gleich gross, wie eine gänzlich versiegelte Fläche dieser Grösse. Auf Basis des Imperviousness Datensatzes der EEA wurde deshalb der durchschnittliche Versiegelungsgrad der Brachflächenstandorte ermittelt. War dieser kleiner als 50 Prozent, wurden die höchsten zwei Eignungsklassen um eine Stufe nach unten korrigiert.

Tab. 3-19 Zuweisung der Flächengrößen zum jeweiligen Potenzialwert. 1 = wenig geeignet, 4 = sehr gut geeignet

Flächengröße [m ²]	Potenzialwert
512 bis 7123	1
7124 bis 52160	2
52161 bis 358999	3*
359000 bis 2449465	4*

*Einstufung kann in Abhängigkeit des Versiegelungsgrades um eine Stufe tiefer liegen

Wahrgenommene Schönheit der Landschaft

Das Programm „Landschaftsbeobachtung Schweiz“, kurz LABES, erhebt und beschreibt anhand von verschiedenen Indikatoren die Entwicklung und den Zustand der Landschaft in der Schweiz (Thélin & Roth 2010). Dabei wird im Indikator 24 auch der Themenbereich der Landschaftsästhetik abgedeckt. In einer für die Schweiz repräsentativen Erhebung wurde im Jahr 2011 die wahrgenommene Schönheit der Landschaft in der Schweiz aufgenommen (Frick 2012). Das Resultat dieser Erhebung war eine gebietsspezifische Einteilung in 5 Stufen und kann als Indikator für die Eignung eines Rückbaus einer Brachfläche verwendet werden. Die Überlegung ist, dass ein solcher die wahrgenommene Schönheit einer Landschaft erhöhen kann und damit in Gebieten mit geringer wahrgenommener Schönheit einen Beitrag zur Bindung und Identifikation der Personen mit ihrer umgebenden Landschaft zu leisten vermag. Liu et al. (2007) haben denn auch gezeigt, dass ein positiver Zusammenhang besteht zwischen dem Anteil an Grünraum in urbanen Gebieten und der positiven Wahrnehmung der Spazierumgebung bei Kindern und ihren Familien. Weiter gibt es, wie in Kapitel 2.2.3 erläutert, Studien, die die Naturnähe eines Umweltausschnittes als entscheidenden Faktor für die passive und aktive Erholung (Matsuoka & Kaplan 2008) sowie die Identitätsstiftung und Ortsbindung (Nohl 2001, zit. in: Thalmann 2012) beschreiben.

Konkret diene der Polygondatensatz mit der Aggregation der Resultate auf Bezirksebene als Informationsgrundlage. Tabelle 3-20 zeigt die Potenzialwerte für die Werte des LABES Indikators 24, welche Werte zwischen eins und fünf beinhaltet. Die Landschaft wurde dabei als relativ schön beschrieben, weshalb der effektive Wertebereich nur zwischen 3.2 und 5 liegt. Aus diesem Grund wurde die Klassierung (Geometrical Interval) in diesem Fall nur in 4 Stufen vollzogen. Diese Einteilung entspricht jener von Segura Morán et al. (2013) in ihrer Studie.

Tab. 3-20 Zuweisung der Eignungsbewertung zu Bewertung der wahrgenommenen Schönheit in LABES Indikator 24. 1 = wenig geeignet, 4 = sehr gut geeignet

Ästhetikwert in LABES Indikator 24	Potenzialwert
3.2-3.8	4
3.9-4.1	3
4.2-4.3	2
4.4-5.0	1

Tourismuspotenzial

Segura Morán et al. (2013) haben für die Schweiz ein Modell für das Tourismuspotenzial erarbeitet. Dieses basiert im Grunde auf dem Naherholungsmodell von Kienast et al. (2012) und Buchecker et al. (2013) (siehe Kapitel 3.4.3). Da dieses jedoch nur für die Naherholung und nicht für den Ferntourismus repräsentativ ist, wurden zusätzlich entsprechende Elemente hinzugefügt. So wurden von den Autoren weitere Komponenten integriert, welche mit längeren Aufenthalten assoziiert werden (bspw. Gasthöfe) oder auch solche, die einen grösseren Radius der erholungsfunktionalen Anziehungskraft haben (bspw. Skilifte) (für Details siehe Segura Morán et al. 2013). Weiter wurden die Resultate einer Studie von Venkateswaran (2010) berücksichtigt. Venkateswaran (2010) erarbeitete eine Landkarte der Häufigkeit von Web-Abfragen von Schweizer Gemeindenamen im Zusammenhang mit Tourismus, woraus unter anderem Rückschlüsse auf den touristischen Stellenwert des Ortes gemacht werden können (Venkateswaran 2010). Die Kombination der erwähnten tourismusrelevanten Gegebenheiten ergibt in einem Rasterdatensatz die gebietsspezifischen Tourismuspotenziale der Schweiz.

In der vorliegenden Arbeit wurden zur Abschätzung des Potenzials nicht nur die Rasterwerte der Brachflächenareale selbst berücksichtigt, sondern die Zellwerte des Modells innerhalb eines 1-Kilometer Buffers mittels *Zonal Statistics* in ArcGIS gemittelt. So konnte sichergestellt werden, dass der Charakter der nahen Umgebung der Brachfläche beurteilt wird. Die Potenzialwerte mit zugehörigen Tourismuspotenzialwerten sind in Tabelle 3-21 dargestellt.

Tab. 3-21 *Zuweisung der Eignungsbewertung zur Bewertung des Tourismuspotenzials in der Schweiz basierend auf Segura Morán et al. (2013). 1 = wenig geeignet, 4 = sehr gut geeignet*

Tourismuspotenzialwert	Potenzialwert
0 bis 4.77	1
4.78 bis 7.03	2
7.04 bis 9.79	3
9.80 bis 64.01	4

A.1 Unsicherheiten der Methode

Die Grundannahme des gewählten Ansatzes, wonach Brachflächen grundsätzlich als nicht ästhetisch angesehen werden und sie damit einen negativen Einfluss ausüben, ist stark pauschalisierend. Im Kanton Glarus bestehen verschiedentlich ältere Spinnereigebäude auf den Brachen, welche in gutem Zustand sind. Solche Gebäude können entgegen der Annahme als wertvolles Element der Landschaft gelten und so zur Identitätsbindung der Bevölkerung beitragen. Es ist allgemein zu hinterfragen, inwiefern ein allgemein objektives Schönheitsbild von Landschaften und ihren Elementen in der Bevölkerung besteht.

Insbesondere der auf dem LABES „Wahrgenommene Schönheit der Landschaft“ basierende Indikator hat eine relativ hohe Aggregationsstufe. Diesbezügliche Werte bestehen nur auf Ebene Bezirk. Inner-

halb eines Bezirkes sind die Landschaftscharakteristika jedoch nicht gleichmässig verteilt, wonach es je nach Region auch Abweichungen in der wahrgenommenen Schönheit geben kann. Diese Raumunterschiede sind mit dem verwendeten Ansatz nicht abgedeckt.

B Fallstudienanalyse

Die Bewertung im spezifischen Fall geht ebenfalls vom Grundsatz aus, dass naturnahe Landschaften als ästhetischer wahrgenommen werden, als versiegelte, technisierte Gebiete. Es wurde deshalb evaluiert, inwiefern aus verschiedenen Perspektiven von dieser Aufwertung profitiert werden kann. Eine Trennung in die Tourismuseignung bzw. Identitätsermöglichung, wie bei der Abschätzung des gesamtschweizerischen Wiederherstellungspotenzials, wurde nicht durchgeführt, weil diese nicht in klassischen Tourismusregionen liegen.

Brachflächengrösse

Wiederum wurde die Flächengrösse nach dem oben beschriebenen Prinzip (inkl. Modifikationsmöglichkeit gemäss Versiegelungsgrad bei den Eignungsklassen 4 und 5) als Indikator verwendet (vgl. Ausführungen oben). Die Potenziale und deren Klassierung wurden kantonsspezifisch, also anhand der zur Verfügung stehenden Brachflächengrössen im Kantonsgebiet, wie in Tabelle 3-22 dargestellt, zugewiesen. Die Klassierung basiert auf der Klassierungsmethode Natural Breaks (Jenks).

Tab. 3-22 Zuweisung der Brachflächengrössen in den Kantonen Aargau und Glarus zu einem Potenzialwert. 1 = wenig geeignet, 5 = sehr gut geeignet

Potenzialwert	Brachflächengrösse Kt. AG	Brachflächengrösse [m ²] Kt. GL
1	< 22859	849 bis 9763
2	22859 bis 37425	9764 bis 58621
3	37426 bis 47796	58622 bis 125372
4	47797 bis 56257	125373 bis 207404
5	56258 bis 168121	207405 bis 1033357

Sichtbarkeit und Prominenz der Brachfläche

Um Gebiete mit schöner Aussicht zu identifizieren, deren Qualität zu vergleichen oder die visuellen Auswirkungen einer Landnutzungsänderung abzuschätzen, wird oft der konkrete Sichtbereich mittels einem quantitativen GIS-integrierenden Ansatz bestimmt. Dabei werden unter anderem die räumliche Ausdehnung des Sichtbereichs an sich sowie das Befinden von bestimmten Landnutzungstypen innerhalb desselben als Masszahl betrachtet (Germino et al. 2001). Dieser Ansatz wurde in der vorliegenden Potenzialabschätzung ebenfalls angewandt. Je grösser die Fläche ist, von der aus man die Brachfläche sieht, desto grösser kann die Eignung der Fläche als Aufwertungsobjekt angesetzt werden. In diesem Sinne ist die Grösse des Sichtbereichs als Mass für die optische Zentralität und Prominenz des Standortes zu verstehen. Zur Bestimmung dieses Indikators wurde in ArcGIS eine Sichtbarkeitsanalyse (*visibi-*

lity analysis) durchgeführt. Als Grundlage diente das 2-Meter DOM von swisstopo, welches vor der Berechnung auf eine 20m-Auflösung aggregiert wurde. Da der Rechenaufwand im vorliegenden Fall für die Prüfung der Sichtbarkeit der Brachfläche von allen in Frage kommenden Punkten aus zu gross wäre, wurde hier der reziproke Weg angewandt (Vogel 2005, zit. in: Thalmann 2012). Es wird geprüft, welche Zellen von der Brachfläche aus sichtbar sind. Für diese gilt dann auch der umgekehrte Fall. Je grösser die Anzahl resultierender Rasterzellen, desto grösser ist entsprechend auch die Eignung der Brachfläche.

Für die Quantifizierung der Fernsicht bei der Abschätzung der erholungsfunktionalen Nutzungseignung (Kapitel. 3.4.2) wurde eine maximale Sichtdistanz von 10 Kilometern angewandt. Da beim vorliegenden Ansatz jedoch nicht auf die Bestimmung einer Fernsicht, sondern auf die Sichtbarkeit einer einzelnen Fläche gezielt wird, konnte dieser Radius nicht eins zu eins übernommen werden. Das Blickfeld wird gemäss Thalmann (2012) in einen Nah- und einen Tiefenraum unterteilt. Dabei wird der Tiefenraum, im Gegensatz zum Nahraum, in welchem einzelne Elemente spezifisch wahrgenommen werden, nur „visuell-perspektivisch durchmessen“ (Thalmann 2012). Es werden also „lediglich grossflächige Bodenbedeckungen und Nutzungen wahrgenommen“ (Thalmann 2012). Zehn Kilometer stellen daher eine zu grosse Distanz für die Sichtbarkeit einer Einzelfläche im Nahraum dar. Der Nahraum wird in der Literatur unterschiedlich beschrieben. Thalmann (2012) spricht von einer Distanz von bis 800 Metern, Sevenant & Antrop (2007) hingegen von 1.2 Kilometern. In der vorliegenden Arbeit wurde folglich der Durchschnitt, also 1 Kilometer, verwendet.

Tabelle 3-23 zeigt die Klassierung des Sichtbereichs hinsichtlich dessen Potenzials. Die Grösse der Fläche wurde dabei nicht als „kumulative Sichtbarkeit“ (Caldwell et al. 2003) berechnet, sondern als prozentualer Anteil der potenziell sichtbaren Fläche innerhalb des Maximalradius, wie dies Yang et al. (2007) für den 3D-Raum bereits angewandt haben.

Tab. 3-23 Zuweisung der mittels der Visibility-Analyse in ArcGIS berechneten Grösse des Sichtbereichs zum jeweiligen Potenzialwert. 1 = wenig geeignet, 5 = sehr gut geeignet

Anteil [%]	Potenzialwert
0 bis 15	1
13 bis 30	2
31 bis 45	3
46 bis 60	4
61 bis 100	5

Entscheidende Nutzungstypen im Wirkungsbereich der Fläche

Eine Aufwertung der Fläche, sei es im optischen oder empfundenen Sinn, erweist sich als besonders wertvoll, wenn sich an den bestimmten Zellorten, von wo aus die Fläche sichtbar ist, auch Personen aufhalten. Dabei spielt die Möglichkeit der bewussten Wahrnehmung der umgebenden Landschaft

sowie die Wichtigkeit einer ästhetischen Aussicht für den vorherrschenden Nutzungstyp eine Rolle. Schnellstrassen mit ihrer kurzen Verweildauer der Personen an einem spezifischen Punkt aber auch Arbeitsstandorte, wo der Fokus der Aktivität nicht in Zusammenhang mit der Ausgestaltung der Umgebung liegt, können nicht dazu gezählt werden. In Frage kommen vielmehr Wohngebiete oder wichtige Fortbewegungsachsen für den Fussverkehr.

- Für die Attraktivität eines Wanderweges ist insbesondere die gute Aussicht von Bedeutung und anders als bei Wohngebieten (siehe unten), weniger die allgemein empfundene Stimmung, die von einer nahegelegenen Baute oder Brachfläche ausgeht. Die Wanderwege wurden deshalb als entscheidender Nutzungstyp innerhalb des Sichtbereichs bestimmt. Die Umsetzung des Indikators wurde dementsprechend durch das Berechnen der Länge an Wanderwegen (Wanderweg, Bergwanderweg, Alpinwanderweg) aus dem Datensatz swissTLM3D innerhalb des Bereichs umgesetzt, von dem aus die Fallbeispielflächen zu sehen sind. Um für die jeweilige Region eine repräsentative Aussage machen zu können, wurde für die Klassierung die durchschnittliche Wanderweglänge pro Hektare Kantonsfläche für die beiden Kantone Aargau und Glarus berechnet (Tab. 3-24). Analog wurde dies anschliessend für die berechneten Sichtflächengrössen und die sich darin befindenden Wanderwege realisiert. Auf Grundlage des Verhältnisses der durchschnittlichen Weglänge pro Hektare innerhalb des Sichtbereichs zu jener des Gesamtkantons wurde die Klassierung des Potentials dieses Indikators vollzogen (siehe Tab. 3-25).

Tab. 3-24 Wanderwegdichte in Metern pro Hektare Kantonsgebiet in den Kantonen Aargau und Glarus

Region	Kantonsfläche [ha]	Länge Wanderwege pro Kanton [m]	Durchschnittliche Weglänge [m/ha]
Kanton Aargau	140352	1650314	11.8
Kanton Glarus	68503	1107479	16.2

Tab. 3-25 Klassierung der Sichtbarkeit der Flächen von Wanderwegen aus und des Anteils an Wohnarealen⁺. 1 = wenig geeignet, 5 = sehr gut geeignet

Anteil [%]	Potenzialwert
< 1	0
1 bis 50	1
51 bis 100	2
101 bis 150	3
151 bis 200	4
> 200	5

- Die Wirkung einer Fläche auf Wohnbereiche kann, aufgrund des umfassenderen menschlichen Aktionsradius und Themenbereichs, der mit Wohngebieten assoziiert ist, nicht alleine mit einem kurzfristigen optischen Einfluss charakterisiert werden. Vielmehr kann eine Stimmung, die eine

Fläche generiert, für den Charakter eines Gebiets von Bedeutung sein. In der vorliegenden Arbeit wurde deshalb nicht die Existenz von Wohnflächen innerhalb des Sichtbereichs geprüft, sondern deren Vorfinden innerhalb der Umgebung der Fallstudienflächen. Konkret wurde der jeweilige Anteil an Fläche an Wohnarealen (Arealstatistik 04/09, Klasse 2 der 27er Aggregationsstufe) und zusätzlich von öffentlichen Parkanlagen, Schrebergärten und Campingplätzen (Arealstatistik 04/09, Grundkategorien 31, 34, 35) (hier zusammen genannt: Wohnareal⁺) innerhalb einer Bufferfläche mit Radius von 500 Metern um die spezifische Fläche berechnet. Diese Distanz diente bereits in Kapitel 3.4.1 als räumliche Masszahl zur Charakterisierung des umgebenden Gebiets.

Wiederum wurde für die Klassierung, zugunsten der Repräsentativität, eine kantonsspezifische Referenzfläche ausgewählt. So diente die Kantonsfläche als Referenz (Tab. 3-26), wobei im Falle des Kantons Glarus eine Einschränkung gemacht wurde. Weite Teile des Kantons können als unproduktive, in hohen Lagen sich befindende Flächen bezeichnet werden, wo kaum Siedlungsflächen zu finden sind und grundsätzlich die Wahrscheinlichkeit einer Bautätigkeit und dementsprechend des Vorhandenseins von Brachflächen aus Industrie oder Gewerbe gering ist. Der Einbezug dieser Flächen als Referenz hätte die Aussagekraft geschmälert. Es wurde deshalb entschieden, nur die Flächen im Tal zu berücksichtigen. Die Operationalisierung dessen wurde über die Höhe über Meer vollzogen, wobei Regionen über 1050 m ü. M. ausgeschlossen wurden. Analog zum Vorgehen bei den Wanderwegen wurde auch hier der prozentuale Anteil von Fläche an Wohnarealen⁺ berechnet. Auf Grundlage des Verhältnisses zwischen Brachflächenbufferanteil und Kantonalflächenanteil wurde die Klassierung des Potenzials dieses Indikators vollzogen (siehe Tab. 3-25).

Tab. 3-26 Anteil von Wohnarealen⁺ an der Kantonsfläche. Beim Kanton Glarus gelten als Kantonsflächen nur jene bis und mit 1050 m ü. M.

Region	Kantonsfläche [ha]	Fläche Wohnareale ⁺ pro Kanton [ha]	Anteil Wohnareale ⁺ an Kantonsfläche [%]
Kanton Aargau	140352	8888	6.3
Kanton Glarus	15358*	586	3.8

B.1 Unsicherheiten der Methode

Die unter A.1 (Kapitel 3.4.3) beschriebenen Unsicherheiten hinsichtlich der Grundannahme des Ansatzes gelten auch für die Fallstudien. Sie werden hier jedoch nicht nochmals behandelt.

Nebst Unsicherheiten bezüglich einer aussagekräftigen Auswahl der Indikatoren, sind die weiteren Punkte vornehmlich technischer Natur. Die Generierung einer Rasteroberfläche mit Höhenwerten als Rasterwert stellt immer eine Generalisierung dar. Durch die Vergrößerung der Rasterauflösung von 2 auf 20 Meter wurde eine zusätzliche Generalisierungsstufe eingebaut. Da die Sichtbarkeitsanalyse diese Rasteroberfläche als Grundlage für die Berechnung benutzt, ist die resultierende Sichtfläche nur eine Annäherung an die Realität. Bei der computergestützten Auswertung muss jedoch immer eine Interes-

senabwägung zwischen Rechenaufwand und Genauigkeit der Resultate gemacht werden. Weiter berücksichtigt die einfache Sichtbarkeitsanalyse, wie bereits von Thalmann (2012) festgehalten, keine atmosphärischen Einflüsse, wie die Luftqualität, Wetterlagen oder Jahreszeiten. Innerhalb der Sichtfläche konnte zudem nicht im Detail geprüft werden, ob von den untersuchten Wanderwegabschnitten aus, tatsächlich eine freie Sicht gewährleistet ist oder im DOM an diesem Punkt ein innerhalb des Rasterpunktes liegender Baum als Höhe für den Wanderweg angesehen wurde. Diese Faktoren sind jedoch einem steten Wandel ausgesetzt, was die Unsicherheit relativiert. Zudem wurde das Vorgehen bei allen Fallstudienflächen gleich gewählt, wodurch diesbezüglich die Vergleichbarkeit der Resultate besteht.

Die Arealstatistik zeigt Informationen, die einer Hektarfläche zugewiesen sind. Das Kriterium für die Zuweisung eines Rastermittelpunkts und damit der Wohnareal⁺-Fläche zur Brachfläche war jedoch lediglich das Befinden dessen innerhalb des Buffers. In diesem Sinne bestehen mit Sicherheit Abweichungen zur effektiven Situation. Doch reicht der vorliegende Ansatz, um eine Aussage zum allgemeinen Charakter der Umgebung machen zu können.

3.4.4 Regulierung des Wasserhaushaltes: Verringerung des Oberflächenabflusses

Für die Feststellung des Potenzials von hypothetisch entsiegelten Brachflächen zur Regulierung des Wasserhaushaltes ist, wie in Kapitel 2.2 dargelegt, besonders das Wissen über den direkt abflusswirksamen Niederschlagsanteil, genannt effektiver Niederschlag, bedeutsam. Denn dieser bestimmt, nebst weiteren Komponenten, die Höhe der Hochwasserwelle in Einzugsgebieten (Schulte et al. 2007). Er eignet sich deshalb auch als Indikator, um das Ökosystemleistungspotenzial für die Wasserregulierung abzuschätzen.

A *Gesamtschweizerisches Wiederherstellungspotenzial*

Die Beschreibung der Infiltrationskapazität an den Brachenstandorten aufgrund der vorherrschenden Gegebenheiten kann auf der grossmasstablichen Betrachtungsebene nur mit sehr viel Unsicherheit hergeleitet werden. Einerseits besteht keine gesamtschweizerische Bodenkarte, die die notwendigen Bodeneigenschaften und deren Infiltrationskapazität beschreiben würde und andererseits müssten für alle Standorte Annahmen zur zukünftigen Nutzungsart getroffen werden, was in diesem Fall schwierig und nicht zielführend wäre. Aus diesem Grund wurde eine Abschätzung des Potenzials aufgrund der Notwendigkeit einer Entsiegelung durchgeführt. Hierzu diene eine kombinierte Betrachtung der zwei Kenngrössen *Versiegelungsgrad* und *Höhe eines 2-jährlichen Starkniederschlagsereignisses*, welche die Gefahr einer Überschwemmung bestimmen und damit bei entsprechender Ausprägung Strukturen für eine natürliche Versickerung bedingen würden. Die Gewichtung der beiden Indikatoren ist in Anhang B angegeben.

Versiegelungsgrad

Beckwith et al. (2007) haben mit Modellierungen für Santa Barbara USA festgestellt, dass eine Abnahme des Versiegelungsgrades der Landschaft, mit einer Abnahme des Gesamtwasservolumens einerseits und des Ausschlags der Spitze des Oberflächenabflusses andererseits einhergeht. Auch Eigenbrod et al. (2011) betonen den Versiegelungsgrad als wichtigen Faktor für die Ausprägung der Spitzenabflüsse. Es ist deshalb insbesondere in stark versiegelten Gebieten von grosser Bedeutung, Flächen zu haben, wo eine natürliche Versickerung möglich wäre. In Gebieten mit tiefem Versiegelungsgrad können die bestehenden Freiflächen diese Funktion übernehmen. Ahern et al. (2014) beschreiben denn auch den Versiegelungsgrad als möglichen Indikator für die Regenwasserinfiltration als Ökosystemleistung.

Gemeinhin verwenden hydrologische Modelle zur Beschreibung der Folgen von Landnutzungsänderungen die Charakteristika verschiedener Landnutzungsklassen im Untersuchungsgebiet (Dams et al. 2009). Aufgrund der grossen Heterogenität dieser Klassen, insbesondere in urbanen Räumen (Ackermann & Stein 2008) erweisen sich grossräumige Untersuchungen mit entsprechenden Rasterzellgrößen oft als unbefriedigend (Law et al. 2009). Canters et al. (2011) wie auch Dams et al. (2013) nennen die Abschätzung eines Versiegelungsgrades für individuelle Rasterzellen daher als zweckmässigeren Ansatz. Der Grad der Versiegelung eines Gebiets in der Schweiz kann dem Imperviousness Datensatz der EEA aus dem Jahr 2009 entnommen werden. Dieser wurde für Europa basierend auf einem automatisierten Ableitungsalgorithmus auf dem kalibrierten NDVI hergeleitet und beschreibt für 20x20m Rasterzellen den Grad in einer Skala von 0 bis 100 Prozent (EEA 2013). Nach Dams et al. (2009) wird in hydrologischen Modellierungen auf Einzugsgebietsebene normalerweise mit einer Rasterauflösung von 50 bis 500 Metern gerechnet. Für die vorliegende Arbeit wurde eine Auflösung von 160 Metern gewählt. Diese liegt in der unteren Hälfte des Wertebereichs nach Dams et al. (2009) und berücksichtigt damit die kleinräumigen Strukturen der Schweiz.

Die Klassierung der Werte des Versiegelungsgrads basiert auf Untersuchungen von Haase (2009) zur Beziehung zwischen dem Versiegelungsgrad und dem direkten Abfluss und ist in Tabelle 3-27 aufgeführt. Bereits kleinste Unterschiede im Versiegelungsgrad können zu anderen Entscheidungen in hydrologischen Planverfahren führen (Ackerman & Stein 2008), weshalb hier eine hohe Genauigkeit für die Klassierung (1 Dezimalstelle) gewählt wurde. Je höher der Grad an versiegelter Fläche in einem Gebiet ist, desto höher ist das Potenzial einer Entsiegelung zur Verminderung des Oberflächenabflusses und desto höher fiel dementsprechend auch der Potenzialwert aus.

Tab. 3-27 *Klassierung des Versiegelungsgrads innerhalb eines 160x160m Rasters in der Schweiz und Bewertung des Potenzials (Notwendigkeit) einer Entsiegelung zur Regulierung des Wasserhaushalts (Klassierung nach Haase 2009). 1 = wenig geeignet, 5 = sehr gut geeignet*

Versiegelungsgrad [%]	Potenzialwert
0 bis 20.0	1
20.1 bis 40.0	2
40.1 bis 60.0	3
60.1 bis 80.0	4
80.1 bis 100	5

Höhe eines 2-jährlichen Starkniederschlagsereignisses

Gemäss Stephan Bader von MeteoSchweiz (schriftliche Mitteilung vom 16.12.2013), bestehen in der Schweiz vorderhand keine Informationen von offizieller Seite zu gebietsspezifisch typischen Niederschlagsintensitäten, die für eine Analyse benutzt werden könnten. Zur Beurteilung der „Notwendigkeit“ einer Entsiegelung bezogen auf Starkniederschlagsereignisse wurden im vorliegenden Fall deshalb gebietsspezifische Starkniederschlagsmengen für eine definierte Wiederkehrperiode selbst berechnet. Zwar beschäftigt sich MeteoSchweiz und das BAFU momentan mit dieser Thematik und berechnet entsprechende Statistiken für alle SwissMetNet Stationen, doch sind die Daten bis dato noch nicht verfügbar (MeteoSchweiz 2014a). Es wurde deshalb mit den RhiresD Daten von MeteoSchweiz gearbeitet. Sie geben in einem 2-Kilometer-Netz tägliche Niederschlagssummen in Millimetern für den Zeitraum zwischen 1961 und 2011 für die ganze Schweiz, basierend auf Werten aller automatischen und manuellen Niederschlagsmessstationen an (MeteoSchweiz 2013). Auch wenn der Niederschlagswert nicht für die Brachfläche an sich gemessen wurde, kann beachtet werden, dass extreme Ereignisse oftmals nicht lokal sind, sondern sich über grosse Distanzen hinweg erstrecken (MeteoSchweiz 2014b), was die beschriebene Abschätzung im 2 Kilometerraster rechtfertigt. Die berechneten Niederschlagsmengen beziehen sich auf ein Ereignis mit einer 2-jährlichen Wiederkehrperiode. Diese Jährlichkeit wurde für die CN-Methode bereits von Thalmann (2012) für Schlieren verwendet. Auch Eigenbrod et al. (2011) verwendeten für ähnliche Abschätzungen ein Ereignis mit einer Wiederkehrperiode von 2 Jahren. Dabei wurde auch gezeigt, dass eine Skalierung auf ein 20-jährliches Ereignis keine qualitative Veränderung der Resultate bewirkte.

In einem ersten Schritt wurde in ArcGIS mittels *cell statistics* für jedes Jahr (1961-2011) der Jahreshöchstwert der täglichen Niederschlagssumme für jeden Gitterpunkt berechnet. Anschliessend wurde mit der Statistiksoftware R für jede Rasterzelle das zweijährige Niederschlagsereignis in Millimeter abgeschätzt (Bestätigung Vorgehen durch K. Liechi, schriftliche Mitteilung 19.02.2014). Hierzu wurde die Generalized Extreme Value (GEV) Distribution (vgl. Katz et al. 2002) verwendet, wobei die Verteilung den Zellmaxima der Jahre angepasst und so die Niederschlagsmenge der entsprechenden Jährlichkeit abgeschätzt wurde. Die resultierenden Werte wurden danach wieder in ein Raster (räumliche Ausdehnung entsprechend den ursprünglichen Inputrastern) transformiert. Auf Basis dessen konnte

der Niederschlagswert eines Ereignisses mit einer zweijährlichen Wiederkehrdauer für jede Brachfläche zugeordnet werden. Eine anerkannte Klassifikation von Starkniederschlagsmengen anhand eines Schwellenwerts besteht in der Literatur nicht. Dies mag auch an der sehr gebietspezifischen Natur und Definition des Begriffes liegen. So nennen Franke et al. (2004) 20 Millimeter, Karl et al. (1995) 50.8 Millimeter, Groisman et al. (2001) 101.6 Millimeter und Frei (2003) sogar 100 bis 400 Millimeter pro Tag als Schwellenwert für einen Starkniederschlag. Die Klassierung der Niederschlagswerte wurde deshalb mit *Geometrical Interval* für die anschliessende Potenzialabschätzung gemacht (Tab. 3-28).

Tab. 3-28 *Klassierung der Niederschlagswerte eines 2-jährigen Ereignisses in der Schweiz und Zuweisung zum Potenzialwert. 1 = wenig geeignet, 5 = sehr gut geeignet*

Niederschlag in mm	Potenzialwert
25 bis 43	1
44 bis 51	2
52 bis 68	3
69 bis 107	4
108 bis 195	5

A.1 Unsicherheiten der Methode

Da bei diesem Vorgehen vornehmlich die Notwendigkeit von Entsiegelungsmassnahmen beschrieben wird, werden vorherrschende Bodenverhältnisse oder mögliche Folgelandnutzungsarten, welche, wie einleitend erläutert, ebenfalls die effektive Infiltrationsquantität beeinflussen, nicht berücksichtigt. Da sie auf bestimmten Parametern basiert, schliesst die gewählte Methode jedoch weniger Unsicherheiten ein, als eine Abschätzung basierend auf getroffenen Annahmen zu den Bodenverhältnissen und –nutzung.

Eine Annahme musste hingegen für die Pixelgrösse zur Beschreibung des durchschnittlichen Versiegelungsgrades getroffen werden. Der gewählte Ansatz wurde bisher so noch nicht angewandt, weshalb keine Vergleichswerte in diesem Kontext die Vorgehensweise abstützen konnten. Auch für anderweitige hydrologische Modellierungen zeigten sich in der Literatur relativ grosse Unterschiede hinsichtlich der gewählten Pixelgrösse.

B Fallstudien

Methodenbeschreibung

Als Verfahren für die Abschätzung des Wasserregulierungspotenzials für die Fallstudien wurde die Curve-Number Methode verwendet, welche grundsätzlich auf der Wasserbilanzgleichung basiert (Deshmukh et al. 2013). Gemäss Hadadin (2013) ist dieses, vom United States Soil Conservation Service (SCS) entwickelte Verfahren, die am häufigsten verwendete Methode zur Abschätzung des Abflusses. Auch bei Untersuchungen in der Schweiz fand sie bereits Anwendung (vgl. Thalmann 2012). Die weite Anwendung und Akzeptanz geniesst die CN-Methode aufgrund der relativ einfachen Imple-

mentierung. Im Vergleich zu anderen Ansätzen werden nur wenige Kennwerte für die Berechnung benötigt (Deshmukh et al. 2013).

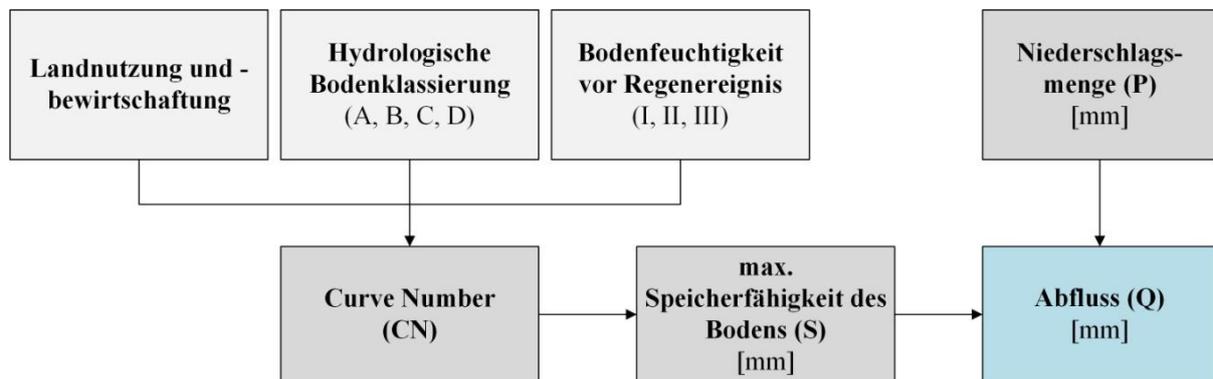


Abb. 3-5 Schematische Darstellung der Berechnung des Oberflächenabflusses mittels der CN-Methode (Darstellung nach Boonstra 1994, Thalmann 2012)

In Abbildung 3-5 ist das Schema der Berechnungsmethode aufgezeichnet. Der direkte Abfluss (Q) lässt sich basierend auf einem gegebenen Niederschlagsvolumen (P) sowie der maximalen Speicherfähigkeit des Bodens (S) berechnen (Boonstra 1994). S wiederum basiert auf der Curve-Number (CN), welche ein quantitatives Mass für abflussprägende Boden- und Landnutzungscharakteristiken darstellt (Drayton et al. 1992). CN kann dabei theoretisch einen Wert zwischen 0 (extrem durchlässiger Boden) und 100 (versiegelte Flächen) einnehmen (Boonstra 1994). Bisherige Erfahrungen zeigen jedoch, dass die Werte typischerweise zwischen 25 und 98 liegen (Hadadin 2013). Die Gleichung 3-2 zeigt die Formel zur Berechnung der maximalen Speicherfähigkeit des Bodens (S) auf Basis der Curve Number, Gleichung 3-3 darauf aufbauend die Formel zur Berechnung des direkten Abflusses (Q). Maniak (2005, zit. in: Seidel 2008) hält fest, dass der Wert von 0.2 in Gleichung 3-3 für mitteleuropäische Böden zu hoch gewählt ist. Doch wird in der vorliegenden Arbeit mit 0.2 gerechnet, da die CN-Werte in den Referenztabellelln darauf basieren.

$$S = \frac{25400}{CN} - 254 \quad \text{Glg. 3-2}$$

$$Q = \frac{(P - 0.2 S)^2}{P + 0.8 S}, \quad \text{für } P > 0.2S \quad \text{Glg. 3-3}$$

Folgende Überlegungen gelten für die Bestimmung der verwendeten Niederschlagsmenge (P):

Die Abflussmenge wird für eine spezifische Niederschlagsmenge berechnet, weshalb dieser Parameter für den jeweiligen Standort geschätzt werden musste. Da übermässiger Oberflächenabfluss, wie oben beschrieben, besonders bei hohen Niederschlagsintensitäten eine Rolle spielt und die CN-Methode auch für Starkniederschläge ausgelegt ist (Boonstra 1994), wird für die Fallstudien im Kanton Aargau

ein Ereignis von 41.4 und 41.0 mm für Hausen respektive Schafisheim genommen. Für die Fallstudienflächen im Kanton Glarus wird mit 59.7 mm (Flächen in Niederurnen), 59.5 mm (Ennenda) und 67.9 mm (Linthal) gerechnet. Diese Werte wurden, wie bei der gesamtschweizerischen Abschätzung, aus den RhiresD-Daten hergeleitet und beziehen sich auf ein 2-jährliches Ereignis mit der Dauer von einem Tag. Ein Augenschein der von MeteoSchweiz (2014b) berechneten 2-jährlichen Niederschlagsereignissen bei nahegelegenen Messstationen zeigt, dass die Niederschlagswerte sich im ähnlichen Rahmen befinden.

Folgende Inputparameter mussten für die Abschätzung der Curve Number beachtet und bestimmt werden. Die beobachteten Parameterausprägungen wurden mit den Referenzwerttabellen der USDA verglichen (Weng 2001).

- Landnutzung

Die Beurteilung des Abflusses in Abhängigkeit der Landnutzung basiert auf deren Verbindung mit der Bedeckung und der Bewirtschaftungsform (Boonstra 1994). Landwirtschaftliches Brachland oder Reinkulturen (bspw. Kartoffeln) haben aufgrund der fehlenden Vegetationsbedeckung die geringste Wasserspeicher- und Rückhaltewirkung. Bei stark begrünten Gebieten wie zum Beispiel Waldflächen werden geringere Abflüsse registriert (Weng 2001; Hoins & Hunziker 2006).

Da bei der vorliegenden Untersuchung lediglich das Potenzial abgeklärt wurde und die alternative Nutzung noch nicht bestand oder nicht eindeutig bekannt war, wurde mit hypothetischen Nutzungen gearbeitet. Das heisst, das Volumen des Oberflächenabflusses wurde für die bestehende Fläche im versiegelten Zustand (heute), wie auch für zwei Extreme der Landnutzung (hohe/tiefe Versickerungsrate) nach der Entsiegelung berechnet. So konnte der minimale und maximale Gewinn an Absorptionswirkung des Bodens ermittelt werden.

- Hydrologische Klassierung des Bodens

Auf der Grundlage einer Untersuchung von mehr als 4000 Böden in den USA, hat der SCS eine Einteilung von Böden aufgrund derer hydrologischer Eigenschaften in die vier Klassen A, B, C und D erstellt (Weng 2001). Dabei werden der Gruppe A sandige oder kiesige Böden mit hohen Infiltrationsraten, der Gruppe D Böden mit sehr geringer Infiltrationsrate und geringer Durchlässigkeit zugeordnet. Diese entsprechen tonreichen und flachgründigen Böden sowie solchen mit einem permanent hohen Wasserspiegel. Die Bodenklassen B und C werden entsprechend in dieser Abstufung beschrieben (Boonstra 1994). Da in den vorliegenden Fallstudien insbesondere der Vergleich der Flächen in ihrer hydrologischen Ausprägung und nicht der exakte Abflusswert von Interesse war, reichte eine Abschätzung der potenziellen Infiltrationsrate über die Angaben der Bodenkarte aus.

- Bodenfeuchtigkeit vor dem Regenereignis

Der Wert der CN wird von den Feuchtigkeitsbedingungen des Bodens vor dem Regenereignis bestimmt. Diese werden vom SCS in drei AMC-Klassen (*Antecedent Moisture Condition*), basierend auf

dem fünf Tage vor dem Ereignis anfallenden Regen eingeteilt. AMC I beschreibt trockene Böden nahe am Welkepunkt, AMC II Böden mit durchschnittlichen Feuchtebedingungen und AMC III nasse, gesättigte Böden nahe an der Feldkapazität (Boonstra 1994).

Zur Bestimmung des CN-Wertes wurden in der vorliegenden Arbeit Feuchtebedingungen nach AMC II verwendet. Diese Berücksichtigung wurde bereits in vielen anderen Studien so vollzogen (vgl. Chow et al. 1988; Weng 2001; Tratalos et al. 2007; Thalmann 2012; Deshmukh et al. 2013). Als weitere Entscheidungsbegründung ist zu nennen, dass der Zweck der Methodenanwendung nicht die exakte Berechnung des Abflusses, sondern das Gegenüberstellen von Szenarien verschiedener Nutzungsarten war. Durch die Berücksichtigung des gleichen AMC-Levels in all diesen Fällen, konnte eine Unsicherheit diesbezüglich vermieden werden.

- Hangneigung

Bei der ursprünglichen Variante der CN-Berechnung des SCS wurde die Hangneigung aufgrund der geringen Relevanz für Landwirtschaftsflächen in den USA nicht berücksichtigt (Boonstra 1994). Entsprechende Anpassungen wurden aber von Sharpley & Williams (1990) oder Huang et al. (2006) hergeleitet. Diesen Anpassungsformeln gemein ist jedoch deren spezifischer Geltungsbereich für die während den Herleitungsmessungen geltenden Bedingungen. Aus diesem Grund und weil bei den Beispielflächen nur vernachlässigbare Hangneigungen bestehen, wurde auf den Einbezug dieses Faktors verzichtet. Ohnehin kann dieser bei der späteren Ausgestaltung der Fläche massgeblich beeinflusst werden.

Beurteilung und Einstufung der Eignung

Zur Abschätzung des Potenzials wurde ermittelt, inwiefern eine Entsiegelung der Brachfläche die beim Neubauprojekt verloren gehende Wasserregulierungsleistung kompensieren kann. Hierfür wurde der anfallende direkte Abfluss in das spezifische Abflussvolumen der Fläche umgerechnet. So konnte der prozentuale Anteil der Kompensationsleistung berechnet werden (siehe Tabellen 4-11 und 4-13). Tab. 3-29 zeigt die darauf basierende Klassierung des Infiltrationskompensationsvermögens und deren Zuweisung zum Potenzialwert.

Tab. 3-29 *Klassifikation des Potenzials der Brachflächen der Fallstudienanalyse zur Kompensation des Infiltrationsverlustes, resultierend aus dem Neubauprojekt. 1 = wenig geeignet, 5 = sehr gut geeignet*

Infiltrationskompensationsvermögen in % der Veränderung beim Neubauprojekt	Potenzialwert
≤ 24	1
25 bis 49	2
50 bis 74	3
75 bis 99	4
≥ 100	5

B.1 Unsicherheiten der Methode

Der eingangs erwähnte Vorteil der Einfachheit kann hier in gleichem Zuge als Unsicherheitsquelle genannt werden (Ponce & Hawkins 1996). So stellt die CN-Methode einen stark vereinfachten Ansatz zur Berechnung des Oberflächenabflusses dar. Weiter gelten die verwendeten CN-Werte für Böden der USA. Inwiefern aber die Anwendung auf Schweizer Böden mit dem von Maniak (2005, zit. in: Seidel 2008) abgeleiteten Korrekturfaktor für mitteleuropäische Böden eine Verbesserung der Aussage ermöglichen würde, ist weiter nicht geklärt.

Eine weitere Einschränkung, die für die CN-Methode zu erwähnen ist, ist die fehlende Berücksichtigung der Zeit und demnach unterschiedlicher Niederschlagsintensitäten (Gödeke 2000, zit. in: Thalmann 2012). In der vorliegenden Arbeit wurde eine aufsummierte Niederschlagsmenge pro Tag berücksichtigt. Die effektive Infiltration hängt dabei aber auch stark von den untertägigen Intensitätsschwankungen ab.

Durch den in dieser Arbeit gewählten Ansatz der rein GIS-gestützten Abschätzung der Potenziale wurden keine detailliertere Aufnahmen über die Boden-, Vegetations- und Bewirtschaftungsverhältnisse vor Ort durchgeführt. So mussten für verschiedene Eingangsparameter Annahmen aus der Distanz getroffen werden. Dieselbe Auswirkung hatte auch die Bewertung zukünftiger Verhältnisse auf den Brachflächen. Durch die Abschätzung von zwei Extremszenarien wurde versucht, dieser Unsicherheit eine gewisse Einschränkung zu geben.

3.4.5 Regulierung des Wasserhaushaltes: Hochwasserretentionsgebiete

Hoins & Hunziker (2006) nennen als Massnahmen für den Boden- und Hochwasserschutz unter anderem die Bewahrung und „Reaktivierung von Überschwemmungsflächen“. Damit wird eine Reduktion des Flächenverbrauchs in Überschwemmungsgebieten, eine Priorisierung der Innenentwicklung und gleichzeitig auch eine „Revitalisierung von Auen und Renaturierung ausgebauter Gewässer“ (Hoins & Hunziker 2006) angestrebt. Bestehende Überflutungsgebiete sind im Planungsprozess zu berücksichtigen und vor einer Bebauung zu schützen, damit der Zweck weiterhin erfüllt werden kann. In diesem Sinne gilt es auch, die Überbauung hochwassergefährdeter Gebiete zu verhindern (ALG 2013). Kapitel 4.1.2 zeigt auf, dass nicht mehr genutzte Industrieareale in Deutschland teilweise als Retentionsflächen umgenutzt wurden und dadurch multifunktionale Räume entstanden. Dies stellt ein weiteres Instrument dar, welches mittels einer Entsiegelung einen Beitrag zur Regulierung des Wasserhaushaltes zu leisten vermag.

Als Kriterium für die Standorteignung der betrachteten Brachenstandorte galt die Wahrscheinlichkeit einer Überflutung. Entsprechende Angaben konnten den Aquaprotect-Pixelkarten des BAFU entnommen werden. Sie geben einen räumlich expliziten Hinweis auf „mögliche Überflutungsgefährdungen“ für Hochwasser mit einer 50-, 100-, 250- und 500-jährlichen Wiederkehrdauer (BAFU 2012b). Die Kartenangaben basieren auf der kombinierten Betrachtung der drei Parameter horizontale und vertikale

Distanz zum Gewässer sowie der Grösse des Teileinzugsgebietes (BAFU 2012b). Das Prinzip des hier angewandten Ansatzes zur Potenzialabschätzung ist, dass je höher die Wahrscheinlichkeit einer Überflutung der Fläche ist (geringere Wiederkehrdauer), desto höher die Eignung eingestuft wird (siehe Tab. 3-30). Ist die Fläche auch bei einem 500-jährlichen Hochwasserereignis nicht betroffen, wird die Fläche als nicht geeignet eingestuft.

Tab. 3-30 Zuweisung der potenziellen Hochwassergefährdung einer Brachfläche zur Eignung Überschwemmungsfläche. 0 = nicht geeignet, 5 = sehr gut geeignet

Brache liegt in Flutzone mit	Potenzialwert
50-jährliche Wiederkehrdauer	4
100-jährliche Wiederkehrdauer	3
250-jährliche Wiederkehrdauer	2
500-jährliche Wiederkehrdauer	1
Liegt nicht in Gebiet mit Hochwassergefahr	0

Unsicherheiten der Methode

Der hier implementierte Ansatz erlaubt nur eine sehr generelle Aussage zur Eignung als Hochwasserretentionsfläche. So wurden verschiedene, die Brachfläche umgebende Faktoren nicht berücksichtigt. Im verwendeten Modell des BAFU sind bestehende Schutzbauten nicht mit einbezogen (BAFU 2012b). Dies bedeutet jedoch für die Interpretierbarkeit im vorliegenden Verwendungskontext keine Abstriche, da bei einer allfälligen Ausscheidung als Retentionsfläche, Schutzbauten unzweckmässig wären und daher sinnvollerweise ebenfalls rückgebaut würden. Ferner wurden umliegende Gebäude als mögliche Barriere für den Wasserfluss nicht beachtet.

Eher politischer Natur ist die Frage nach der Bewertung der festgesetzten Wiederkehrdauern von Hochwassern. Mit einer höchsten Eignungsstufe mit einer 50-jährlichen Wiederkehrdauer ist auf politischer Ebene unter Umständen bereits schwierig zu argumentieren. Der Zeithorizont der Bedrohung ist gerade für politisch heikle Bestrebungen wie Eingriffe ins Eigentumsrecht sehr lange.

3.4.6 Natürliche Vielfalt

Der Biodiversität wird, unabhängig von der eigentlichen Nutzung, der Status einer finalen Ökosystemleistung zugesprochen. Der Wert wird grundlegend mit der Existenz und dem Fortbestand der Vielfalt an Genen, Arten, Ökosystemen und Landschaften begründet (Staub et al. 2011). Staub et al. (2011) beschreiben die Operationalisierung der Biodiversität als sehr schwierig. Der vorliegende Ansatz ist denn auch kein Ansatz der Beschreibung mittels Anzahl an Entitätsgruppen im engeren Sinne. Vielmehr bezieht sich die Aussage auf die Möglichkeit des Fortbestehens einzelner Tierarten und dafür notwendiger Lebensräume und beschreibt das Habitatpotenzial als Beitrag zum Erhalt der natürlichen Vielfalt.

Unterschiedliche Parameter definieren die Eignung einer Fläche als Raum für Lebewesen und grundsätzlich die Biodiversität (Werner & Zahner 2009; Thalmann 2012). Nach Byrne (2007) ist die Habitatstruktur, also die „Summe, Zusammensetzung und dreidimensionale Anordnung der physischen Elemente eines Standorts“ (Byrne 2007) einer der wichtigsten Faktoren für das Vorhandensein ökologischer Muster und Prozesse. Da eine Zunahme der Habitatgrösse in vielen Fällen mit einer Zunahme an „Habitatstrukturen und Mikrohabitaten“ (Werner & Zahner 2009) sowie einer Abnahme von störenden Randeffekten und somit auch einer Zunahme der Artenzahl verbunden ist, wird auch sie als ein Indikator für die Artenvielfalt angesehen (Werner & Zahner 2009). Besonders städtische Brachflächen können bei diesen Arten-Areal-Beziehungen ein hohes Niveau aufweisen (Sukopp & Werner 1983, zit. in: Werner & Zahner 2009). Als weiteren bestimmenden Faktor für die Biodiversität kann das Habitatalter genannt werden. Als vierter Faktor wird in der Literatur die Vernetzung von Habitaten genannt. Zum einen wird dabei die strukturelle Verknüpfung diskutiert, womit die räumliche Kontinuität von Biotopen gemeint ist. Zum anderen aber auch die funktionale Verknüpfung, was die Möglichkeit des Aufsuchens von Biotopen für Lebewesen beinhaltet. Der zweite Punkt enthält insbesondere Aspekte der Nähe und Isolation (Werner & Zahner 2009).

Der Einbezug der strukturellen Ausgestaltung, wie es in verschiedenen anderen Studien mit Kenngrößen wie dem Anteil an Grünraum oder dem Anteil der Baumfläche in Gärten, gemacht wurde (vgl. Byrne 2007; Tratalos et al. 2007; Thalmann 2012), kommt in der vorliegenden Arbeit, aufgrund der lediglich hypothetischen Flächennutzung, nicht in Frage. Dasselbe gilt für das Habitatalter. Die Flächengrösse wäre grundsätzlich einfach zu bestimmen. Gleichwohl ist es fraglich, ob die isolierte Betrachtung, das heisst ohne Einbezug der umgebenden Habitatflächen eines spezifischen Areals, zielführend ist. Zudem wird der Zusammenhang der Artenzahl mit der Flächengrösse in der Literatur widersprüchlich diskutiert (Werner & Zahner 2009). So halten Tschardt et al. (2002) fest, dass dieser Indikator als einfacher Vorhersageparameter in der heutigen landwirtschaft- und menschdominierten Landschaft zu wenig weit greift und eine alleinige Fokussierung auf grosse Habitatflächen kein Maximum an Biodiversität garantiert. Es wird deshalb vereinfacht der Ansatz der Habitatvernetzung gewählt.

A *Gesamtschweizerisches Wiederherstellungspotenzial*

Zur Abschätzung des gesamtschweizerischen Potenzials wurde die Habitatvernetzung anhand der „geographischen Distanz zwischen Populationen und der Durchdringbarkeit der Habitatmatrix für die Bewegung der Individuen“ (Ray et al. 2002) umgesetzt. Die Abschätzung berücksichtigt keine Anforderungen spezifischer Spezies, sondern soll einen generellen Eindruck der Eignung als Aktionsraum geben.

Nähe zu wertvollen Lebensräumen

Die Idee dieses Indikators ist, dass bei entsprechender Gestaltung der Brachfläche, die Wahrscheinlichkeit der Nutzung durch Lebewesen, in Abhängigkeit einer abnehmenden Distanz zu bestehenden

habitatrelevanten Flächen, steigt. Liegt die Brachfläche in einem solchen Raum selbst, kann ohnehin von einer hohen Eignung ausgegangen werden. Dies erwähnen auch Scherer et al. (2012) für die Abschätzung des Entsiegelungspotenzials von Brachflächen im Bundesland Sachsen, Deutschland. Die Autoren halten fest, dass eine „Entsiegelung und Renaturierung von Brachflächen, die in ausgewiesenen Wasser- oder Naturschutzgebieten liegen“ dazu beitragen kann, „zusammenhängende Schutzgebiete wiederherzustellen“ (Scherer et al. 2012).

Folgende habitatrelevanten Bundesinventare wurden als GIS-Datensatz in die Analyse miteinbezogen: (i) Amphibienlaichgebiete von nationaler Bedeutung, (ii) Auengebiete von nationaler Bedeutung, (iii) Trockenwiesen und –weiden von nationaler Bedeutung, (iv) eidgenössische Jagdbanngelände, (v) Flach-, (vi) Hoch- und Übergangsmoore von nationaler Bedeutung, sowie (vii) Wasser- und Zugvogelreservate von internationaler und nationaler Bedeutung. Hinzu kommen die (viii) Biosphärenreservate, (ix) Ramsar- und, (x) Smaragd-Gebiete, (xi) Wildtierkorridore der Schweiz sowie die Waldreservate als potenzielle Waldhabitats. Alle Datensätze wurden zu einem Layer zusammengefügt, wobei die Wildkorridore als einziger Liniendatensatz zuerst in einen Polygondatensatz umgewandelt werden mussten. Die Breite orientierte sich an der für sämtliche Tierarten (Multifunktionalität) zu planende Breite von Standard-Überführungen bei Wildtierkorridoren, welche rund 50 Meter misst (BUWAL 2001). Anschliessend wurde mit der Funktion *Near* in ArcGIS die kürzeste euklidische Distanz der jeweiligen Brachfläche zu einem Element im neu erzeugten Layer berechnet. Die Klassierung der Distanz nach Geometrical Interval und die Zuordnung zum Potenzialwert sind in Tab. 3-31 aufgeführt.

Tab. 3-31 Zuweisung der Distanzen zwischen Brachflächen und potenziellen Habitats zum klassierten Potenzialwert. 1 = wenig geeignet, 5 = sehr gut geeignet

Distanz zu potenziellem Habitat [m]	Potenzialwert
1416 bis 2295	1
829 bis 1415	2
437 bis 828	3
175 bis 436	4
0 bis 174	5

Zerschneidungsgrad der umgebenden Landschaft

Das Vorhandensein relevanter Habitatstrukturen in der Umgebung einer Brachfläche allein garantiert noch keine Frequentierung dieser durch die Individuen. Ist die Fläche isoliert und damit die Möglichkeit des Erreichens nicht gegeben, vermindert sich die Eignung als Habitatfläche entsprechend. Wie eingangs erwähnt (Kapitel 2.2.1), können künstliche lineare Elemente wie Strassen und Eisenbahnelemente aber auch natürliche Barrieren wie Flüsse oder Felswände die Wanderwege von Tierpopulationen beeinträchtigen. Es ist deshalb zielführend, diesen Faktor als Indikator für die Habitatvernetzung zu berücksichtigen.

Um das Ausmass der Landschaftszerschneidung in einer bestimmten Region zu beschreiben, entwickelte Jaeger (2000) das Konzept der „effektiven Maschenweite“. Mit dieser Messgrösse wird die Wahrscheinlichkeit ausgedrückt, mit der „zwei zufällig ausgewählte Punkte in einem Gebiet verbunden sind“ (Jaeger et al. 2007). Sind also viele Trennelemente, wie Strassen oder Siedlungen in einem Gebiet vorhanden, verkleinert sich diese Wahrscheinlichkeit und damit verbunden auch die effektive Maschenweite (Jaeger et al. 2007). Die Möglichkeit, dass Tiere ungehindert von einem günstigen Habitat in ein anderes gelangen können, nimmt ab. Jaeger et al. (2007) haben im Zuge eines von den Bundesämtern ASTRA und BAFU unterstützten Projektes zur Landschaftszerschneidung in der Schweiz, auf Bezirksebene den jeweiligen Zustand der Landschaftszerschneidung auf Grundlage der erwähnten Messgrösse berechnet. Als Zerschneidungsgeometrien wurden sowohl vom Menschen geschaffene aber auch natürliche Trennelemente berücksichtigt (vgl. Bertiller et al. 2007; Jaeger et al. 2007). Für die vorliegende Arbeit wurde der aktuellste Datensatz (2007) verwendet, wobei beachtet werden muss, dass die Strassen der Klassen 3 und 4 nicht als Zerschneidungsgeometrien integriert wurden. Nach Schwick (2009) eignet sich dieser Datensatz um den Landschaftscharakter und die Gefährdung der Arten und Lebensräume in einem Gebiet zu beschreiben. Zudem sind diese Strassenklassen verkehrstechnisch nicht den häufigsten zuzuordnen, weshalb sich der Datensatz für die Fragestellung auf dieser Ebene eignet (Bestätigung Tobias 12.02.2014). Die Klassierung der effektiven Maschenweite mit Zuordnung der Potenzialwerte ist in Tab. 3-32 dargestellt.

Tab. 3-32 Zuweisung der effektiven Maschenweite als Indikator für den Zerschneidungsgrad zum klassierten Potenzialwert. 1 = wenig geeignet, 5 = sehr gut geeignet

Effektive Maschenweite [km ²]	Potenzialwert
1.93 bis 6.44	1
6.45 bis 31.14	2
31.15 bis 99.80	3
99.81 bis 444.08	4
444.09 bis 749.97	5

A.1 Unsicherheiten der Methode

Der Nachteil dieses Verfahrens liegt in der Schwierigkeit, die Resultate zu interpretieren. So sind diese hinsichtlich der habitatrelevanten Bundesinventare und damit auch der potenziell profitierenden Tierarten unspezifisch. Die resultierenden Werte geben nur einen allgemeinen Hinweis auf die potenzielle Habitateignung. In diesem Zusammenhang kann auch die Aggregation der effektiven Maschenweite auf Bezirksebene erwähnt werden. Die Zerschneidung dürfte kleinräumlicher ebenfalls variieren, was jedoch in der vorliegenden Abschätzung nicht berücksichtigt wurde.

B Fallstudien

Auf dieser spezifischeren Ebene kann genauer auf die Eignung für spezifische Tierarten und ihre benötigten Landschaftselemente für die Wanderung oder den Rückzug eingegangen werden. Emaresi et al. (2009) und Lenhardt et al. (2013) halten denn auch fest, dass bei Modellierungen auf der Fallbeispiel-Ebene der Einbezug von Landschaftselementen, gegenüber einer reinen Distanzabschätzung, die Aussagekraft der Resultate steigern. Es wurden deshalb zwei Vertreter unterschiedlicher taxonomischer Klassen ausgewählt und die Brach- bzw. Neubaufäche hinsichtlich ihrer entsprechenden Habitateignung beurteilt. Es sind dies der Schachbrettfalter (*Melanargia galathea*) aus der Klasse der Insekten und die in der Umgebung der Fallstudienflächen vorkommenden Vertreter der Klasse der Amphibien. Die Auswahl erfolgte dahingehend, dass die beiden Betrachtungsarten bzw. -klassen möglichst unterschiedliche Mobilitätseigenschaften und Habitatsanforderungen aufweisen sollten. Denselben Ansatz verfolgte bereits Thalmann (2012) für die Abschätzung der Habitateignung in Schlieren. Zudem halten Cordillot & Klaus (2011) fest, dass gerade die Organismengruppen „nasser und feuchter Lebensräume“ und im Speziellen auch Amphibien, in der Schweiz besonders hohe Anteile gefährdeter Arten aufweisen (Cordillot & Klaus 2011). Weiter wurde bei der Auswahl darauf geachtet, dass, aufgrund des dieser Arbeit zugrunde liegenden Fokus auf klar bestimmten „Kleinflächen“, eher Tiere mit kleiner Körpergröße berücksichtigt wurden. Analog zur gesamtschweizerischen Abschätzung wurde auch hier der Fokus der Eignungsabschätzung auf die Konnektivität und grundsätzlich die Wahrscheinlichkeit der natürlichen Besiedlung gelegt.

Schachbrettfalter – Indikator und Umsetzung in ArcGIS

Der zur Klasse der Insekten gehörende Schachbrettfalter (Abb. 3-6) zeigt ein breites Vorkommen in allen Landesteilen der Schweiz, so auch in den Fallbeispielregionen der Kantone Aargau und Glarus (CSCF 2014). Der Schachbrettfalter ist eine typische Art von naturnahen Landwirtschaftsgebieten (Lenda & Skórka 2010). Er bevorzugt trockene Grasflächen mit mikroklimatisch warmen Bedingungen (Vandewoestijne et al. 2004). So zählen „Magerwiesen, extensiv bewirtschaftete Wiesen, Böschungen, Bahndämme“ (Thalmann 2012) und blütenreiche Wiesen (Lenda & Skórka 2010) zu seinen Habitaten. Vandewoestijne et al. (2004) halten weiter fest, dass die Distanzen zwischen zwei Habitaten in der Regel unter 500 Metern liegt.



Abb. 3-6 Schachbrettfalter (*Melanargia galathea*) (Foto: F. Marti, in: Marti 2010)

Der Schachbrettfalter ist aufgrund der Flugfähigkeit in der Lage, verschiedene Distanzen unabhängig von der jeweiligen Bodennutzung zu überwinden (Thalmann 2012). Man kann also von einer hohen Ausbreitungskapazität sprechen (Vandewoestijne et al. (2004), weshalb der Einbezug bodennutzungsbedingter Widerstandswerte wenig Sinn ergibt. Es wurde daher in diesem Fall vereinfacht mit der euk-

lidischen Distanz (*Euclidean Distance*-Tool in ArcGIS) um die Kernhabitate (Maximradius von 500m) gearbeitet (Thalmann 2012). Dem AusgaberaSTER wurde in Übereinstimmung mit dem Vorgehen von Thalmann (2012) eine Zellengrösse von 5x5 Metern zugewiesen.

Entsprechend den oben beschriebenen bevorzugten Standortbedingungen wurden, angelehnt an das Vorgehen von Thalmann (2012), als Kernhabitate des Schachbrettfalters die beiden nationalen Datensätze (i) Bundesinventar der Trockenwiesen und –weiden sowie (ii) die Böschungen (ohne Fläche selbst, Böschungen im Wald, Kiesgrube) aus dem Datensatz swissTLM3D (Bodenbedeckung, morphologische Kleinformen) verwendet. Zudem wurden auf Basis der im WebGIS (Kanton AG: AGIS 2014; Kanton GL: map.geo.gl.ch 2014) verfügbaren Karteninformationen die entsprechenden Flächen in der Umgebung der Beispielfläche digitalisiert. Im Kanton Aargau sind dies die im Kulturlandplan ausgewiesenen Magerwiesen und Ruderalflächen, im Kanton Glarus die als extensiv genutzte Wiesen bezeichneten Flächen. Die Auswahl der Kernhabitate ist von hypothetischer Natur. Es wurden keine Aufnahmen des effektiven Vorkommens vor Ort berücksichtigt. Weiter kann mit dem gewählten Ansatz auch nicht definitiv festgelegt werden, welche Landwirtschaftsflächen extensiv bewirtschaftet werden. Es wurde deshalb entschieden, auf einen spekulativen Einbezug solcher Flächen zu verzichten. Die Aussage ist somit als Mindestmass für die Konnektivität zu verstehen.

Amphibien – Indikator und Umsetzung in ArcGIS

Wissenschaftliche Studien zur Habitateignung und dem Mobilitätsverhalten von Tieren (vgl. Ray et al. 2002; Thalmann 2012; Lenhardt et al. 2013) basieren oft auf einer Kostenentfernungsanalyse (*cost distance analysis*). Dabei werden, basierend auf Widerstandswerten spezifischer Landnutzungstypen, kumulierte Kosten (Aufwand) zur Erreichung einer Lokalität berechnet (ESRI 2014). Gemäss Silvia Zumbach (mündliche Mitteilung 01.04.2014) und Benedikt Schmidt (schriftliche Mitteilung 04.04.2014) von der Koordinationsstelle für Amphibien und Reptilien (karch) ist diesem Ansatz jedoch mit Vorsicht zu begegnen. Zum einen bestünden wenig gute empirische Studien, welche die Widerstandswerte bestätigten, zum anderen sei die Annahme der Mobilitätsentscheidung der Tiere aufgrund des geringsten Widerstandes eine stark anthropozentrische Sicht auf das Verhalten von Tieren. Die resultierenden „Least Cost“-Wanderungskorridore sind also nicht abschliessend aussagekräftig. Weiter sind für einzelne Individuen (im Gegensatz zu ganzen Populationen) theoretisch auch Landnutzungstypen, die als schwer oder nicht überwindbar gelten (vgl. Ray et al. 2002), zu bewältigen. Somit besteht, im Falle einer erfolgreichen Überwindung zweier entsprechender Individuen, auf längere Sicht trotzdem die Möglichkeit der Etablierung einer Population am neuen Standort (Zumbach, mündliche Mitteilung 01.04.2014). Als aussagekräftiger Indikator für das Habitatpotenzial eines Standorts für Amphibien wird von Experten vielmehr die Häufigkeit, beziehungsweise die Populationsgrösse in der Umgebung betrachtet. Auf diese Art erhält man eine Aussage zum „Stossdruck“ einer Art, aufgrund dessen man auch eine Aussage der Möglichkeit des Erreichens des Ziellebensraumes erhält (Zumbach, mündliche Mitteilung 01.04.2014). Nach Schmidt (schriftliche Mitteilung 04.04.2014) ist zudem auch die

Distanz zu habitatrelevanten Gewässern ein guter Ansatz zur Abschätzung der Erreichbarkeit. All diesen Einschränkungen zum Trotz sind gewisse Landnutzungsformen förderlicher für die Migration von Amphibien als andere (Zumbach, mündliche Mitteilung 01.04.2014).

In Anbetracht der obigen Ausführungen zielt die GIS-technische Umsetzung auf einen kombinierten Ansatz mit Einbezug von Amphibienfunden in der Umgebung sowie der Beschreibung der Landnutzungstypen in der nahen Umgebung der Brachfläche als Repräsentant für die daraus folgenden Erreichbarkeitswiderstände. Dies jedoch ohne Betrachtung künstlich konstruierter, spezifischer Widerstandskorridore.

Amphibienvorkommen in der Umgebung

Über die Plattform des Verbunds der Schweizer Datenzentren für Fauna, Flora und Kryptogamen INFO SPECIES, können Beobachtungsdaten in verschiedener Genauigkeit zu spezifischen Organismengruppen angefragt werden. Auf diesem Weg wurden die in der vorliegenden Arbeit verwendeten Funddaten von Amphibien aus der Datenbank der karch, mit Stichtag 9. April 2014, gewonnen. Diese zeigen mit einer Genauigkeit von 1x1 Kilometern für die Zeitspanne von 1981 bis heute jegliche gemeldete Amphibienfunde in der Umgebung der Fallstudienareale.

Da es sich bei den Funddaten nicht um zeitlich regelmässige und systematische Erhebungen handelt, sie stattdessen aus Daten der öffentlichen Hand aber auch aus von Privatpersonen oder privatrechtlichen Institutionen erhobenen Daten bestehen (Infospecies 2013), ist es schwierig eine Aussage zum Grad der Etablierung einzelner Populationen in einem Gebiet zu machen. Weiter bestehen im Datensatz keine Angaben zu Populationsgrössen. Der Ansatz, der zur Abschätzung der Habitateignung verfolgt wurde, bezieht sich deshalb auf die Wahrscheinlichkeit des Vorfindens von Amphibien in der Umgebung der Fallstudienareale. Als Umgebung wird eine theoretische Fläche mit 1800 Metern Abstand um das Areal definiert. Der Wert von 1800 Metern stellt den Median der in Jehle & Sinsch (2007) beschriebenen Wanderdistanzen in der Schweiz vorkommender Amphibienarten dar (Bestätigung des Vorgehens durch Schmidt, schriftliche Mitteilung 11.04.2014). Die Wahrscheinlichkeit des Vorkommens wird dahingehend definiert, dass je jünger die Fundmeldung im Datensatz der karch ist, desto grösser die Wahrscheinlichkeit eines Fundes zum heutigen Zeitpunkt ist. Nach Semlitsch (2008) zeichnen sich Amphibien im Allgemeinen durch eine starke Ortstreue zu Habitaten, insbesondere zu stehenden Gewässern aus. Die Klassierung der Fundmeldungsjahre mit Zuweisung zum Potenzialwert ist in Tabelle 3-33 aufgeführt.

Tab. 3-33 *Klassierung der Fundjahre von Amphibien gemäss Datenbank der karch in der Umgebung der Fallstudienflächen. Je höher das Fundjahr, desto grösser ist die Wahrscheinlichkeit eines heutigen Fundes und desto höher die Klasse. 1 = wenig geeignet, 5 = sehr gut geeignet*

Fundjahr	Potenzialwert
1981 bis 1999	1
2000 bis 2003	2
2004 bis 2007	3
2008 bis 2011	4
2012 bis 2014	5

Als zusätzliches Eignungskriterium wurden Funde von auf der Rote Liste der IUCN (Internationale Naturschutzorganisation) als stark gefährdet bezeichneten Arten berücksichtigt. Zwischen der Einstufung „ausgestorben“ bzw. „regional oder in der Natur ausgestorben“ und der Einstufung „stark gefährdet“ bestünde theoretisch eine weitere Stufe der vom Aussterben bedrohten Arten. Nach Schmidt & Zumbach (2005) erfüllt in der Schweiz jedoch keine Art deren Kriterien. Die in der Schweiz als stark gefährdet eingestuften Arten sind (i) die Geburtshelferkröte, (ii) die Gelbbauchunke, (iii) die Kreuzkröte, (iv) der Kammmolch, (v) der italienische Kammmolch, (vi) der Teichmolch, (vii) der Laubfrosch, (viii) der italienische Laubfrosch und (ix) der Springfrosch (Schmidt & Zumbach 2005), wobei von den ersten drei in den behandelten Fallstudienregionen Fundmeldungen bestehen. Tab. 3-34 zeigt die Klassierung der Potenzialabschätzung aufgrund der Rote Liste-Arten. Wurden in der oben beschriebenen Umgebung bereits einmal entsprechende Arten gefunden, wurde der Potenzialwert 3 zugewiesen. Waren diese Funde innerhalb der brachenspezifisch aktuellsten Fundjahrklasse (siehe Tab. 3-33), wurde der Potenzialwert 5 vergeben. Bestanden keine Funde, wird der tiefste Potenzialwert 0 vergeben. Die beiden Parameter „Fundjahre“ und „Rote Liste-Arten“ wurden zu 70 respektive 30 Prozent zu einem Indikator zusammengefasst.

Tab. 3-34 *Klassierung des Potenzialindikators aufgrund des Vorkommens von, gemäss IUCN, stark gefährdeten Amphibienarten. 0 = nicht geeignet, 5 = sehr gut geeignet*

Fundmeldung von stark gefährdeten Amphibienarten	Potenzialwert
nein	0
ja	3
Ja, in der aktuellsten Fundjahrklasse (gemäss Tab. 3-33)	5

Landnutzungselemente in der Umgebung

Da der Einbezug von Landnutzungstypen zwar wie beschrieben hinsichtlich der Bestimmung von Wanderungskorridoren wenig sinnvoll ist, diese jedoch trotzdem nicht gänzlich ohne Einfluss sind, wurden sie in genereller Art, im Sinne der Beschreibung der Brachflächenumgebung, in die Abschätzung des Habitatpotenzials mit einbezogen. So wurden den Landnutzungstypen auf Grundlage von

Informationen aus Ray et al. (2002), Thalmann (2012), Lenhardt et al. (2013) und Karch (2014) Habitats- bzw. Wandereignungsklassen zugewiesen (Tab. 3-35). Die GIS-Daten zur Lokalisierung der Elemente stammten aus dem swissTLM3D Datensatz aus dem Jahr 2013. Anschliessend wurde innerhalb einer Bufferfläche mit 1800 Metern (siehe oben) um die Brachflächen (Fläche ohne Fallstudienfläche selbst) ein „globaler“ Widerstandswert bestimmt. Dieser wurde flächengewichtet, auf Basis des prozentualen Anteils der jeweiligen Nutzungsart an der Gesamtbufferfläche berechnet. Die Landschaftselemente mussten als Polygone vorhanden sein, weshalb die Linienelemente (alle Strassen, Eisenbahn, Fliessgewässer) mit einer für sie typischen Distanz gebuffert wurden. Die Bufferdistanzen sind in Tabelle 3-35 angegeben. Da nach Thalmann (2012) auch der Uferbereich um ein stehendes Gewässer als Habitat betrachtet werden kann, wurde dieses Landschaftselement als einziges ebenfalls mit einem Buffer versehen. Als Fliessgewässer wurden nur jene einbezogen, die einen oberirdischen Verlauf haben. Bei den Strassenelementen wurden die Klassen bis und mit 3-Meter-Strassen berücksichtigt, wobei Tunnelstrecken aus dem Datensatz entfernt wurden. Kleinere Fortbewegungsachsen gingen nicht in die Berechnung mit ein, da ein Hartbelag meist fehlt und nur in seltenen Fällen eine Frequentierung durch Fahrzeuge geschieht. Bei der Fläche der aktuellen Eternit AG in Niederurnen wurde bei den Gebäudeelementen das im Falle eines Rückbaus der Fläche bereits bestehende naheliegende Areal des Neubauprojekts der Eternit AG eingefügt.

Tab. 3-35 Beschreibung der Landschaftselemente mit zugewiesenem Migrations- bzw. Habitatspotenzialwert für die Amphibien der Schweiz. 0 = Barriere, 5 = gut geeignet als Habitat oder Korridor

Potenzialwert	Landnutzungstyp	Datenquelle	Bufferdistanz [m]
0	Autobahn	TLM3D (Autobahn, Ausfahrt, Einfahrt, Zufahrt, Dienstzufahrt, Autostrasse)	10
	Eisenbahnstrecke	TLM3D (OEV_Eisenbahnen)	5
	Gebäude	TLM3D (Gebäude Footprint)	-
1	Grössere Strassen	TLM3D (10m-/6m-/4m_Strasse)	4
2	Fliessgewässer	TLM3D (Gewässer_Fliessgewässer)	Bäche: 2m; Digitalisierung von Hand bei grösseren Flüssen
3	Kleinere Strassen	TLM3D (3m-Strasse)	3
	Siedlungsbereich	6m Buffer um Gebäude	-
4	Offenflächen	Bufferfläche minus Rest	-
5	Bewaldete Fläche	TLM3D (Wald, Gebüschwald)	-
	Stehende Gewässer	TLM3D (Gewässer_Stehendes Gewässer)	5

B.1 Unsicherheiten der Methode

Die obigen Überlegungen zur Herleitung der Indikatoren zeigen bereits die Problematik und Schwierigkeit des Versuchs, Tiere in ihren Lebensweisen zu verstehen und darauf basierend deren Ansprüche und Potenziale zu quantifizieren. Für den Schachbrettfalter wurden, basierend auf Beschreibungen von Standortansprüchen, potenzielle Habitate festgelegt. Das effektive Vorkommen an dieser Stelle ist jedoch nicht gesichert und kann aufgrund vielfältiger äusserer Einflüsse (Konkurrenz, angrenzende Flächennutzung, etc.) verunmöglicht sein. Dasselbe gilt für die Zuweisung der Potenzialwerte zu den Landnutzungstypen bei den Amphibien. Privatgärten können als Korridore geeignet sein, gleichzeitig können weitere Gegebenheiten, wie beispielsweise Haustiere, diese „günstigen Bedingungen wieder relativieren“ (Thalmann 2012). Eine Erhebung von Thalmann (2012) zeigte, dass auch unter Experten zeitweilen keine Einigkeit über die Festlegung potenzieller Habitate und Widerstände zu Landnutzungstypen herrscht. So kann ein Fliessgewässer entlang der Fliessrichtung als möglicher Wanderkorridor gelten, während es quer zum Verlauf eine Barriere darstellt.

Der Einbezug der Funddaten von Amphibien ist als diesbezügliche Beschreibung mit den am besten zugänglichen Daten zu verstehen. Da die Daten nicht auf einer standardisierten und regelmässigen Erhebung basieren, kann ein Bias durch Nicht-Frequentierung der Flächen durch Forscher nicht ausgeschlossen werden, ja muss sogar mit grosser Wahrscheinlichkeit angenommen werden.

3.5 Industrie und Gewerbe als konkurrierender Raumanpruch

Gemäss Forschungsfrage FF₄ sollten, nebst der Konfliktkonstellation unter den für die Brachflächen ausgewählten Ökosystemleistungen, für die gesamtschweizerische Untersuchung auch weitere konkurrierende Raumanprüche bestimmt werden. Der Konkurrenzdruck einer Nachnutzung von Brachflächen als Industrie- und Dienstleistungsareale als Hauptumnutzungstyp (ARE 2007), soll hier ebenfalls GIS-gestützt abgeschätzt werden.

Gemäss BAFU (2013a) entstanden neue Industrie- und Gewerbeflächen „zwischen 1985 und 2009 vorwiegend in den Agglomerationsgürteln und in der Nähe von Autobahnkreuzen“ (BAFU 2013a). Insbesondere an den Autobahnen A1/A3 im Raum Baden/Brugg, der A1 und A2 im Raum Oensingen/Härkingen/Rothrist sowie an der A2 im Südtesin wurden entsprechende Bauten erstellt. Dabei sind es vor allem die flächenintensiven Transport- und Logistikunternehmen, welche sich bevorzugt in der Nähe von Autobahnanschlüssen und Eisenbahnlinien niederliessen (für Lager und Fahrzeugdepots) (BAFU 2013a). Auch BAKBASEL (2013) nennen die Erreichbarkeit als zentralen Standortfaktor für die Attraktivität einer Region als Unternehmensstandort. Die Nähe der Brachflächen zu einem Autobahnanschluss wurde mittels einer Netzwerkanalyse (*Closest Facility*) bestimmt. Als zu Grunde liegendes Netzwerk wurden im Datensatz swissTLM3D jene Strassen ausgewählt, die für Autos gut passierbar sind (höher als 3m-Strasse). Da im selben Datensatz keine Angaben zu bestehenden Autobahnanschlüssen bestehen, wurden die als Zubringer für Hochleistungsstrassen in swissTLM3D aufgeführ-

ten Objekte „Einfahrt“ und „Zufahrt“ gewählt (*Facilities*). Nach Geyer (2007) kann bei entsprechend günstigen Rahmenbedingungen für eine Spedition eine Distanz von rund fünf Kilometern zur nächsten Autobahnabfahrt noch immer zweckmässig sein. Dementsprechend wurde die Grenze der ersten beiden Klassen der Potenzialdistanz gewählt. Die restlichen stammen aus den Klassengrenzen einer Klassierung der Daten nach Natural Breaks (Jenks) (siehe Tab. 3-36).

Attraktiv für eine Gemeinde bzw. Region sind insbesondere arbeitsplatzgenerierende Dienstleistungsunternehmen. Für die Standortwahl ist in diesem Zusammenhang die Anbindung an den öffentlichen Verkehr von Bedeutung. Um die Qualität der Erschliessung der Brachflächen mit dem öffentlichen Verkehr abzuschätzen, wurde die gebietspezifische Einteilung der Schweiz in sogenannte ÖV-Güteklassen des Bundesamts für Raumentwicklung ARE verwendet. Basierend auf Daten zur Art der Verkehrsmittel, dem Kursintervall und der Distanz zur Haltestelle aus dem elektronischen Fahrplan der Schweizerischen Transportunternehmungen (HAFAS) werden die vier plus eine Güteklassen als Indikator für die ÖV-Erschliessung berechnet (ARE 2011). Die Güteklassen sowie deren zugewiesene Potenzialklassen sind der Tab. 3-36 zu entnehmen.

Tab. 3-36 *Klassierung der Distanz zu Eisenbahnstrecken und Autobahnanschlüssen mit zugewiesenem Potenzialwert. 1 = wenig geeignet, 5 = sehr gut geeignet*

Potenzialwert	Erschliessung mit dem öffentlichen Verkehr		Distanz zu Autobahnanschluss [m]
	ÖV-Güteklasse	Beschreibung ÖV-Güteklasse	
5	A	Sehr gute Erschliessung	261 bis 2778
4	B	Gute Erschliessung	2779 bis 5000
3	C	Mittelmässige Erschliessung	5001 bis 11149
2	D	Geringe Erschliessung	11150 bis 16892
1	Keine Güteklasse	Marginale oder keine ÖV-Erschliessung	16893 bis 26738

3.6 Daten und Software

3.6.1 Daten für Quantifizierung der Ökosystemleistungen

Tabelle 3-37 nennt die in der vorliegenden Arbeit verwendeten Datensätze für die Abschätzung der Ökosystemleistungspotenziale.

Tab. 3-37 *In dieser Masterarbeit verwendete Datensätze. Angabe der beschriebenen Ökosystemleistung bei Mehrfachbenutzung (LW=landwirtschaftliches Produktionspotenzial, Erh = Naherholungspotenzial, LAe=Landschaftsästhetik, Hydro= Hydrologisches Potenzial, Biodiv=Natürliche Vielfalt, Wir=Wirtschaft*

Inhalt	Stand	Datenherren	Quelle
Landwirtschaftliche Produktion			
Swissimage_25cm_2010 Orthophoto der Schweiz mit 25cm Auflösung	2010	Swisstopo	Swisstopo
Swissimage_25cm_2013 Orthophoto der Schweiz mit 25cm Auflösung	2013	Swisstopo	Swisstopo
Vector25 Digitales Landschaftsmodell der Schweiz	2008	Swisstopo	Swisstopo (5704000000)
Karte der Klimaeignung in der Schweiz im Massstab 1:200'000	1977 (Version 2012)	BLW / ARE	BFS GEOSTAT / ARE /BLW
Digitale Bodeneignungskarte der Schweiz im Massstab 1:200'000	2000	BFS	BFS GEOSTAT
Digitales Höhenmodell DHM25 Level 2	2014	Swisstopo	Swisstopo (5704000000)
Naherholungsfunktionale Versorgung			
Strassenlärm Tag Durch Lärm des Strassenverkehrs am Tag be- troffene Gebiete	2009	BAFU	BAFU
Bahnlärm Tag Durch Lärm des Schienenverkehrs am Tag be- troffene Gebiete	2009	BAFU	BAFU
P31b_dulnx100 Generisches Modell der distanzungewichteten Landschaftsqualität für Naherholung (DULN)	2012	WSL	WSL
XY_STATPOP2011B Statistik der Bevölke- rung und der Haushalte (STATPOP) 2011; 100m Rasterweite	2012	BFS	STATPOP2011, BFS, GEOSTAT
Landschaftsästhetik			
XY_AREA_NOAS04_72_85_09 Arealstatistik 2004/09	2009	BFS	BFS GEOSTAT
LABES Indikator 24	2011	BAFU/WSL	BAFU/WSL

Tourismusmodell von Segura Morán et al. (2013)	2012	WSL	WSL
Regulierung des Wasserhaushaltes: Verringerung des Oberflächenabflusses			
RhiresD Tägliche Niederschlagssumme in mm der Schweiz, in einem 2km Raster	1961- 2011	MeteoSchweiz	MeteoSchweiz
Regulierung des Wasserhaushaltes: Hochwasserretentionsgebiet			
Aquaprotect 50, 100, 250, 500 Betroffene Gebiete im Falle einer Überflutung mit einer 50-/100-/250-/500-jährlichen Wiederkehrdauer	2008	BAFU	BAFU/SwissRe
Natürliche Vielfalt			
Waldreservate Schweiz Provisorischer Datensatz der Waldreservate in der Schweiz	2013	Kantone (Fachstellen Wald und Holz), ProNatura	BAFU
Bundesinventar der Amphibienlaichgebiete von nationaler Bedeutung	2007	BAFU	BAFU
Bundesinventar der Auengebiete von nationaler Bedeutung	2007	BAFU	BAFU
Biosphärenreservate	2011	BAFU	BAFU
Bundesinventar der Flachmoore von nationaler Bedeutung	2007	BAFU	BAFU
Bundesinventar der Hoch- und Übergangsmoore von nationaler Bedeutung	2007	BAFU	BAFU
Bundesinventar der eidgenössischen Jagdbannggebiete	2010	BAFU	BAFU
Ramsar-Gebiete	2005	BAFU	BAFU
Smaragd-Gebiete	2008	BAFU	BAFU
Bundesinventar der Trockenwiesen und –weiden von nationaler Bedeutung	2011	BAFU	BAFU
Bundesinventar der Wasser- und Zugvogelreservate von internationaler und nationaler Bedeutung	2009	BAFU	BAFU
Wildtierkorridore Schweiz	1999	BAFU, SGW, Schweizerische Vogelwarte Sempach	BAFU
Kulturlandplan des Kantons Aargau Nutzungspläne Kulturland aller Gemeinden des Kantons. Nicht rechtsverbindlich	2014	AGIS	AGIS, Geoportal Kt. Aargau

Beobachtungsdaten (1981-2014) von Amphibien in den Schweizer Gemeinden Glarus Nord, Glarus, Glarus Süd, Hausen AG, Lupfig, Schafisheim, Staufien, Hunzenschwil und Ruppertschwil mit einer Genauigkeit von 1x1 km		2014	Karch	Karch
Effektive Maschenweite		2007	WSL	WSL
Ruderalflächen, Magerwiesen GL		2014	Kanton/Gemeinden Glarus	Geoportal Kt. Glarus, map.geo.gl.ch
Konkurrierender Raumanpruch				
ÖV-Güteklassen		2013/14	ARE	INFOPLAN-ARE, SBB/VöV
Indikator zur Erschliessung mit dem öffentlichen Verkehr für die Fahrplanperiode 2013/14				
Bei mehreren Ökosystemleistungen verwendet				
LW/Hydro	Bodenkarte 1:5'000, Region Lenzburg	1992	Abteilung für Umwelt des Kantons AG	Daten des Kantons Aargau
LW/Hydro	Bodenkarte 1:5'000 Kanton Glarus	2010	Kanton/Gemeinden Glarus	Geoportal Kt. Glarus, data.geo.gl.ch
LW, Erh, LAe, Biodiv, Wir	swissTLM3D 1.1 Topographischen Landschaftsmodell TLM	2013	Swisstopo	Swisstopo (5704000000)
Erh, Hydro	Imperviousness P EL_03_Imperviousness_Degrees_2009_CH_1v0 Rasterdatensatz (20x20m) des Grads der Bodenversiegelung (0-100%)	2009	Geoland2 Consortium; European Environment Agency	European Environment Agency
Erh, LAe	Digitales Oberflächenmodell DOM 2m Raster	2012	Swisstopo	Swisstopo (5701000000)
Erh, LAe	Digitales Geländemodell DTM 2m Raster (swissAlti3D)	2012	Swisstopo	Swisstopo (5701000000)

3.6.2 Software

Die Datenverarbeitung, sprich die Digitalisierung der Standorte auf Grundlage der oben genannten Quellen, wie auch die anschliessenden Berechnungen und die Darstellung der Ökosystemleistungspotenziale wurden in einem Geographischen Informationssystem (GIS) durchgeführt. Hierzu wurde die Software ArcGIS 10.2 verwendet. Zur Abschätzung der Jährlichkeiten der Starkniederschläge wurde zudem mit der Statistiksoftware R i386 3.0.3 bzw. RStudio gearbeitet.

4 Resultate

4.1 Entsiegelungspraxis

Das Entsiegeln von Brachflächen wird besonders im Ausland schon seit längerem im Bodenschutz eingesetzt und als wertvolles Instrument für ein „aktives und praxisorientiertes Flächenmanagement“ (SenStadt 2013) betrachtet. Auf diese Art können die natürlichen Bodenfunktionen verstärkt als „lenkende Faktoren der Siedlungsentwicklung“ (Scherer et al. 2012) berücksichtigt werden. Das folgende Teilkapitel soll nach einer Darlegung entsprechender Bestrebungen in der Schweiz die Entsiegelungspraxis im Ausland aufzeigen und dabei einen Schwerpunkt auf Deutschland legen.

4.1.1 Entsiegelungspraxis in der Schweiz

In der Schweiz wurde die Thematik des Rückbaus versiegelter Flächen in der Politik bisher nur am Rande verfolgt. Auch werden in der Praxis kaum Entsiegelungsmassnahmen durchgeführt. Dass jedoch in der Bevölkerung und dem Forschungsbereich entsprechende Überlegungen vorhanden sind, zeigen die Resultate eines Ideenwettbewerbs zur Zukunft des Flugplatzes Dübendorf, wobei auch grüne Zukunftsvisionen mit dem Fokus der Wiederherstellung von Ökosystemleistungen präsentiert wurden (Held & Minsch 2013). Weiter bestehen auch Ideen zum Rückbau nicht mehr genutzter Strassen infolge einer Errichtung von Umfahrungsstrassen (vgl. Mann & Zingg 2009; Tobias 2013), zum Rückbau obsoleter Landwirtschaftsgebäude ausserhalb der Bauzonen (Tobias 2014) sowie Forderungen nach Entsiegelungsmassnahmen für den Hochwasserschutz (Hoins & Hunziker 2006). Desweiteren stellten im Jahr 2008 zwei Zürcher Kantonsrätinnen eine Anfrage zur momentanen Situation und zukünftigen Möglichkeiten der Entsiegelung und Rekultivierung ungenutzter Liegenschaften im Kanton Zürich. Aufgrund des grossen anfallenden Aufwandes einer Potenzialabklärung und einer allfälligen Durchführung entsprechender Massnahmen, würden sich, so die Antwort des Regierungsrates, Bestrebungen in diese Richtung jedoch nicht rechtfertigen. Es wurden daraufhin keine weiteren Bestrebungen für ein Entsiegelungspotenzialflächenkataster unternommen (Kantonsrat ZH 2008).

Eines der wenigen Beispiele einer Entsiegelungsmassnahme in der Schweiz, ist der Rückbau einer kantonalen Hauptstrasse bei Hettlingen im Kanton Zürich (Abb. 4-1), die durch die Inbetriebnahme einer nahegelegenen Umfahrungsstrasse ausser Gebrauch fiel (Tobias 2013). Die Entsiegelung, welche als direkte ökologische Kompensation für den Neubau diente, entlastete die vormals von Lärm, Luftverschmutzung und Verkehrsüberlastung betroffenen Dörfer und sorgte damit für eine Wiederherstellung kultureller Ökosystemleistungen. Durch die Vernetzung von Wald- und Feuchtgebieten, sowie die Offenlegung eines Baches und Renaturierung dessen Ufer konnte auch eine neue ökologische Qualität geschaffen werden (Tobias 2013). Die Frage nach den zukünftig generierten Ökosystemleistungen, also ob trotz teilweise verdichteter Böden eine landwirtschaftliche Nutzung möglich sein wird oder sich auf lange Sicht wirklich ein ökologisch wertvolles Habitat einstellt, ist heute noch unklar (Tobias

2013). Eine parallel laufende Masterarbeit von Christine Buser am Geographischen Institut der Universität Zürich und der Eidg. Forschungsanstalt WSL nimmt sich dieser Frage an und untersucht die vegetationsökologische Entwicklung der rekultivierten Flächen.

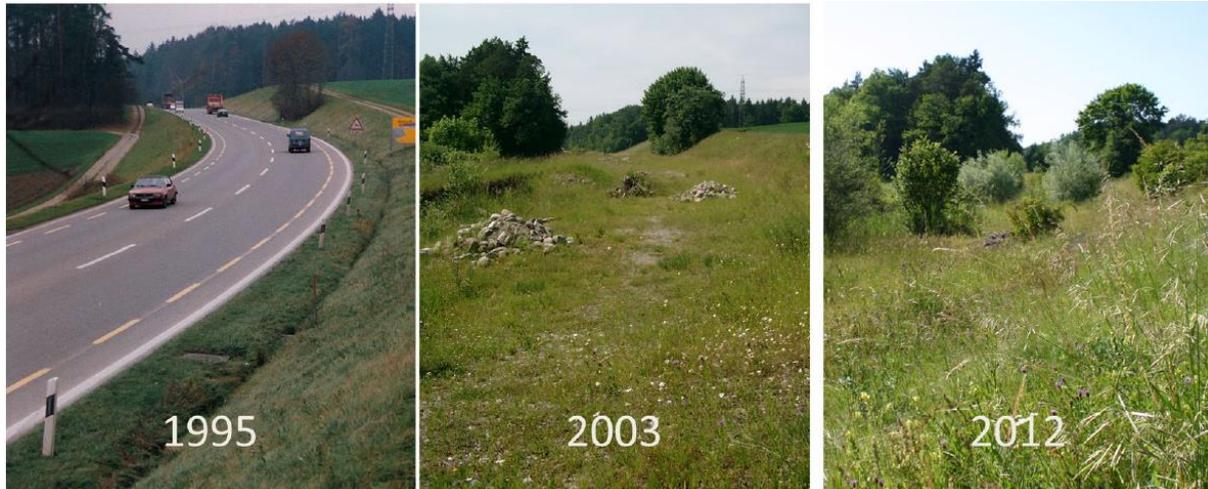


Abb. 4-1 *Rückbau einer Hauptstrasse in Hettlingen, Kanton Zürich als ökologische Kompensationsmassnahme. Zustand 7 bzw. 16 Jahre nach der Entsiegelung (Fotos: M. Fries (1995) und S. Tobias (2003/2012), in: Tobias 2013).*

4.1.2 Entsiegelungspraxis im Ausland

Die Schweiz steht mit dem Problem des starken Siedlungswachstums nicht alleine da. Viele andere Länder haben in den letzten Jahrzehnten ebenfalls eine Zunahme an versiegelten Flächen auf Kosten von meist ökologisch und landwirtschaftlich wertvollem Boden erfahren (Prokop et al. 2011; Francis et al. 2012). So wird in der Europäischen Union (EU) pro Jahr die ungefähre Fläche der Stadt Berlin, d.h. rund 1000 km², für „den Wohnungsbau, die Industrie, Strassen oder Erholungszwecke“ verbraucht. Etwa die Hälfte davon wird effektiv versiegelt (Prokop et al. 2011). In den USA gehen für dieselben Zwecke jährlich rund 5'000 km² an produktivem Landwirtschaftsland verloren (Francis et al. 2012). Um den Landverbrauch zu stoppen, haben die Planungsstellen der verschiedenen Länder unterschiedliche Strategien und Instrumente erarbeitet (Francis et al. 2012). Anders als in der Schweiz kommt dabei, vor allem in Europa und Nordamerika, auch das Entsiegeln und Rekultivieren von Brachflächen zum Einsatz. Im Folgenden sollen die diesbezüglichen Erkenntnisse sowie grundlegenden Merkmale zur Entsiegelungspraxis im Ausland dargelegt werden.

Nordamerika

Die nachhaltige Entwicklung und die Förderung der Lebensqualität in städtischen Gebieten beschäftigen seit kurzem die politischen und planerischen Instanzen in den USA und Kanada. Dabei rücken vermehrt auch nicht genutzte Areale ins Zentrum der Planung (Abb. 4-2). Häufigster Grund für die Existenz solcher Brachen in Städten ist die Verlagerung von industriellen Produktionsstätten in perip-

here Regionen (De Sousa 2003). Lange wurde der Fokus auf die ökonomisch gewinnbringende Nachnutzung durch eine neuerliche Bebauung gesetzt. In jüngster Zeit wird jedoch vermehrt auch auf die Möglichkeit der Schaffung zusätzlicher Grünräume mit ihren sozialen, ökologischen und ökonomischen Vorteilen hingewiesen (De Sousa 2003). Unter dem Begriff „Grünraum“ werden „Parkanlagen, Gärten, Sporteinrichtungen unter freiem Himmel, natürliche Lebensräume und Kinderspielplätze“ (De Sousa 2004) verstanden. Eine Vorreiterrolle in der Umwandlung von Brachflächen in Grünräume nimmt die Stadt Toronto ein. Wie De Sousa (2003) darlegt, wurden in Toronto bis ins Jahr 2003 614 ha Grünraum neu geschaffen. Die meisten von ihnen entstanden auf früheren Industrieflächen. Es wurden aber auch Eisenbahnlinien und frühere Deponiestandorte mit einbezogen.

Dasselbe gilt für die in der Literatur beschriebenen Standorte in den USA, wo die Brachflächen in der Größenordnung zwischen 0.81 und 162 ha, mit einem Durchschnitt von 5.7 ha grün umgenutzt wurden (De Sousa 2004). Der Zweck der angestrebten Nachnutzungen ist vielfältig. Das Ziel ist jedoch oftmals ökonomisch und menschbezogen motiviert (De Sousa 2004). Einige dienen explizit der ökologischen Wiederherstellung (Lebens- und Wanderraum von Tieren und Pflanzen), andere der Freizeit und Erholung (bspw. Grasspielflächen) und nochmals andere sollen ein breites Spektrum an Nachnutzung ermöglichen. Als weitere Motivation wurden zudem der Hochwasserschutz, die Kontrolle des Niederschlagabflusses sowie die Aufwertung des Stadtbilds genannt (De Sousa 2003; De Sousa 2004).

Zur Förderung von Grünraum als Endnutzung von Brachflächen sprach das Amt für Umweltschutz der USA jeder Stadt 50'000 US Dollar zu, wenn diese in ihrem Brachenentwicklungsprogramm entsprechende Massnahmen vorsahen (US EPA 2000, zit. in: De Sousa 2006). Im Wissen, dass viele Städte in den USA einen Mangel an Grünraum aufweisen (De Sousa 2006), legten die Regierungen verschiedener Bundesstaaten Entwicklungs- und Finanzierungsprogramme für eine grüne Umnutzung fest (De Sousa 2004). Laut Siikamäki & Wernstedt (2008) sind dies Minnesota, Pennsylvania, Wisconsin und gewisse weitere Anrainerstaaten. Trotz den Förderungsmassnahmen zeigte eine Erhebung jedoch, dass lediglich 4 bis 5 Prozent aller untersuchten urbanen Brachflächenrevitalisierungsprojekte einen solchen Fokus aufwiesen (De Sousa 2004; De Sousa 2005). Dies kann damit zusammenhängen, dass die theoretischen Bestrebungen nur teilweise in die Praxis umgesetzt werden und, wie in Pennsylvania, nie über den Status einer Broschüre (vgl. DCNR 2006) hinauskamen (Siikamäki & Wernstedt 2008). Interessanterweise zeigte sich, dass Brachflächenbegrünungsprojekte in den USA meist in Städten durchgeführt wurden, die ohnehin schon traditionellerweise einen Fokus auf die Planung von Parkanlagen und Freiflächen legten (De Sousa 2004).



Abb. 4-2 *Ping Tom Memorial Park, Chicago. Brachflächenrevitalisierungsprojekt mit Fokus auf Naherholung. a. Bereitstellung der Flächen; b. Resultat der Grünflächengestaltung (Darstellung nach De Sousa 2006)*

Die Projekte schliessen eine ganze Reihe verschiedener Akteure aus dem privaten Sektor, den NGOs oder Bevölkerungsgruppen ein. Da der Adressat von Begrünungsprojekten in den meisten Fällen die Öffentlichkeit ist, werden sie jedoch grösstenteils von der öffentlichen Hand geleitet (De Sousa 2003). Die behördliche Unterstützung wird für den Erfolg denn auch als entscheidend erachtet. Dies hinsichtlich der Planung, der Positionierung gegenüber anderen Nachnutzungsmöglichkeiten und der Finanzierung, wobei je nach Grösse des Projekts unterschiedliche Regierungsebenen eingebunden werden (De Sousa 2003; De Sousa 2004). Renaturierte Areale, die nicht schon vorher im Besitz der öffentlichen Hand waren, wurden in Toronto beispielsweise entweder käuflich erworben oder durch die privaten Eigentümer gespendet. Private Investoren sind selten, da sie bei Entsiegelungsprojekten oftmals durch reale oder imaginäre Hindernisse abgeschreckt werden (siehe unten) (De Sousa 2003). Das Geld zur Deckung der Projekte in der Stadt Toronto stammt aus einem Fonds, welcher durch eine Querfinanzierung gespeisen wird. Die Initianten anderer Bauentwicklungsaktivitäten sind dazu verpflichtet, entweder 5 Prozent des Areals an die Stadt abzugeben oder Abgaben in der Höhe von 5 Prozent der Baukosten zu leisten. Diese Gelder fliessen in den besagten Fonds (De Sousa 2003). Die dieser Finanzierungsart zu Grunde liegende Überlegung ist, dass neue Unternehmen und Siedlungen die Nachfrage nach neuen Grünflächen von sich aus steigern und somit auch einen finanziellen Beitrag zu deren Anlegung zu leisten haben (De Sousa 2003).

Um die Wirkungen von durchgeführten Grünraum- und Renaturierungsprojekten zu evaluieren und Erkenntnisse für spätere Vorhaben zu gewinnen, wurden die realisierten Areale untersucht und Befragungen bei der Bevölkerung durchgeführt. So konnten in Toronto positive Auswirkungen auf die Ökologie festgestellt werden. Durch die Altlastensanierungen konnte die Bodenqualität verbessert werden, die nun mögliche Versickerung des Niederschlags trug zum Schutz vor Hochwasser bei und die Vielfalt an Pflanzen und Tieren in der Stadt hatte gegenüber dem vorherigen Zustand deutlich zugenommen. Komplementär errichtete Umweltbildungseinrichtungen halfen zudem, das Bewusstsein der Bevölkerung von naturnahen Lebensräumen in städtischem Gebiet zu stärken (De Sousa 2003). Die wei-

teren, auch in den USA untersuchten und positiv genannten Punkte sind eher menschbezogen. So wurde in der Befragung die Nutzung als Erholungsraum und die Aufwertung des Stadtbildes als positiv beurteilt. Die neu geschaffenen Grünräume werden für die passive Erholung und verschiedenste Freizeitaktivitäten, wie Spazieren, Velofahren oder Sport genutzt und entwickelten sich so zu wichtigen Räumen der Sozialisation (De Sousa 2003; De Sousa 2006). Dass sich mit diesen positiven Entwicklungen auch eine ökonomische Belebung von Stadtbereichen einstellte, zeigen die Umstände, dass auf die Eröffnung der Pärke verschiedentlich wohnliche und gewerbliche Neugestaltungen folgten (De Sousa 2006) und die Eigentumswerte in der Nachbarschaft verhältnismässig stärker anstiegen als in Gebieten ohne Umwandlungsinitiativen (Siikamäki & Wernstedt 2008). Dieses Faktum ermutigte Robert Campbell, früherer Architekturkritiker des Boston Globe, zur folgenden Aussage (Lerner & Poole 1999): „It’s as if the buildings were pulling up to the park like campers around a bonfire“.

Europa

„Grüne“ Folgenutzungen von Brachflächen haben, im Gegensatz zu den USA und Kanada, in Europa eine längere Tradition (De Sousa 2003). Einige Länder verfolgen diesen Ansatz bereits seit mindestens der Mitte des 20. Jahrhunderts (De Sousa 2004). In Grossbritannien beispielsweise wurde ein Programm zur Förderung einer Umnutzung von Brachflächen gestartet, welches mit urbanen Grünflächen eine sichere und gesunde Stadtumgebung fördern soll (Doick et al. 2006). Eine Studie zeigte denn auch, dass zwischen 1988 und 1993 mehr als 19 Prozent solcher Flächen in Grünflächen umgewandelt wurden. Dies ist mehr als jede andere Nachnutzungsart (UK DETR 1998, zit. in: De Sousa 2003). Als Beispiel kann der Thames Barrier Park in London genannt werden (Villella et al. 2006). Zahlen aus Holland und Schottland zeigen, dass diese Nachnutzungsform auch heute noch gewählt wird. In Schottland wurden in den Jahren 2011 und 2012 14 Prozent der Brachflächen in entweder Grünland, Naturschutz-, Wald- bzw. Landwirtschaftsflächen oder Erholungsraum umgewandelt (Scottish Executive 2013). Für Holland wird geschätzt, dass 10 bis 15 Prozent der Brachflächen diese Art der Nachnutzung aufweisen (VROM 2004, zit. in: De Sousa 2004). In Österreich wird momentan die Wiederherstellung von Bodenfunktionen durch Entsiegelung als Kompensationsmassnahme getestet (Prokop et al. 2011). Ein Land, in dem ebenfalls viele Projekte von Brachflächenentsiegelungen durchgeführt werden, ist Deutschland. Eine Übersicht der Quantität der durchgeführten Rückbau- bzw. Entsiegelungsprojekte existiert bisher nicht und eine systematische Erstellung einer solchen würde den Rahmen der vorliegenden Masterarbeit sprengen. Die Ergebnisse des zweiten, im Jahr 2007 veröffentlichten „Statusberichts Stadtumbau-Ost“ zeigen jedoch, dass beim urbanen Förderungsschwerpunkt rund 85 Prozent der rückgebauten Flächen keine baulichen Nachnutzungen hatten (BMVBS/BBR 2007). Im Bundesland Thüringen wurden im Jahr 2008 85 nichtbauliche Restaurationsmassnahmen auf einer Fläche von 150 ha umgesetzt. Die Höhe an beantragten Fördergeldern im folgenden Jahr 2009 zeugen von einer anhaltend grossen Nachfrage und führen dazu, dass bis dato bzgl. des Förderprogramms eine positive Bilanz gezogen wird (TMLFUN 2009). Aufgrund der grossen Relevanz im Land, der vorhan-

denen politischen und rechtlichen Richtlinien sowie der sehr guten Datenlage, sollen die folgenden Ausführungen die Entsiegelungspraxis sowie dahinterliegende Strukturen am Beispiel Deutschland detaillierter aufzeigen, bevor abschliessend eine Beurteilung des Nutzens von Brachflächenentsiegelungen für ganz Europa gemacht wird.

Reglementarischer Rahmen

Das Raumordnungsgesetz aus dem Jahr 1997 bildet in Deutschland den Rahmen für die in vier Planungsebenen gegliederte nationale Raumordnung und –planung. Die Umsetzung dieser übergeordneten Zielsetzungen obliegt den 16 Bundesländern (Prokop et al. 2011). Der Begriff der „Entsiegelung“ erscheint auf oberster Planungsebene in Deutschland zum einen in §179 des Baugesetzbuches (BauGB) und zum anderen in §5 Satz 1 des Bundes-Bodenschutzgesetzes (BBodSchG). Durch das Rückbau- und Entsiegelungsgebot in §179 BauGB werden Gemeinden ermächtigt, Eigentümer zu einer Duldung der Beseitigung einer baulichen Anlage zu verpflichten, wenn diese „den Festsetzungen eines Bebauungsplans nicht entspricht und ihnen nicht angepasst werden kann“ (BauGB 1960). Dies gilt im Rahmen eines Bebauungsplans auch bei einer Wiedernutzbarmachung nicht mehr genutzter Flächen, wenn die Leistungsfähigkeit des betroffenen Bodens erhalten bzw. wiederhergestellt werden soll (LUBW 2003a). Nach LUBW (2003a) wird dieses Instrument in der Praxis wegen möglicher Entschädigungsansprüche jedoch kaum angewandt. Der zweite Gesetzesartikel, §5 BBodSchG, ermächtigt die Bundesregierung, die Grundstückseigentümer „bei dauerhaft nicht mehr genutzten Flächen, deren Versiegelung im Widerspruch zu planungsrechtlichen Festsetzungen steht, den Boden in seiner Leistungsfähigkeit (...) so weit wie möglich und zumutbar zu erhalten oder wiederherzustellen“ (BBodSchG 1998). Auch dieser Artikel wird jedoch als eher „vollzugsunfreundlich“ bewertet, da verschiedene Probleme betreffend Definitionen und Abgrenzungen bestehen und es keine Rechtsverordnung „mit detaillierteren Regelungen“ gibt (Schimansky 2003).

Das wichtigste Instrument, welches vielen Bodenentsiegelungsprojekten in Deutschland auch in der Praxis zu Grunde liegt (vgl. LUBW 2003a; BMVBS/BBR 2009; Socher 2011), ist die Eingriffs- bzw. Ausgleichsregelung - ein Instrument des Naturschutzes. Darin ist festgeschrieben, dass bei einem Eingriff in Natur und Landschaft, dieser durch angemessene naturschutzfachliche Massnahmen ausgeglichen werden soll (BfN 2011). Aufgrund des hohen Grades an Autonomie der einzelnen Bundesländer sind eine ganze Reihe selbststehender Strategien und Konzepte zur Ausführung dieser übergeordneten Zielsetzung entstanden (Prokop et al. 2011). Mehrere Bundesländer haben im Rahmen der Eingriffsregelung ein Öko-Konto-System eingeführt, welches auf dem Prinzip des Handels mit Ökopunkten basiert. Eingriffe in die Natur und Landschaft werden mit Punkten angelastet und müssen mit der gleichen Anzahl Punkte aus einer Kompensationsmassnahme ausgeglichen werden. Die zeitliche Entkopplung von Eingriff und Massnahme erreicht dabei eine starke Vereinfachung und Flexibilisierung des Prozesses (TMLFUN 2009; Prokop et al. 2011). Eine Möglichkeit, die aufgrund eines Eingriffs erfahrenen Punkte zu kompensieren, ist die Entsiegelung (Bruns & Köppel 2003; TMLFUN 2009; Prokop et

al. 2011). Da durch den Abriss von Gebäuden oftmals ein erheblicher finanzieller Mehraufwand resultiert, kann bei der Umrechnung einer Kompensation mittels Abrissarbeiten in Ökopunkte teilweise ein Multiplikationsfaktor (Funktionsaufwertungsfaktor) angewendet werden, wodurch sich die in Punkten ausgedrückte Kompensationsleistung bei einem Projekt vergrößert (SMUL 2000; Bruns & Köppel 2003). Eines der weitgehendsten und sich direkt auf den Rückbau und die Entsiegelung beziehenden Kompensationssysteme ist das Bodenausgleichskonto in der Stadt Dresden (Prokop et al. 2011). Aufgrund des Planungsziels, die überbaute Fläche auf nicht mehr als 40 Prozent der Stadtfläche ansteigen zu lassen, müssen Projekte auf unbebauten Flächen zwingend mit entsprechenden Entsiegelungsmassnahmen auf dem Stadtgebiet ausgeglichen werden. Aufgrund dieser als effektiv angesehenen Massnahme, werden in der Stadt Dresden durchschnittlich rund 4 ha Boden pro Jahr entsiegelt (Abb. 4-3). Nennenswert ist in dieser Hinsicht, dass der Preis der Kompensation sich auf die „realen Kosten“ der Entsiegelung bezieht. Diese sind mit rund 20 € pro m² entsiegeltem Boden deutlich höher als bei anderen Kompensationsmassnahmen (bspw. Vegetationsaufwertung zur Biodiversitätsförderung) (Prokop et al. 2011). Dieser Wert kann zwar auf Investoren eine abschreckende Wirkung haben (Prokop et al. 2011), doch nennen Bruns & Köppel (2003) eine Realisierung erst ab einer Höhe der Rückbaukosten von mehr als 40 € pro m² als problematisch.

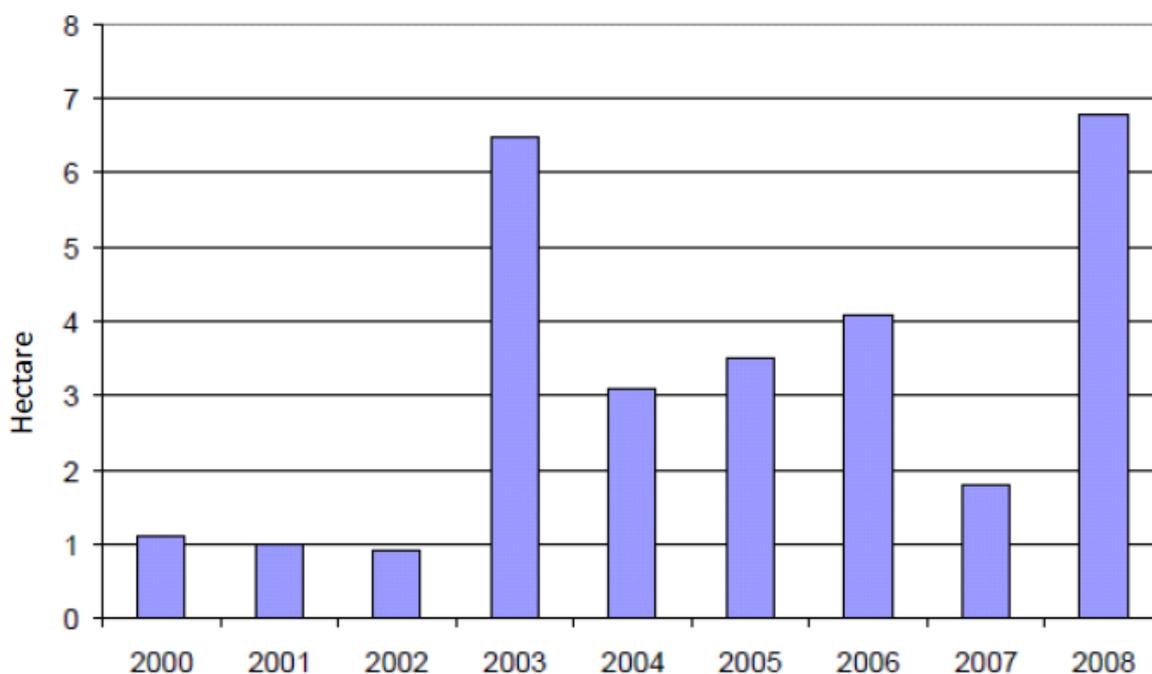


Abb. 4-3 *Entsiegelte Fläche in der Stadt Dresden in ha pro Jahr (Darstellung nach Umweltamt der Stadt Dresden, in: Prokop et al. 2011)*

Förderprogramme und Projektfinanzierung

Basierend auf der bereits beschriebenen weitgehenden Eigenständigkeit der deutschen Bundesländer in der Planung, entstanden Programme und Verordnungen um Entsiegelungsmassnahmen zu fördern.

Viele davon stehen ebenfalls im Zusammenhang mit Kompensationsleistungen, sprechen die Entsiegelung als Massnahme in der Formulierung, im Gegensatz zur nationalen Eingriffsregelung, aber explizit an. Im Bundesland Sachsen beispielsweise wurde im Jahr 2000 ein Entsiegelungserlass verabschiedet (SMUL 2000). Darin heisst es, dass Entsiegelungsmassnahmen bei einer Kompensationsleistung prioritär zu prüfen sind, wenn eine naturschutzfachliche Folgenutzung gesichert ist (SMUL 2000; Scherer et al. 2012). Dabei soll eine durch die Versiegelung entstandene Beeinträchtigung von Böden „in demselben Umfang ausgeglichen werden“ (Bruns & Köppel 2003). Voraussetzung für eine Anwendung dieser Bestimmung sind ein vertretbares Verhältnis von Entsiegelungsaufwand und ökologischem Nutzen, eine sinnvolle Einbindung der Massnahme in das Kompensationskonzept sowie das Bestehen eines räumlichen und funktionalen Bezugs zwischen Massnahme und Eingriff. Sind diese Voraussetzungen nicht gegeben, sind Ausnahmen oder die Behandlung als Ersatzmassnahme möglich (Bruns & Köppel 2003).

Rückbauprojekte werden oft durch ein Bündel verschiedener Förderprogramme finanziell unterstützt. Diese sind länderspezifisch, auf staatlicher Ebene oder stammen sogar aus Fonds der Europäischen Union (EU). Im Bundesland Thüringen werden, gestützt auf die 2007 erlassene und bis Ende 2015 befristete „Förderrichtlinie Revitalisierung“ (vgl. TMLFUN 2011), Vorhaben finanziell unterstützt, die „durch Rückgewinnung von brachliegenden Flächen Renaturierungspotenziale und neue Möglichkeiten für Nachnutzungen eröffnen“ (TMLFUN 2013). Ziel ist es, Altstandorte in ländlichen Gemeinden aufzuwerten und gleichzeitig aktiven Umwelt- und Naturschutz zu betreiben (TMLFUN 2009). Die besagte Förderrichtlinie wird durch den „Europäischen Fonds für regionale Entwicklung“ (EFRE) mit teilweiser Ergänzung durch Landesmittel, finanziert. Von der EU standen bis zum Jahr 2013 15 Mio. Euro zur Verfügung. (TMLFUN 2009). Von der Förderung profitieren können sowohl kommunale Gebietskörperschaften, als auch natürliche und juristische Personen des privaten Rechts. Die ausbezahlten Förderbeiträge sind als bedingt rückzahlbare Zuschüsse zu verstehen und können für zuwendungsfähige Ausgaben über 7500 € eine Höhe von bis zu 60 Prozent erreichen (TMLFUN 2013).

Ein Förderprogramm von der staatlichen Seite, das jedoch auf eine genau definierte Gruppe von Bundesländern und Städten zielt, ist das „Bundes-Länderprogramm Stadtumbau Ost“. Dessen Anliegen ist es, Städte in den von Strukturwandel stark betroffenen neuen Bundesländern „durch gezielte Aufwertungsmassnahmen zu stärken“ und deren Wohnungsmärkte zu stabilisieren (BMVBS 2010). Eines der Mittel, um dies zu erreichen, ist auch der Rückbau brachliegender Gebäude verschiedener Vornutzungen (BMVBS/BBR 2009) in Zusammenhang mit „einer einfachen Herrichtung des Grundstücks zur Wiedernutzung“ (BMVBS 2010). Dabei ist eine Wiedernutzung keineswegs zwangsläufig als Restauration der Fläche für die ursprüngliche Nutzung zu verstehen, sondern schliesst durchaus auch nichtbauliche Nachnutzungen mit ein (BMVBS/BBR 2009). Oftmals wird der Rückbau an sich durch das Länderprogramm finanziert, die anschliessende Renaturierung geschieht jedoch durch einen ersatzmassnahmenpflichtigen Dritten (BMVBS/BBR 2009).

Feststellung des Entsiegelungspotenzials

Als Voraussetzung zur Durchführung von Entsiegelungsmassnahmen wird die Kenntnis über das Vorhandensein geeigneter Brachen auf der einen und das Wissen über das Wiederherstellungspotenzial spezifischer Ökosystemleistungen auf der anderen Seite genannt (De Sousa 2003; SenStadt 2013). Daher wird oft ein Brachflächenkataster erarbeitet, wobei die Daten zentral in einer Datenbank gespeichert werden. Dies ermöglicht eine fortlaufende Aktualisierung seitens der öffentlichen Verwaltung aber auch privater Flächeneigentümer. Diese können die Informationsplattform benutzen, um sich auf der einen Seite über potenzielle Entsiegelungsflächen zu informieren und auf der anderen Seite eigene Flächen, nach einer Prüfung, einzubringen. Dies ermöglicht eine verstärkte Einbindung in Ausgleichs- bzw. Kompensationsmassnahmen (Scherer et al. 2012; Sen Stadt 2013). Ein Verzeichnis, welches die geeigneten Flächen beinhaltet, ist also der erste Schritt zur Erhöhung der Realisierungschance. Aus diesem Grund haben mehrere Bundesländer dementsprechende Potenzialstudien durchgeführt. Diese beziehen sich gemeinhin, wie in Sachsen und Berlin, auf den kompletten Aufbruch des Belags und damit die Renaturierung und Rückführung in eine naturnähere Nutzungsart (Scherer et al. 2012; SenStadt 2013). Im Bundesland Baden-Württemberg zählt aber zudem die Feststellung des Potenzials zur Verringerung der Versiegelung bei Beibehaltung des Nutzungstyps durch eine Belagsänderung dazu (bspw. Verwendung durchlässiger Beläge) (LUBW 2000).

Die Beurteilung der Flächeneignung basiert meist auf Geodaten, ergänzt durch die visuelle Begutachtung und die Befragung von Fachpersonen (Scherer et al. 2012; Sen Stadt 2013). Das Landesamt für Umwelt, Landwirtschaft und Geologie (LFULG) hat eine Methode entwickelt, die eine GIS-gestützte Erstbewertung von Entsiegelungspotenzialen ermöglichen soll. Dazu wurden in einem ersten Schritt die verfügbaren Kataster- und Datenstrukturen gesichtet, deren Anwendbarkeit geprüft und darauf aufbauend Indikatoren und Bewertungskriterien entwickelt (Scherer et al. 2012). Die Kriterien sollten grundsätzlich so beschrieben werden, dass eine Fläche als geeignet bezeichnet werden kann, wenn in genügendem Masse die Herstellung von Bodenfunktionen sowie ein „Beitrag für Natur und Landschaft“ erreicht werden kann (Scherer et al. 2012). Weitergehend wurde aber auch der Mobilisierungsaufwand, also jene Aufwendungen und Kosten, welche eine Entsiegelung als weniger erfolgsversprechend erscheinen lassen, berücksichtigt (Scherer et al. 2012). Konkret heisst dies, dass die Lage der Fläche im funktionellen Verbund sowie die Qualität des ursprünglichen Bodens (abgeleitet aus Bodenqualitäten in der Nachbarschaft) berücksichtigt wurden (Scherer et al. 2012).

Bei der abschliessenden Vorzugsvariante zur Bewertung des Entsiegelungspotenzials wurde die „Standorteignung“ in mehrere Indikatoren und diese wiederum in mehrere Kriterien unterteilt (Tab. 4-1). Die Bewertung erfolgte dahingehend, dass den Flächen gemäss Ausprägung des jeweiligen Kriteriums Punkte zugeordnet wurden. Wenn ein Kriterium einer Kriteriengruppe als zutreffend taxiert wurde, wurde dem dazugehörigen Indikator ein Punkt zugewiesen. In einem solchen Fall wird die Fläche bereits für eine Entsiegelung vorgeschlagen, da hierfür bereits ein Indikatorenpunkt ausreicht. Nichts desto trotz gilt, dass eine höhere Punktzahl auch ein grösserer Entsiegelungspotenzial anzeigt. Diese

gleichgewichtete Bewertungsvariante ist leicht implementierbar, ist aber auch eher vereinfacht. Für die Erweiterung mit dem Mobilisierungsaufwand oder die Berücksichtigung weiterer Brachflächen bspw. im Siedlungsgebiet müssten die Kriterien neu ausgearbeitet und gewichtet werden (Scherer et al. 2012).

Tab. 4-1 *Erstbewertung des Entsiegelungspotenzials im Bundesland Sachsen. Vorzugsvariante "Gleichgewichtete Bewertung von Standorteignung" (Darstellung nach Scherer et al. 2012)*

Fachschale	Indikator	Kriterium	Attribut	Pkte	Pkte Max	
Standorteignung	Lage	Aussenbereich	ja/richtig	1	1	
		Ortsrand	ja/richtig	1		
	Hochwasserschutz	Überschwemmungsgebiet	ja/richtig	1	1	
	Grundwasserschutz	Wasserschutzgebiet	ja/richtig	1	1	
	Naturschutz		Naturschutzgebiet	ja/richtig	1	1
			Landschaftsschutzgebiet	ja/richtig	1	
			Naturpark	ja/richtig	1	
			FFH-Gebiet (Natura 2000)	ja/richtig	1	
			Biotopverbund	ja/richtig	1	
	Bodenschutz		Bodenfruchtbarkeit	ja/richtig	1	1
			Filter-/Puffer Schadstoffe	ja/richtig	1	
			Wasserspeichervermögen	ja/richtig	1	
			Archivfunktion	ja/richtig	1	

Die Eignungsabklärung der Senatsverwaltung für Stadtentwicklung und Umwelt Berlin setzt den Schwerpunkt bei der Kriteriendefinition etwas anders. Die ökologische Standorteignung, wie sie bei Scherer et al. (2012) beschrieben wird, fließt hier nur in einem von vier Punkten ein. In einer fachlichen Bewertung wird der ökologische Qualitätsgewinn der Entsiegelungsflächen bewertet. Die restlichen drei Kriterien, die in die dreistufige Priorisierungsskala einfließen, sind (i) die Flächenverfügbarkeit in Abhängigkeit der Eigentumsverhältnisse, (ii) der technische Aufwand bezogen auf die Versiegelungsart bzw. den Bebauungsgrad und (iii) die zeitliche Umsetzbarkeit (SenStadt 2013).

Geographische Verteilung und Auslöser der Entsiegelung

Die Sichtung der gefundenen Literatur in Deutschland zeigt ein gewisses Muster in der geographischen Verteilung der Projekte. Auch wenn Projekte in verschiedenen Regionen Deutschlands zu finden sind, konzentrieren sie sich vornehmlich auf die von starkem Strukturwandel und demographischem Wandel betroffenen Länder im Osten und Westen des Landes. Brachgefallene Industrie-, Infrastruktur-, Landwirtschafts- oder Militärareale sowie leer stehende Wohngebäude sind die Folgen dieser Prozesse (Rössler 2008). Es wird davon ausgegangen, dass in der Stadt Schmallwitz im Bundesland Brandenburg bis 2009/2013 etwa die Hälfte der über 5500 Wohnungen rückgebaut werden und dass allein im

Ruhrgebiet Brachen mit einer Gesamtfläche von ca. 10'000 ha ohne Investitionserwartung bestehen (BMVBS/BBR 2009). Mangels Perspektiven baulicher Nachnutzungsmöglichkeiten stellt sich daher zunehmend die Frage nach der alternativen Nachnutzung und die Renaturierung zur Schaffung einer neuen „Lagequalität“ wird als Gegensteuer für weitere Suburbanisierungsprozesse attraktiv (Rössler 2008; BMVBS/BBR 2009; BMVBS 2010). Dieser Auslöser der Diskussion über alternative Nachnutzungsformen steht im Gegensatz zu einzelnen Projekten, wo auch in wachstumsorientierten Regionen ganz bewusst eine Renaturierung in Betracht gezogen wurde. Unter dem Motto „Freiraum schafft Stadtraum“ wurde beispielsweise in Essen (NW) ein Industrie- und Gewerbeareal aufgebrochen und für den Erholungszweck in einen Stadtpark umgestaltet (BMVBS/BBR 2009). In Baden-Württemberg kommen grundsätzlich Flächen im Stadtinnenbereich, wie Schul- und Hinterhöfe, in Frage (UM 2006). Der Freiraum als wichtiger Standortfaktor wurde erkannt und genutzt, um Stadtteile und grundsätzlich den Wirtschaftsstandort aufzuwerten (BMVBS/BBR 2009). Die gefundenen Praxisbeispiele zeigen zudem, dass Entsiegelungs- und Renaturierungsprojekte sowohl im ländlichen Raum (vgl. TMLFUN 2009), als auch auf städtischem Gebiet (vgl. BMVBS/BBR 2009) durchgeführt wurden. In letzterem Fall wurde die Stadtentwicklung nicht als reines Anliegen des Städtebaus angesehen, sondern es wurden auch ökologische, „wirtschaftliche und soziale Belange mit einbezogen“ (BMVBS/BBR 2009).

Nachnutzung

Die Auslöser des Rückbaus, die geographische Lage der Brache, die Art der Vornutzung wie auch der Nachnutzungstyp variieren von Projekt zu Projekt. Den „Königsweg“ (BMVBS/BBR 2009) einer erfolgreichen Renaturierung gibt es also nicht (BMVBS/BBR 2009). Nebst der permanenten Anlegung von Grünräumen auf Flächen, wo eine Neubebauung nicht wahrscheinlich ist, ist in gewissen Fällen die Vorstellung einer grünen Neunutzung zunächst nur eher zwischenzeitlicher Natur. Mittels sogenannten Gestattungsverträgen wird die öffentliche Nutzung auf privaten Grundstücken geregelt und eine Zwischennutzung angestrebt. Die einzelnen Areale werden dabei nicht ausgezont, sondern bleiben, um sich die Möglichkeit einer Überbauung zu einem späteren Zeitpunkt offenzuhalten, weiterhin als Bauland ausgeschieden (Rall & Haase 2011; Kabisch & Haase 2013). Aufgrund der anhaltend geringen Nachfrage nach solchen Grundstücken für eine Bebauung, werden die Verträge jedoch oftmals erneuert und die Zwischennutzung erhält einen permanenten Charakter (Rall & Haase 2011). Andere Beispiele zeigen aber auch, dass gerade in Stadtgebieten, wo die vorübergehenden Grünräume erfolgreich als Strategie zur Attraktivitätssteigerung eingesetzt wurden, diese trotz ihren „sozialen, ästhetischen und ökologischen Qualitäten“ wieder verschwinden (Rössler 2008).

Aus einer Befragung der entsiegelnden Kommunen geht hervor, dass etwa zwei Drittel, aufgrund der geringen Kosten, die sie verursacht, eine einfache Raseneinsaat wählen (BMVBS/BBR 2007). Die Chance einer Renaturierung als „Gestaltungsaufgabe“ wird gemäss BMVBS/BBR (2009) daher noch zu wenig verstanden. Die gefundenen Fallbeispiele zeigen aber, dass im Grunde durchaus eine Vielzahl alternativer Nachnutzungsmöglichkeiten besteht und diese auch aus einer aufwändigeren Freiflächen-

gestaltung bestehen können (BMVBS/BBR 2009; TMLFUN 2009). So werden Erholungsflächen mit verschiedenem Nutzungsgrad, „neue produktive Landschaften mit forst-, landwirtschaftlichen oder energiewirtschaftlichen Inwertsetzungsaspekten“ oder auch Retentionsflächen für den Hochwasserschutz angelegt (BMVBS/BBR 2009). Die Überblicksrecherche von BMVBS/BBR (2009) im urbanen Raum zeigte, dass die Gestaltung von Erholungsflächen zur Versorgung mit verschiedenen „Freiraumfunktionen“ der häufigste Ansatz für eine Nachnutzung ist, die wenigen Projekte mit landwirtschaftlichem Fokus weitgehend auf die Beweidung oder die Anlage von privaten oder öffentlichen Gärten setzen und dass die Potenziale einer Entsiegelung mit explizitem Fokus auf der Ökologie (effizientes Ressourcenmanagement, Klimaschutz) erst vereinzelt genutzt werden. Eine diskutierte Nachnutzung im urbanen Raum, jedoch noch mit fehlender Realisierung, ist die Wildnis. Deren ökologische Qualitäten scheinen offensichtlich, doch gibt die Frage, ob die urbane Wildnis eine Bereicherung oder eher ein deutliches Zeichen für den Zerfall ist, noch Anlass für Diskussionen (Rössler 2008). Die Berücksichtigung der Landwirtschaft für eine Nachnutzung, insbesondere im Zusammenhang mit der alternativen Energiegewinnung, geschieht vor allem vor dem Hintergrund der ökonomischen Inwertsetzung von Flächen als Alternative zu einer Überbauung (Rössler 2008). Im ländlichen Raum ist oftmals das Landschaftsbild ein ausschlaggebender Faktor für die Art der Nachnutzung. Diese wird so geplant und angepasst, dass die Fläche in Einklang mit dem Bild der vorherrschenden Landschaft steht (TMLFUN 2009). Allgemein werden die Flächen und deren Nachnutzungen explizit nicht als Ergebnis negativer Entwicklungen angesehen, sondern als Element im Kontext der zukünftigen Entwicklung der jeweiligen Region (BMVBS/BBR 2009; TMLFUN 2009). Es wird klar, dass die Renaturierung neue Nutzungsformen entstehen lässt, so ein Qualitätsgewinn möglich ist und die Fläche auch neu in Wert gesetzt werden kann (BMVBS/BBR 2009).

Multifunktionale Nachnutzungsstrategien zeichnen viele der durchgeführten Projekte aus. Sie zielen nicht auf eine einzige Nachnutzung, sondern verbinden verschiedene miteinander. So integrieren sie bei einer Renaturierung beispielsweise Angebote der (Umwelt-) Bildung oder der Kultur (BMVBS/BBR 2009; TMLFUN 2009). Ohnehin sind einzelne Nutzungstypen an sich nur schwer abzugrenzen, da sie sich gegenseitig nicht ausschließen. Eine wiederhergestellte landwirtschaftliche Fläche kann im selben Zuge ein Gebiet für die Naherholung sein. Ein Beispiel solch multifunktionaler Nachnutzung ist der Urbane Wald, welcher als Alternative zu herkömmlichen städtischen Grünflächen errichtet wird (Rink & Arndt 2011). So wurde in Leipzig unter anderem eine brach liegende Stadtgärtnerei entsiegelt und auf einer Fläche von 3.8 ha Wald gepflanzt (BfN 2010). Ein Urbaner Wald erlaubt verschiedenste Ausgestaltungen je nach Art der Nachfrage im Gebiet. So kann er als Nutzwald, als Ort für die Erholung aber auch naturnah gestaltet werden (Rink & Arndt 2011) und dabei eine grosse Leistung für die Biodiversität erbringen (Rössler 2008). In all diesen Fällen trägt der entsiegelte Boden aber sicherlich zur Regulierung des städtischen Oberflächenabflusses, zur Grundwasserreinigung und einer Fülle weiterer Ökosystemleistungen bei (EC 2012b; Tobias 2013). Dass die Multifunktionalität nicht nur bei Grossprojekten vorhanden ist, zeigt das Beispiel einer kleinflächigen Entsiegelung einer Ver-

kehrfläche, wo nebst der Wiederherstellung ökologischer Bodenfunktionen auch die Aufwertung des Landschaftsbilds als Ziel formuliert wurde (LUBW 2003b).

Nutzen von Rückbauprojekten in Deutschland

Ähnlich wie in Nordamerika, wird auch in Deutschland der Erfolg von Rückbauprojekten ausgewertet. Allgemein wird positiv bewertet, dass „anstelle flächenhafter industrieller Konzentration von Funktionen, durch eine grüne Umwandlung von Industriebrachen (...) neue Funktionsmischungen und Atmosphären an einzelnen Orten entstehen“ (BMVBS/BBR 2009). Auch im Spezifischen auf die verschiedenen Nachnutzungsformen bezogen, wird trotz gewissen Schwierigkeiten, ein positives Fazit gezogen. So zeigen verschiedene Beispiele, dass die positive grüne Standortentwicklung, assoziiert mit der Steigerung des Angebots für die Naherholung, neue Unternehmen anziehen konnten (BMVBS/BBR 2009). Auch das Beispiel des Stahlkonzerns ThyssenKrupp in der Stadt Essen, welcher zusammen mit den Behörden selbst aktiv wurde um in dessen Umgebung Brachflächen in grüne Räume umzuwandeln, zeigt die Wichtigkeit von Grünflächen für die Attraktivität eines Wirtschaftsstandorts und die Lebensqualität der Bevölkerung (BMVBS/BBR 2009).

Die landwirtschaftliche Nutzung wird durch verschiedene Hindernisse erschwert. Alte Ver- und Entsorgungsleitungen können eine Bewirtschaftung stören und die Böden können gestört sein, was ihre Funktionen beeinträchtigt (BMVBS/BBR 2009). Abhilfe schaffen dabei ein komplett ausgeführter Rückbau auch von tieferliegenden Nutzungsrückständen sowie Bodenverbesserungsmassnahmen. Für eine erfolgreiche Bewirtschaftung kann es für die Landwirte von Vorteil sein, langfristige Nutzungsverträge abzuschliessen, worin auch Sicherheiten bei Investitionen geregelt sind (BMVBS/BBR 2009).

Eine Form der Landwirtschaft, welcher hingegen zunehmender Aufmerksamkeit zukommt, ist die alternative Energiegewinnung. Die Aktualität der Energiefrage mit dem in verschiedenen Ländern beschlossenen Ausstieg aus der Atomenergie lässt diesbezügliche Projekte für Betreiber interessant werden und die Akzeptanz in der Bevölkerung steigt (BMVBS/BBR 2009). Projektbeispiele zeigen denn auch bereits jetzt, dass durch die Anlage von Biomassenproduktionsflächen ein ökonomischer Erfolg resultieren kann (BMVBS/BBR 2009). Schwierigkeiten dieser Nachnutzungsform ergeben sich aus der Unsicherheit der rechtlichen Rahmenbedingungen. Es ist nicht klar, ob Kurzumtriebsplantagen der Kategorie Wald oder Landwirtschaft zuzuordnen sind (BMVBS/BBR 2009). Der Wald wird in Deutschland, wie auch in der Schweiz gemäss Waldgesetz (WaG), in seiner Fläche geschützt. Wald als Nachnutzung bedeutet deshalb eine Auslegung auf Dauer und bestärkt dadurch die Dauerhaftigkeit von Renaturierungsmassnahmen“ (BMVBS/BBR 2009). Die sichtbare Entwicklung einer Aufforstung braucht jedoch Zeit und Geduld. Dies setzt die Akzeptanz aller Beteiligten voraus und bedingt eine klare Kommunikation und Information der Bevölkerung (BMVBS/BBR 2009). Bei einer Befragung von betroffenen Personen zeigte sich eine positive Bewertung von angelegten Stadtwaldflächen. Insbesondere die Erholungsfunktion und die Aufwertung des Stadtbildes konnten beim Urbanen Wald überzeugen. Zwar schnitt er weniger gut ab als ein Stadtpark, doch wurden beide Typen besser bewertet als

die vorangegangene Brachfläche. Es ist daher zu berücksichtigen, dass die Bevölkerung sich an bekannten Strukturen orientiert und daher eine parkähnliche Ausgestaltung des Urbanen Waldes einer naturnaheren vorzieht (Rink & Arndt 2011). Zuletzt zeigten Brachflächenentsiegelungen auch den hohen Wert für das regionale Hochwassermanagement. Durch die grössere Fläche an möglicher Niederschlagsversickerung kombiniert mit der Ausscheidung von Überschwemmungsbereichen ist diese Art der Nachnutzung besonders im Hinblick auf die Debatte des Klimafolgenmanagements interessant (BMVBS/BBR 2009). Zusätzlich erfüllen solche Retentionsflächen weitere Aufgaben im Bereich der Landschaftsgestaltung, der Erholung und des Naturschutzes (BMVBS/BBR 2009).

Eine Studie von Doick et al. (2009) zum Erfolg von städtischen Grünräumen auf ehemaligen Brachflächen bei 20 Fallstudien legt jedoch Defizite in der Erreichung gesetzter Ziele an den Tag. So war die Schaffung von Habitaten nur teilweise erfolgreich. Die geringe Nährstoffqualität im Boden und die Anreicherung von Metallen/Metalloiden in den Blättern schränkten die Gesundheit und das Wachstum der Bäume ein, was das Aufkommen bewaldeter Flächen beeinträchtigte. Auch die Qualität des sozialen Werts wird von den Autoren infrage gestellt.

Die Auslegung der Projekte für mehrdimensionale Nutzungsschwerpunkte mit der damit einhergehenden „Diversifizierung von Themen und Handlungsfeldern“ (BMVBS/BBR 2009) erwies sich besonders in der Planung und Steigerung der Projektakzeptanz als äusserst wertvoll. Die „Kombination unterschiedlicher Verfahren, Trägerschaften, Finanzierungsmöglichkeiten“ resultiert in „Elastizität“ und damit der „Stabilisierung der Projekte“ (BMVBS/BBR 2009).

Nutzen von Rückbauprojekten in weiteren Ländern Europas

Mehrere Studien in Grossbritannien beschäftigten sich mit dem Erfolg beziehungsweise den Schwierigkeiten nach einer erfolgten grünen Umnutzung von Brachflächen. Vilella et al. (2006) beschreiben den Erfolg des Thames Barrier Parks in London. Dieser als multifunktionaler Raum mit sozialem Fokus geplante Stadtpark erreichte eine hohe Qualität und etablierte sich als Erholungsort für die lokale Bevölkerung, aber auch für Personen von ausserhalb der unmittelbaren Umgebung (Vilella et al. 2006). Die Untersuchung machte aber auch deutlich, dass eine gute Erreichbarkeit ein zentrales Element für den Erfolg darstellt. Die Unterrepräsentation gewisser Ethnizitätsgruppen bei den Besuchern zeigte das Problem einer vielbefahrenen Strasse, welche als Barriere für die örtlich konzentriert wohnende Bevölkerungsgruppe wirkte (Vilella et al. 2006).

Schwierigkeiten bei der Umsetzung werden von Sellers et al. (2006) auch für zwei weitere Parkanlagen in London aufgezeigt. Aufgrund unmittelbar nach der Eröffnung auftretender Probleme, mussten neue kostspielige und umfassende Sanierungsprojekte umgesetzt werden. Als Hauptproblem wurde die fehlende Expertise beim Design eruiert. So erwiesen sich die Infrastruktur, der Zugang, die Wasserelemente, die geschaffenen Habitate und aufgrund all dessen auch das öffentliche Interesse als ungenügend. Weiter fehlten auch die benötigten Ressourcen für die Pflege der neuen Flächen (Sellers et al.

2006). Wie die Ausführungen von Moffat & Hutchings (2007) sowie Padiaditi et al. (2010) sind diese Beispiele eines mangelhaften Engineerings jedoch keine Einzelfälle.

Aufgrund des dynamischen Charakters von Grünräumen ist die Beurteilung des Erfolgs eines Rückbaus, insbesondere von einer ökologischen Perspektive her, schwierig. Klar scheint, dass die Behörden und Befürworter, im Hinblick auf weitere Renaturierungsprojekte auf Brachflächen, in der Evaluation der Projekte wohl eher die positiven Punkte hervorheben oder grundsätzlich nur die erfolgreich umgesetzten Projekte vorstellen. So ist ein gewisser Bias in der Erfolgsbeschreibung nicht zu vermeiden (De Sousa 2004; Padiaditi et al. 2010). Um ein gesamtheitliches Fazit ziehen zu können sprechen sich Doick et al. (2009) daher für „eine Überprüfung als Prozess“ und regelmässige Re-Evaluationen aus.

Strukturelle Hindernisse von Rückbauprojekten

Ungeachtet der positiven Wirkungen von Rückbauprojekten, begegnen diese auch Schwierigkeiten und Hindernissen gesetzlicher, ökonomischer und planerischer Natur (Rössler 2008). Da diese Schwierigkeiten für die verschiedenen geographischen Regionen gleich ausgeprägt beschrieben werden, basiert die folgende Darlegung auf Literatur aus verschiedenen Ländern und hat nicht mehr den Fokus auf Deutschland.

Als Hauptproblem werden Unsicherheiten bezüglich den finanziellen Ressourcen genannt. Der Komplettrückbau an sich (u.U. mit Altlastensanierung), die anschliessenden Umnutzungsarbeiten sowie die Pflege und der Unterhalt der resultierenden Flächen verursachen hohe Kosten (De Sousa 2004; BMVBS/BBR 2009; Tobias 2013). Durch den Statuswechsel in der Zonierung ergibt sich jedoch oft eine Reduzierung der Bodenwerte. Aufgrund der daraus resultierenden finanziellen Nachteile ist zum einen ein allfälliger Kauf der öffentlichen Hand mit anschliessendem Wertverlust teuer und zum anderen ist es schwierig, private Eigentümer für eine derartige Nutzung zu motivieren, da die getätigten Investitionen nicht durch einen direkten finanziellen Mehrwert aufgrund der Folgenutzung kompensiert werden können (De Sousa 2004; BMVBS/BBR 2009; Tobias 2013). Nach Rössler (2008) führt dies dazu, dass die Diskussion über die Entsiegelung von Flächen sich oft mehr um die Kosteneffektivität und generell eine ökonomisch effektive Nutzung des Raums dreht, als um raum-ökologische Aspekte (Rössler 2008). Siikamäki & Wernstedt (2008) beschreiben zudem die Schwierigkeit, die kurzfristige Natur politischer Bestrebungen mit den oft unsichtbaren und langfristigen Vorteilen einer Umwandlung in Grünräume zu vereinbaren. Für einen Erfolg von Rückbauprojekten sollten jedoch langzeitliche Finanzierungs- und Managementstrategien bestehen (Sellers et al. 2006). Der Zugang zu Fördergeldern erweist sich deshalb als nicht einfach (De Sousa 2004; BMVBS/BBR 2009). Ungenügende finanzielle Mittel können sich auf den Grad des Rückbaus auswirken und so dazu führen, dass beispielsweise stillgelegte Ver- und Entsorgungsleitungen zum Teil im Boden bleiben. Dies wiederum kann eine geplante Nachnutzung, wie beispielsweise eine Aufforstung, erschweren (De Sousa 2004; BMVBS/BBR 2009).

Das Fehlen von politischen und rechtlichen Strukturen seitens der öffentlichen Hand sowie das Misstrauen gegenüber dieser werden als weitere Erschwernisse genannt (De Sousa 2003). Damit im Zusammenhang stehend ist auch der Mangel an Kenntnissen und Erfahrung (De Sousa 2003), insbesondere beim Umgang mit erschwerenden Bedingungen wie Altlasten. Schliesslich erschwert auch der Konkurrenzdruck für andere Nutzungen die Renaturierung von Flächen. So sind oftmals neue Industrie- oder Siedlungsprojekte auf denselben Arealen im Gespräch (De Sousa 2004; BMVBS/BBR 2009). Die teilweise vorhandenen Zweifel am ökonomischen aber auch ökologischen Nutzen (De Sousa 2003) sind dabei für eine erfolgreiche Argumentation und Positionierung der Rückbauprojekte nicht hilfreich.

4.2 Potenzial in der Schweiz

Die in diesem Kapitel gemachten Aussagen zur räumlichen Verteilung der Potenziale wurden visuell auf Basis der dargestellten Karten und aus Gründen der spezifischen räumlichen Verteilung der Flächen ohne raumstatistische Analyseverfahren gemacht. Weiter beziehen sie sich jeweils auf die Menge der hier untersuchten Brachflächen und können nicht als für die darüber hinausgehende Gesamtheit der in den jeweiligen Regionen situierten Brachflächen repräsentativ verstanden werden. Die exakten (unklassierten) Potenzialwerte, wie auch die Ausprägung der einzelnen Indikatoren, welche hier in den Resultaten zur Aussage des Gesamtpotenzials pro Ökosystemleistung aggregiert wurden, sind in den Resultatetabellen in Anhang C aufgeführt.

4.2.1 Landwirtschaftliche Produktionseignung

In Tabelle 4-2 sind die Anteile der Potenzialwerte für die landwirtschaftliche Produktion pro Potenzialklasse aufgeführt. Knapp die Hälfte der Flächen (47.5%) mit einem noch höheren Flächenanteil von 78.3 Prozent können den höchsten beiden Potenzialklassen zugeordnet werden, während die restlichen Brachen hauptsächlich Potenzialwerte der mittleren Klasse zeigen. Das Fehlen von Flächen der niedrigsten und die geringe Anzahl in der zweitniedrigsten Potenzialklasse bestätigt das grundsätzlich hohe Potenzial für die landwirtschaftliche Produktion (Median der Potenzialwerte 3.3).

Tab. 4-2 Werte für das landwirtschaftliche Produktionspotenzial der Brachflächen in der Schweiz.
Potenzialklasse 1 = wenig geeignet, 5 = sehr gut geeignet

Potenzial- klasse	Anzahl Brachen pro Klasse	Anteil der Klasse [%]	Fläche pro Potenzi- alklasse [ha]	Flächenanteil [%]
1	0	0.0	0.0	0.0
2	5	8.4	59.5	7.2
3	26	44.1	119.4	14.5
4	24	40.7	610.0	74.1
5	4	6.8	34.5	4.2

Die entsprechende räumliche Verteilung der Potenziale ist in Abb. 4-4 visualisiert. Die höchsten Potenzialwerte liegen vornehmlich im Mittelland und im östlichen Jura. Ein eher geringeres Potenzial für die Landwirtschaft als Folgenutzung für Brachflächen zeigt sich in den Alpen beziehungsweise Voralpen, dem westlichen Jura und im Tessin. Dieses grossflächige Muster folgt insbesondere der Klimateignung sowie der Bodeneignung für die Landwirtschaft, mit welchen es denn auch hauptsächlich erklärt werden kann. Dieser Umstand bedeutet jedoch auch, dass sich die Brachflächen in der Bewirtschaftungseignung nicht stark unterscheiden und die anderen beiden Faktoren nicht gross zu modifizieren vermag. Kleinräumig sieht man dennoch dessen Einfluss. So zeigt der Flugplatz Mollis im klimatisch für die Landwirtschaft relativ tief eingestuften Kanton Glarus, aufgrund guter lokalpedologischer Gegebenheiten und einer günstigen Flächengeometrie (grosse Fläche), trotzdem ein hohes Potenzial.

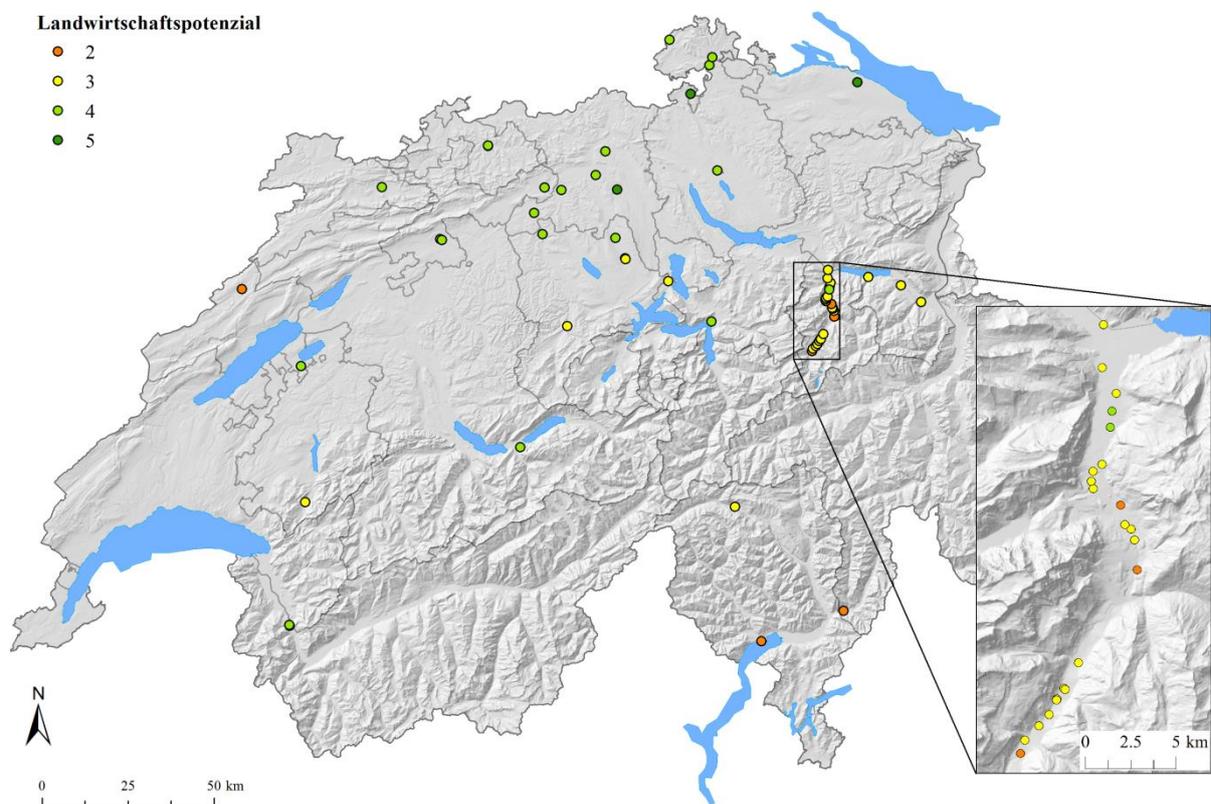


Abb. 4-4 *Räumliche Verteilung des landwirtschaftlichen Produktionspotenzials auf den untersuchten Brachflächen der Schweiz (eigene Darstellung; Quelle Kartengrundlage: DHM25 L2 © 2014 swisstopo (5704 000 000)/BFS GEOSTAT/Bundesamt für Landestopographie)*

4.2.2 Erholungsfunktionale Versorgung

In Tabelle 4-3 ist die Ausprägung der Brachflächenpotenziale hinsichtlich einer erholungsfunktionalen Nutzung abgebildet. Der Median der Potenzialwerte liegt schweizweit bei 2.2 und ist Beleg für das tendenziell eher tiefe Potenzial der Brachflächen für eine Naherholungsnutzung. Mehr als die Hälfte (59.3%) aller Flächen, flächenanteilmässig jedoch lediglich 31.6 Prozent sind den tiefsten beiden Po-

tenzialklassen zugewiesen. Lediglich 18.6 Prozent der Brachen weisen eine der zwei höchsten Klassen auf, wobei Flächen der höchsten Potenzialklasse gänzlich fehlen. Der Unterschied zwischen dem flächenmässigen und dem anzahlbezogenen Anteil zeigt, dass die gut geeigneten Brachflächen in der Tendenz von grösserer Fläche sind als jene mit einem geringen Potenzial.

Tab. 4-3 *Potenzialwerte für die erholungsfunktionale Nutzungseignung der Brachflächen in der Schweiz. Potenzialklasse 1 = wenig geeignet, 5 = sehr gut geeignet*

Potenzial- klasse	Anzahl Brachen pro Klasse	Anteil der Klasse [%]	Fläche pro Potenzi- alklasse [ha]	Flächenanteil [%]
1	12	20.3	153.9	18.7
2	23	39.0	104.0	12.6
3	13	22.1	269.4	32.7
4	11	18.6	296.1	36.0
5	0	0.0	0.0	0.0

Räumlich zeigt die Verteilung der Potenziale ein Muster ohne offensichtlich grossräumige Cluster (Abb. 4-5). Brachflächen mit dem geringsten Potenzial sind jedoch im Mittelland eher selten zu finden. Eine Konzentration geringer Potenziale ist hingegen in den hintersten Talgegenden des Kantons Glarus sowie in den weiteren alpinen Gebieten auszumachen. Eine Erklärung für das gesamthaft tiefe Potenzial kann die Lage der untersuchten Brachflächen ausserhalb der Siedlungen sein. Hinweis darauf geben die beiden im Kanton Schaffhausen liegenden, als einzige in die Potenzialkategorie 4 eingeteilten Brachflächen. Diese liegen mitten im Siedlungsgebiet. Insgesamt wurden jedoch nur wenige innerstädtische Brachen in die Untersuchung mit einbezogen. Dies führt dazu, dass die Anzahl aufsuchender Personen relativ gering, der bestehende Anteil an Grünflächen in der Umgebung jedoch hoch ist und damit bereits genügend Naherholungsmöglichkeiten bestehen.

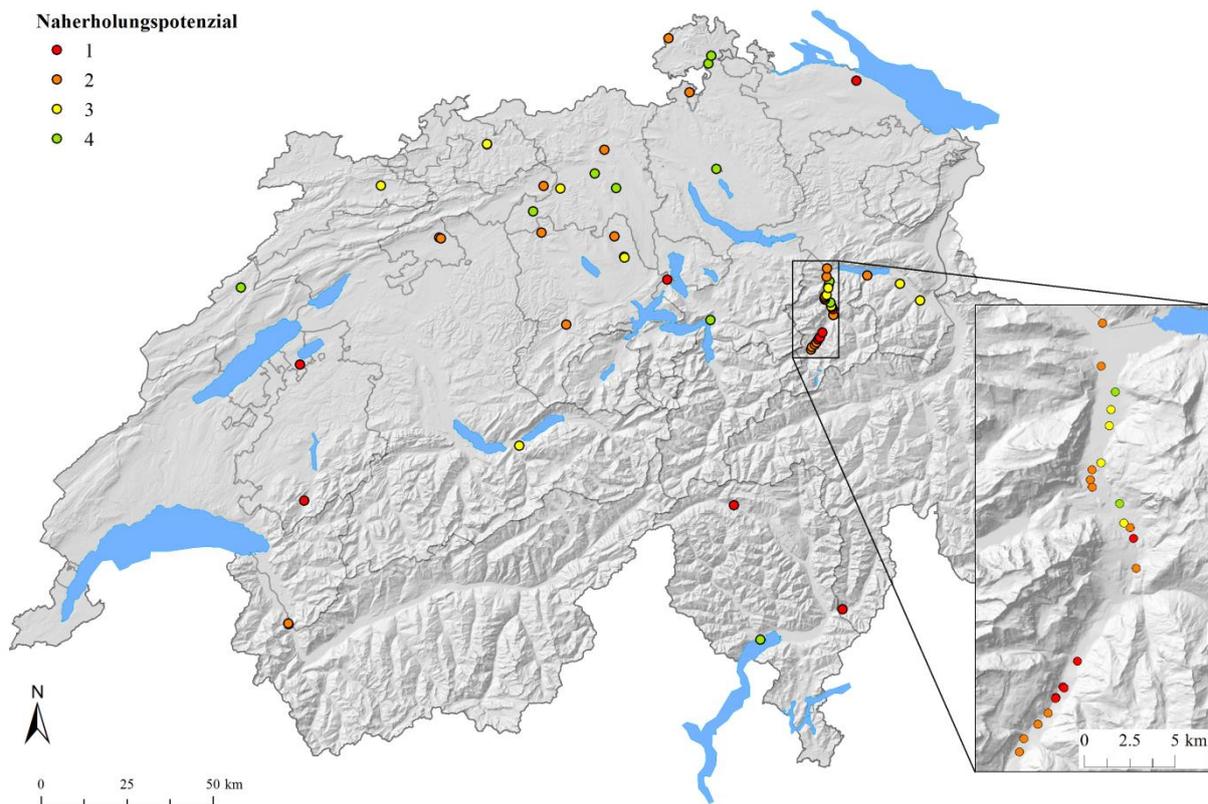


Abb. 4-5 *Räumliche Verteilung des Potenzials für eine Naherholungsnutzung auf den untersuchten Brachflächen der Schweiz (Quelle Kartengrundlage: DHM25 L2 © 2014 swisstopo (5704 000 000)/BFS GEOSTAT/Bundesamt für Landestopographie)*

4.2.3 Landschaftsästhetik

Potenzial für die Erhöhung der wahrgenommenen Schönheit der Landschaft

Tabelle 4-4 beschreibt das Potenzial der Brachflächen für eine Erhöhung der wahrgenommenen Schönheit der Landschaft in vier Klassen. Eine Mehrheit der Flächen (66.1%) besitzt ein Potenzial der tiefen beiden Klassen. In diesem Sinne ist auch der Median der Potenzialwerte von 2.0 zu nennen. Betrachtet man die flächenmässigen Anteile der Potenziale zeigt sich eine ausgeglichene Verteilung zwischen den oberen und unteren zwei Potenzialklassen. Dabei machen die Potenzialklassen 2 und 3 jedoch den Hauptanteil der jeweiligen Gruppe aus.

Bei der räumlichen Verteilung des Potenzials (Abb. 4-6) fällt insbesondere der Cluster hoher Eignung im nördlich-zentralen Mittelland auf, wohingegen in Glarus und generell den Voralpengebieten dieses Potenzial eher weniger hoch ausgeprägt ist. Ausschlaggebend hierfür ist insbesondere, dass im Siedlungsgürtel zwischen Boden- und Genfersee die Landschaft als weniger schön wahrgenommen wird als in den Berggebieten.

Tab. 4-4 Potenzialwerte für die ästhetische Aufwertung der Landschaft infolge eines Rückbaus der Brachflächen in der Schweiz. Potenzialklasse 1 = wenig geeignet, 4 = sehr gut geeignet

Potenzial- klasse	Anzahl Brachen pro Klasse	Anteil der Klasse [%]	Fläche pro Potenzi- alklasse [ha]	Flächenanteil [%]
1	6	10.2	12.4	1.5
2	33	55.9	360.7	43.8
3	17	28.8	400.8	48.7
4	3	5.1	49.6	6.0

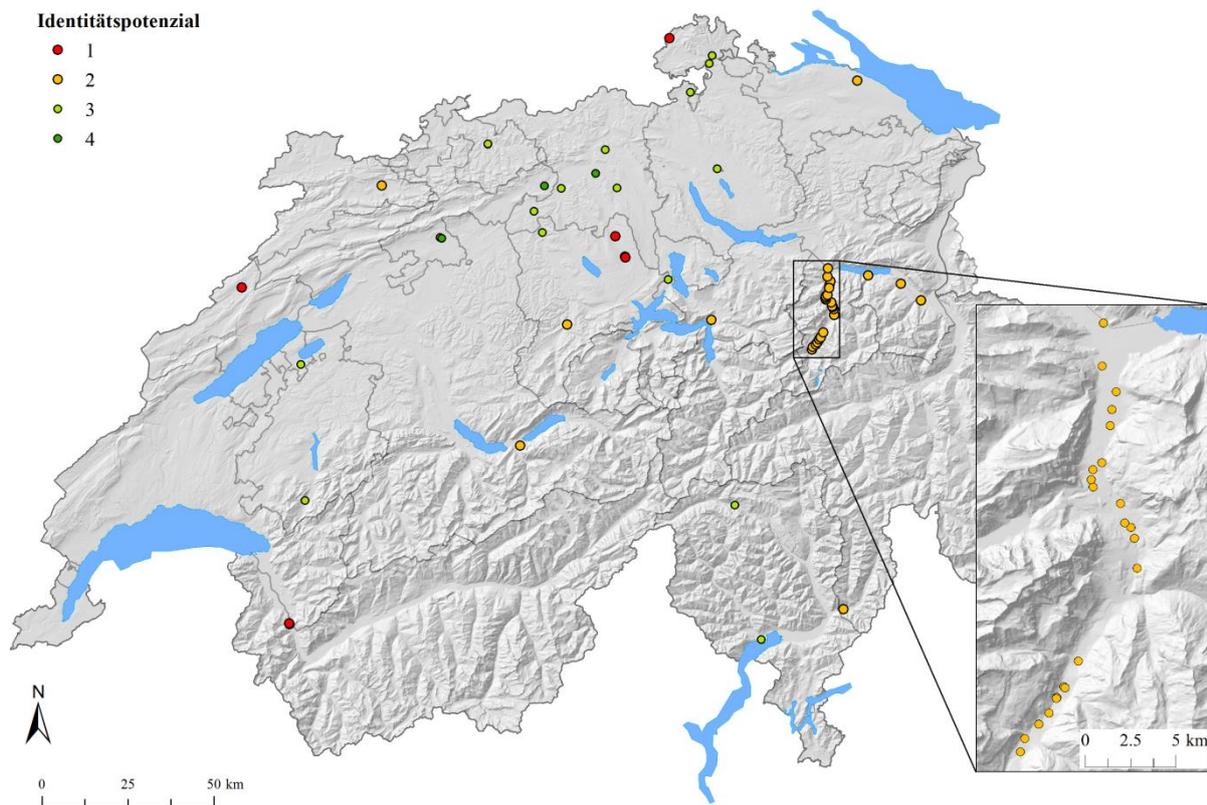


Abb. 4-6 Räumliche Verteilung des Potentials für die ästhetische Aufwertung der Landschaft infolge eines Rückbaus der Brachflächen der Schweiz (Quelle Kartengrundlage: DHM25 L2 © 2014 swisstopo (5704 000 000)/BFS GEOSTAT/Bundesamt für Landestopographie)

Potenzial für einen touristischen Nutzen

In Tabelle 4-5 sind die Anteile der Potenzialwerte für die touristische Nutzung pro Potenzialklasse aufgeführt. Eine Mehrheit der Flächen (62.7 %) weist ein hohes Potenzial (Klassen 3 und 4) auf. Der Median der Potenzialwerte liegt denn auch bei 2.7. Die prozentualen Flächenanteile bewegen sich im selben Rahmen, wobei die mittleren beiden Potenzialklassen die meisten Flächen aufweisen.

Abbildung 4-7 lässt eine räumliche Verteilung der Tourismuspotenziale erkennen, welche sich als diametral zu jener des ästhetischen Potentials erweist. Hier sind es in stärkerem Masse die Berggebiete, welche von einem Rückbau von Brachflächen profitieren würden. Dies macht dahingehend Sinn, als

dass in der Schweiz die klassischen Gebiete mit Tourismus, der die Schönheit der Landschaft als entscheidenden Verkaufsfaktor berücksichtigen, hauptsächlich in der Alpenregion zu finden sind. Auch im Mittelland und insbesondere in den sich dort befindenden Städten ist der Tourismus von Wichtigkeit, doch ist dieser weniger auf die Naturräume ausgerichtet.

Tab. 4-5 Potenzialwerte für den touristischen Nutzen eines Rückbaus der Brachflächen in der Schweiz. Potenzialklasse 1 = wenig geeignet, 4 = sehr gut geeignet

Potenzial- klasse	Anzahl Brachen pro Klasse	Anteil der Klasse [%]	Fläche pro Potenzi- alklasse [ha]	Flächenanteil [%]
1	4	6.8	1.7	0.2
2	18	30.5	322.8	39.9
3	35	59.3	392.7	48.6
4	2	3.4	91.0	11.3

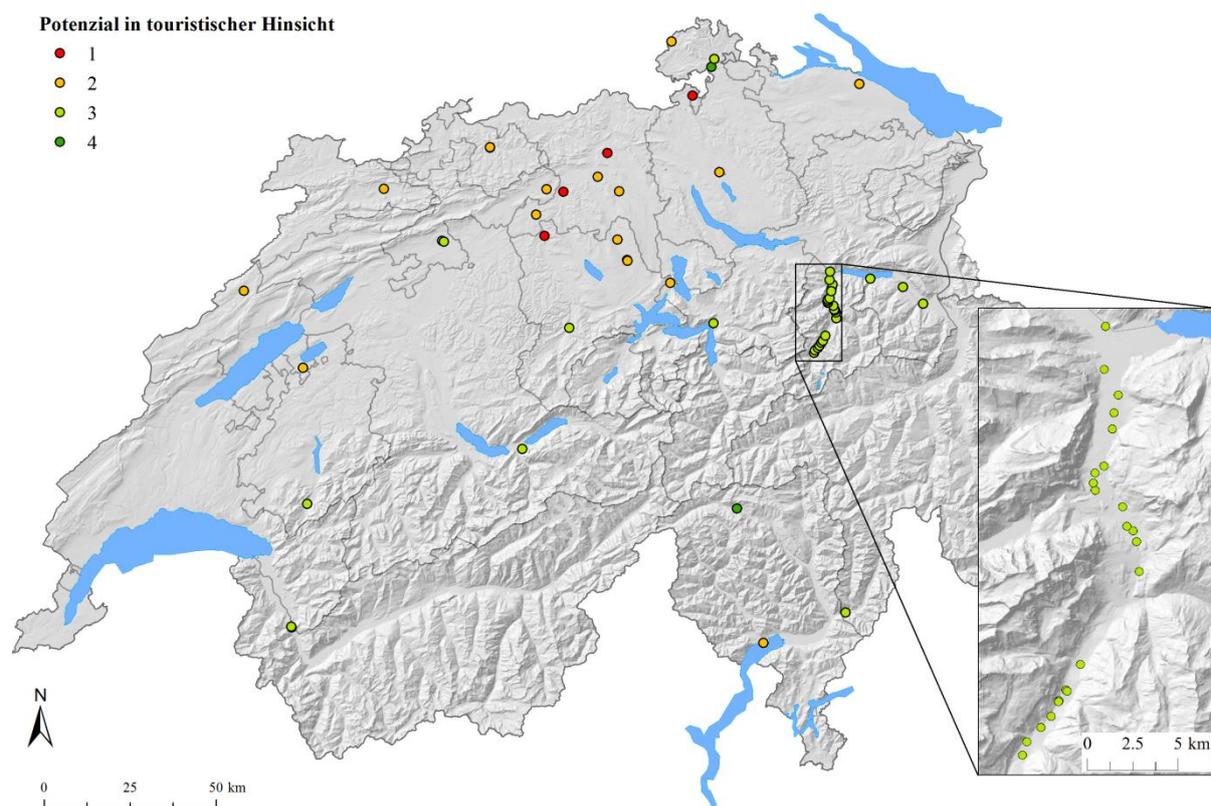


Abb. 4-7 Räumliche Verteilung des Potenzials für den touristischen Nutzen infolge eines Rückbaus der Brachflächen der Schweiz (Quelle Kartengrundlage: DHM25 L2 © 2014 swisstopo (5704 000 000)/BFS GEOSTAT/Bundesamt für Landestopographie)

4.2.4 Wasserhaushalt

Tabelle 4-6 zeigt die Anteile der Potenzialwerte pro Potenzialklasse für die Regulierung des Wasserhaushalts hinsichtlich einer Abschwächung von Hochwasserspitzen und der Entlastung der Kläranlagen. Es zeigt sich, dass bei den meisten Brachflächen ein durchschnittliches Wasserregulierungspotenzial vorherrscht. Nur gerade 1.7 Prozent der Flächen sind den Extremklassen 1 und 5 zuzuordnen. Der Median von 2.5 bestätigt dies und weist gleichzeitig auf eine leicht höhere Anzahl Flächen im unteren Durchschnittsbereich hin. Diese Verteilung ist bei einer Betrachtung der prozentualen Flächenanteile noch akzentuierter, d.h. die Brachflächen mit einem höheren Potenzial sind tendenziell kleiner.

Tab. 4-6 Werte für das Potenzial zur Regulierung des Wasserhaushalts infolge des Gewinns an Infiltrationskapazität bei einem Rückbau der Brachflächen in der Schweiz.
Potenzialklasse 1 = wenig geeignet, 5 = sehr gut geeignet

Potenzial- klasse	Anzahl Brachen pro Klasse	Anteil der Klasse [%]	Fläche pro Potenzi- alklasse [ha]	Flächenanteil [%]
1	1	1.7	0.8	0.1
2	19	32.2	529.8	64.3
3	30	50.8	274.9	33.4
4	9	15.3	18.0	2.2
5	0	0	0.0	0

Die räumliche Verteilung des Wasserregulierungspotenzials infolge Entsiegelung von Brachflächen in der Schweiz ist ohne Muster (Abb. 4-8). Es bestehen keine Regionen, welche sich durch eine gehäufte Anzahl Flächen mit hohem oder tiefem Potenzial auszeichnen. Betrachtet man die räumliche Verteilung der Ausprägung der beiden einflussenden Teilindikatoren „Versiegelungsgrad“ und „Intensität eines zweijährlichen Ereignisses“, stellt man fest, dass diese einzeln durchaus ein räumliches Muster zeigen. Die Niederschlagsintensität ist, entsprechend der gesamtschweizerischen Niederschlagsverteilung, stark geteilt in die im Mittelland liegenden Brachflächen mit geringen Intensitäten (geringe Notwendigkeit der Entsiegelung) und den Brachflächen mit steigenden Intensitäten in grösserer Höhe über Meer in den Voralpen und dem Tessin (Spreafico & Weingartner 2005). Der Versiegelungsgrad auf der anderen Seite ist insbesondere im Mittelland deutlich höher als in den Berggebieten. Diese beiden Muster, welche in ihren Ausprägungen in einer räumlich gegenteiligen Teilindikatorbewertung resultieren, führen zur beschriebenen relativ flachen räumlichen Verteilung des Gesamtpotenzials und der grösstenteils durchschnittlichen Bewertung des Potenzials.

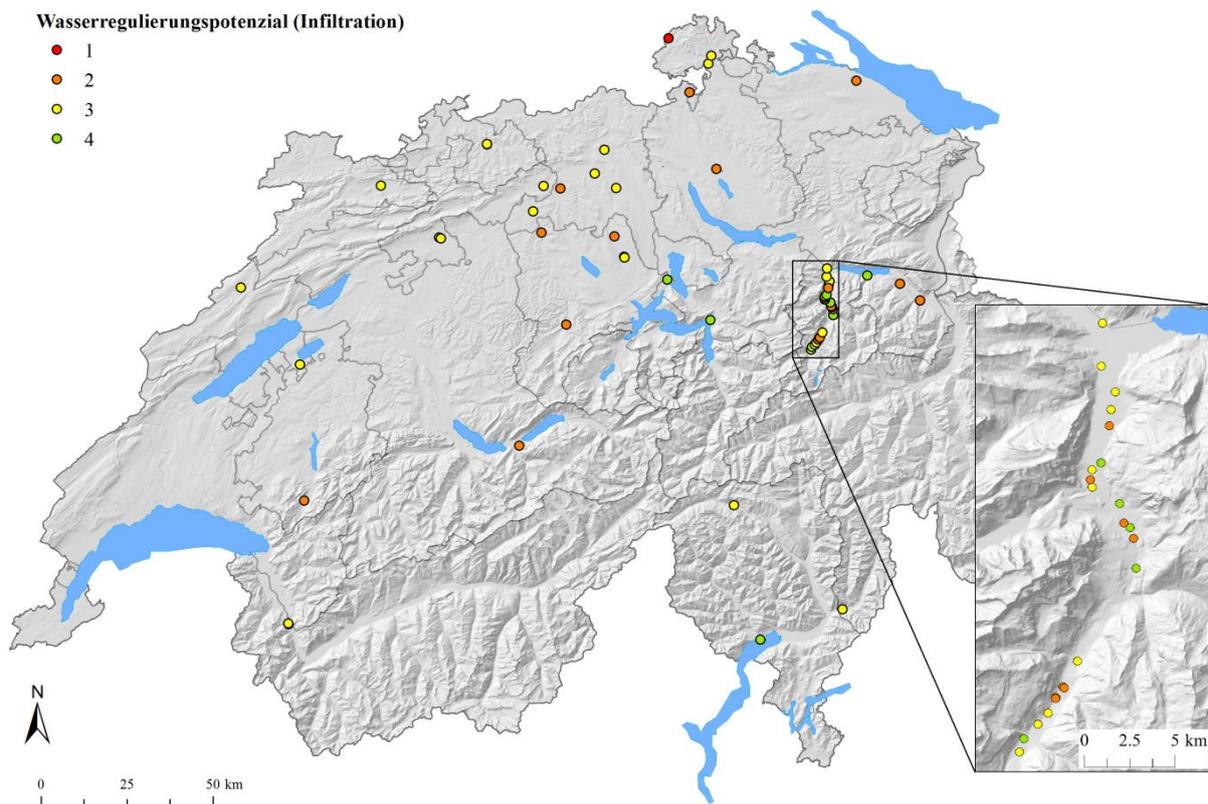


Abb. 4-8 *Räumliche Verteilung des Potenzials zur Regulierung des Wasserhaushalts infolge des Gewinns an Infiltrationskapazität bei einem Rückbau der Brachflächen der Schweiz (Quelle Kartengrundlage: DHM25 L2 © 2014 swisstopo (5704 000 000)/BFS GEOSTAT/Bundesamt für Landestopographie)*

4.2.5 Potenzial als Hochwasserretentionsfläche

In Tabelle 4-7 sind die Klassenanteile der Eignung der Brachflächen als Hochwasserretentionsgebiet aufgeführt. 79.6 Prozent der Flächen sind in irgendeiner Weise geeignet als Retentionsfläche. Der Median, welcher im vorliegenden Fall bei 4 liegt, ist ebenfalls ein Anzeichen für das hohe Potenzial. Die Areale, die sich für eine derartige Nachnutzung anbieten, konzentrieren sich die besten drei Potenzialklassen. Gleichzeitig muss jedoch auch festgestellt werden, dass rund ein Fünftel aller Flächen nicht als Hochwasserretentionsfläche in Frage kommen. Man kann deshalb sagen, dass der Grossteil der Flächen entweder gut (Potenzialklasse 4 und 5) oder gar nicht geeignet (ausserhalb eines potenziellen Hochwasserbereichs) sind. Bezogen auf die Fläche pro Potenzialklasse sind die hohen Anteile der hohen Eignung noch stärker ausgeprägt. So ergibt sich eine grundsätzliche Eignung auf 95.9 Prozent der gesamten Fläche der Brachen.

Tab. 4-7 Potenzialwerte der Brachflächen in der Schweiz als Hochwasserretentionsflächen.
Potenzialklasse 0 = nicht geeignet, 5 = sehr gut geeignet

Potenzial- klasse	Anzahl Brachen pro Klasse	Anteil der Klasse [%]	Fläche pro Potenzi- alklasse [ha]	Flächenanteil [%]
0	12	20.3	33.5	4.1
1	0	0	0.0	0
2	2	3.4	12.3	1.5
3	13	22.0	336.3	40.8
4	32	54.3	441.3	53.6

Die räumliche Verteilung in der Schweiz ist in Abb. 4-9 zu sehen. Ein deutliches Muster ist dabei nicht zu erkennen. Dies hängt aber auch mit der allgemein hohen Eignung der Brachflächen ab. Dieser Fakt zeigt, dass eine grosse Zahl der Areale in kurzer Distanz zu einem Gewässer, in der Regel Fliessgewässer, liegt. Dies ist mit der einstigen Nutzung eines Grossteils der Flächen als Betriebsstandort der Industrie zu erklären. Die Wasserkraft als Energielieferant und Antriebsfaktor spielte bei vielen traditionellen Betrieben eine grosse Rolle. So befinden sich unter den Brachen verschiedentlich ehemalige Spinnereien.

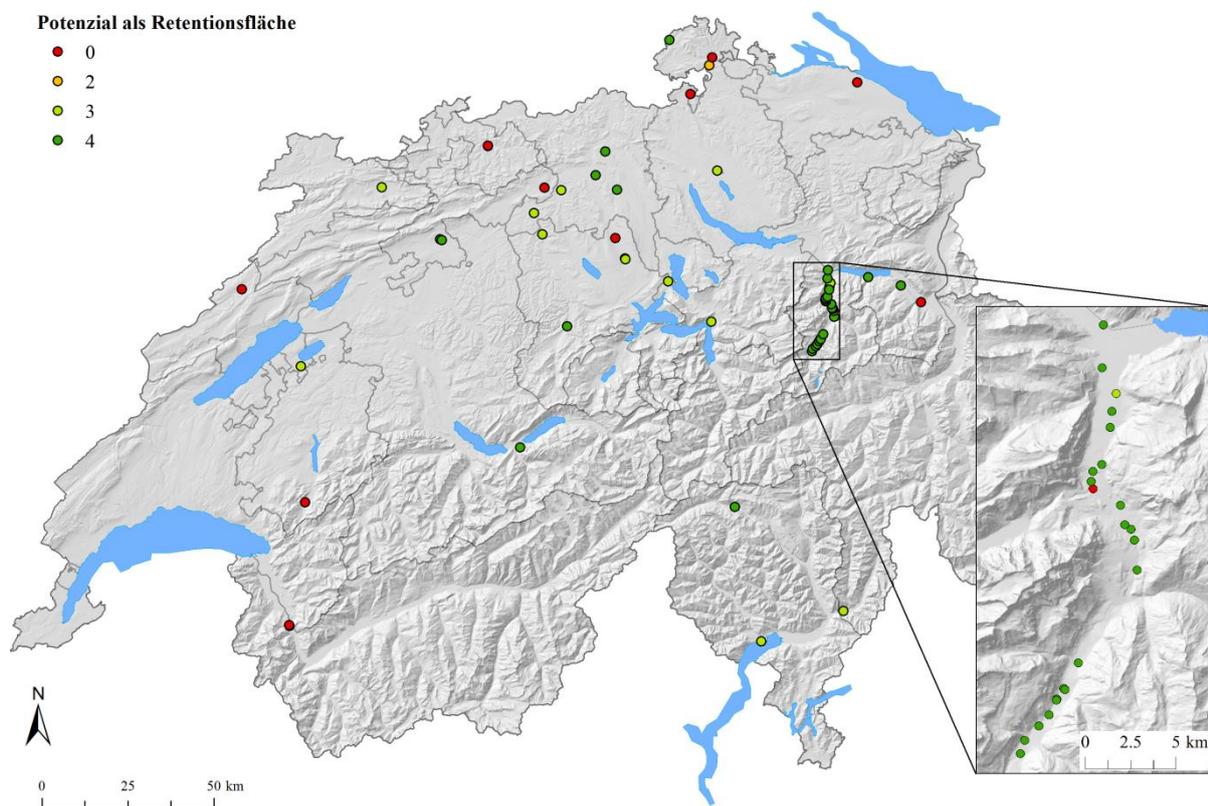


Abb. 4-9 Räumliche Verteilung des Potenzials der Brachflächen der Schweiz als Hochwasserretentionsflächen (Quelle Kartengrundlage: DHM25 L2 © 2014 swisstopo (5704 000 000)/BFS GEOS-TAT/Bundesamt für Landestopographie)

4.2.6 Natürliche Vielfalt

Tabelle 4-8 zeigt die Anteile der Habitatpotenzialwerte pro Potenzialklasse für die Brachflächen in der Schweiz. Die prozentualen Anteile der Flächen pro Klasse sind mit Ausnahme der tiefsten, wo keine Fläche zugewiesen ist, sehr ausgeglichen. Mehr als die Hälfte der Flächen (55.9 %) sind einer der beiden höchsten Potenzialklassen zugewiesen. Auch der Median (3.5) zeugt von dieser hohen Zahl gut bis sehr gut geeigneter Flächen. Bezieht man die Betrachtung auf die prozentualen Flächenanteile, verringert sich der Anteil der beiden höchsten Potenzialklassen, insbesondere zugunsten der zweitniedrigsten Klasse, auf 36.6 Prozent. Vor allem bei der höchsten Potenzialklasse fällt die Differenz der Anteilswerte zwischen einer zahlenmässigen und einer flächenhaften Betrachtung auf.

Tab. 4-8 *Habitatpotenzial der Brachflächen in der Schweiz nach einem Rückbau.
Potenzialklasse 1 = wenig geeignet, 5 = sehr gut geeignet*

Potenzial- klasse	Anzahl Brachen pro Klasse	Anteil der Klasse [%]	Fläche pro Potenzi- alklasse [ha]	Flächenanteil [%]
1	0	0	0.0	0.0
2	13	22.0	302.5	36.7
3	13	22.0	219.1	26.6
4	17	28.8	279.4	33.9
5	16	27.2	22.5	2.8

Bezüglich der räumlichen Verteilung der Habitatpotenziale fällt eine klare Trennung zwischen Arealen im Mittelland und solchen in den Bergregionen auf (Abb. 4-10). Während den Brachflächen im Kanton Glarus, wie auch denjenigen in anderen alpinen und voralpinen Gebieten ein hohes Potenzial wird, zeichnen sich jene im Mittelland durch tiefe Potenziale aus. Dies ist das Resultat der beiden Teilindikatoren, deren Potenziale beide dasselbe Muster aufweisen. Im Gebiet des dicht besiedelten und versiegelten Bandes zwischen Boden- und Genfersee ist die Distanz der Brachflächen zu den bezeichneten habitatrelevanten Gebieten, wie auch die effektive Maschenweite als Mass für den Zerschneidungsgrad der Landschaft kleiner als in den anderen Gebieten der Schweiz.

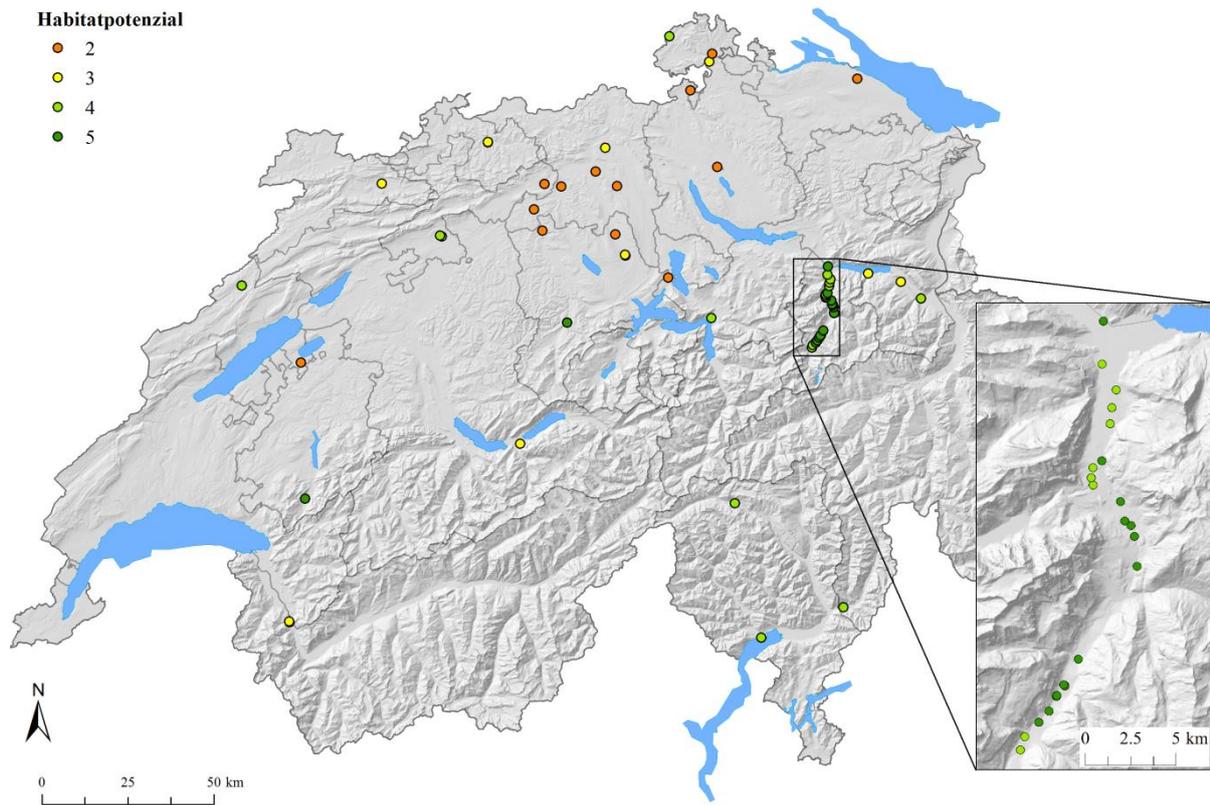


Abb. 4-10 *Räumliche Verteilung des Habitatpotenzials der Brachflächen der Schweiz nach einem Rückbau (Quelle Kartengrundlage: DHM25 L2 © 2014 swisstopo (5704 000 000)/BFS GEOS-TAT/Bundesamt für Landestopographie)*

4.3 Vielfalt möglicher Nutzungen und Landnutzungskonflikte

Im Hinblick auf eine Zuweisung der zweckmässigen Nachnutzungsform und insbesondere auf die Argumentationsposition der Entsiegelungsidee im Spannungsfeld mit weiteren Nutzungsmöglichkeiten ist die standortspezifische Kenntnis über die optimale Lösung und vor allem die Vielfalt der potenziellen Landnutzungstypen entscheidend. Ebenso gilt es, die jeweiligen Konfliktsituationen zwischen den betrachteten Ökosystemleistungen zu eruieren, im Speziellen aber auch deren Stellung gegenüber einer wirtschaftsorientierten Nachnutzung zu klären. Die folgenden Resultate behandeln diese Thematik. Hierfür wurden lediglich vier der im schweizweiten Masstab untersuchten Ökosystemleistungen berücksichtigt. Dabei wurde darauf geachtet, dass alle in Kapitel 2.1 beschriebenen Ökosystemleistungsklassen (provisioning, regulating, cultural) vertreten sind.

4.3.1 Vielfalt der Möglichkeit zur Wiederherstellung von Ökosystemleistungen

Abbildung 4-11 zeigt in den ersten vier Balken der Säulendiagramme nebeneinander die Ausprägungen der Potenziale der einzelnen Ökosystemleistungen (Landwirtschaftliche Produktion, Naherholung, Wasserregulierung, Habitat) für die Brachflächen in der Schweiz. Es ist festzustellen, dass rein aufgrund der hier hergeleiteten Potenziale zur Wiederherstellung von Ökosystemleistungen keine Brache von einem Rückbau sicher ausgeschlossen werden kann. Die Untersuchung ergab bei allen Brachen ein Potenzial, das für eine Entsiegelung sprechen würde. Nur zwei Brachflächen (Spoerry&Co. AG in Flums; Cosmetic 1001 in Hochdorf) zeigen keine Ökosystemleistung, deren Potenzial einer der beiden höchsten Potenzialstufen (4 oder 5) zugehört. Für drei respektive vier von vier Ökosystemleistungen werden dabei jedoch noch immer Potenziale der durchschnittlichen Stufe 3 zugewiesen. Räumlich kann kein spezielles Muster einer geringen oder hohen Vielfalt hoher Potenziale festgesellt werden. Brachen, die nur in Bezug auf wenige Ökosystemleistungen ein hohes Potenzial aufweisen sind zwar vorhanden; so beispielsweise im hinteren Linthal. Hier sorgt jedoch das hohe Potenzial als Habitatfläche dafür, dass diese Areale insgesamt doch potenziell zu berücksichtigen sind.

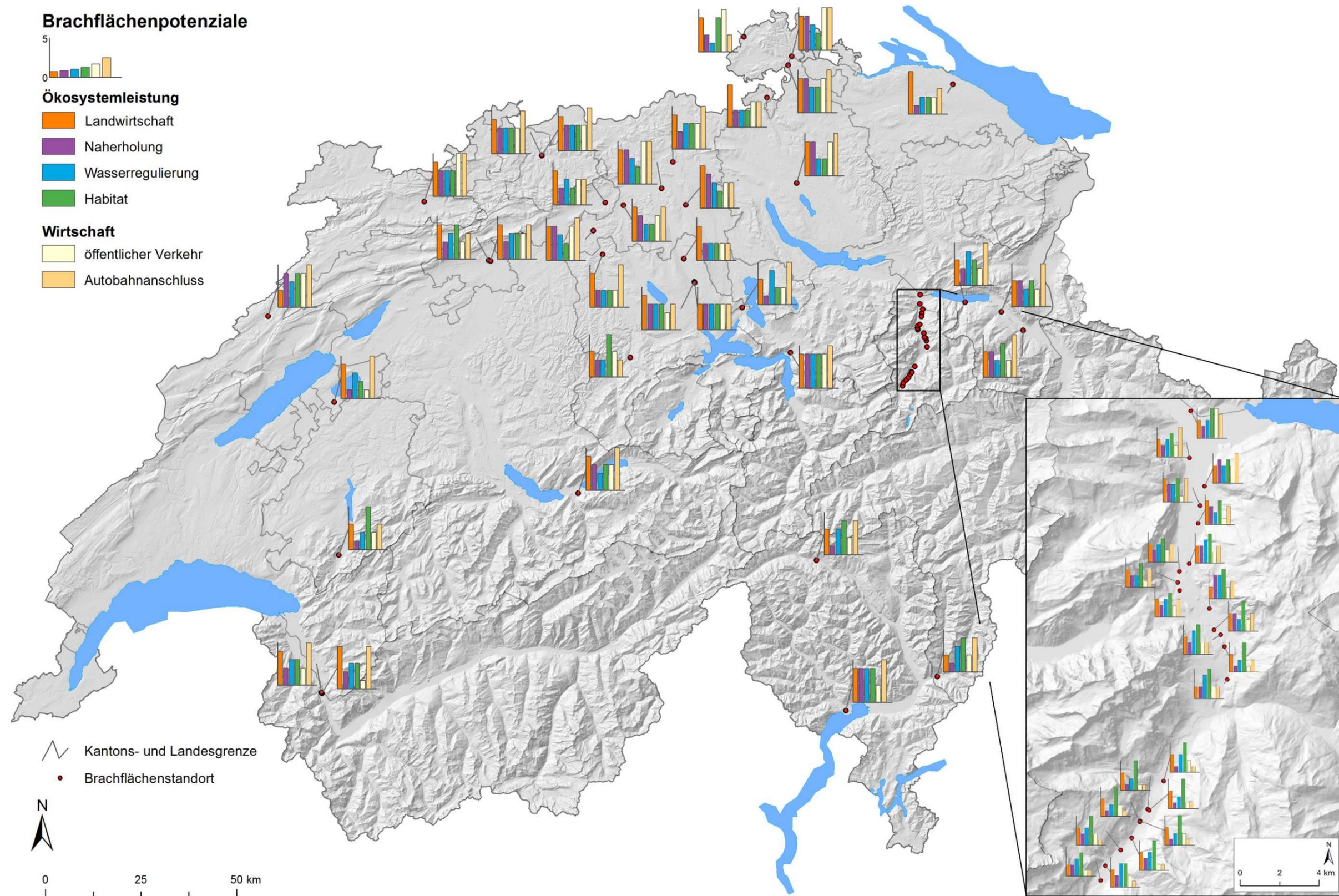


Abb. 4-11 Konflikte der Potenziale eines Rückbaus von Brachflächen in der Schweiz. Die Y-Achse der Säulendiagramme beschreibt den jeweiligen Potenzialwert (Quelle Kartengrundlage: DHM25 L2 © 2014 swisstopo (5704 000 000)/BFS GEOS-TAT/Bundesamt für Landestopographie)

4.3.2 Konkurrierende Raumannsprüche

Wirtschaftliche Attraktivität der Lage

In Tabelle 4-9 ist das wirtschaftliche Potenzial der Brachflächen in der Schweiz auf Grundlage der Nähe zu Autobahnanschlüssen respektive der Lage innerhalb von ÖV-Güteklassen ersichtlich. Gut zu sehen ist, dass das Potenzial basierend auf der Nähe zum Autobahnanschluss im Allgemeinen höher ist, als jenes basierend auf dem öffentlichen Verkehr. Dies bestätigt auch der Median/Mittelwert, welcher 3/3.5 respektive 2/2.4 beträgt. Knapp 50 Prozent der Flächen liegen bzgl. der Nähe zu einem Autobahnanschluss innerhalb der höchsten beiden Potenzialstufen (4 und 5), wohingegen es bei der öV-Erreichbarkeit lediglich gut 15 Prozent sind. Betrachtet man zusätzlich den prozentualen Flächenanteil, bleibt dieser relative Unterschied bestehen. Es zeigt sich jedoch, dass insbesondere die grossen Brachen gut an die entscheidenden Verkehrswege angebunden sind.

Tab. 4-9 Werte für das wirtschaftliche Potenzial der Brachflächen in der Schweiz auf Basis der Nähe zu Autobahnanschlüssen (Abahn) und der Lage innerhalb von ÖV-Güteklassen (öV).
Potenzialklasse 1 = wenig geeignet, 5 = sehr gut geeignet

Eignungs- klasse	Anzahl Brachen pro Klasse		Anteil der Klasse [%]		Fläche pro Po- tenzialklasse [ha]		Flächenanteil [%]	
	Abahn	öV	Abahn	öV	Abahn	öV	Abahn	öV
1	9	11	15.2	18.6	109.0	115.6	13.2	14.0
2	6	27	10.2	45.8	10.5	198.8	1.3	24.1
3	15	12	25.4	20.3	173.3	235.6	21.0	28.6
4	6	5	10.2	8.5	10.3	261.5	1.3	31.8
5	23	4	39.0	6.8	520.4	12.0	63.2	1.5

Der fünfte und sechste Balken der Säulendiagramme in Abbildung 4-11 stellt, als Kontrast zu den Potenzialen im Falle eines Rückbaus, das erwähnte wirtschaftliche Potenzial und somit auch dessen räumliche Verteilung für die Brachflächen in der Schweiz dar. Auch hier ist das generell hohe Niveau der Potenziale hinsichtlich eines in der Nähe liegenden Autobahnanschlusses ersichtlich. Als einzige Region mit einer Häufung niedriger Potenzialwerte kann das Gebiet gegen Ende des Glarner Tals genannt werden. Ähnlich zeigt sich das Bild bei der Erschliessung mit dem öffentlichen Verkehr. Die in den Alpenregionen liegenden Brachen zeigen tendenziell tiefere Potenzialwerte als jene in den anderen Gebieten der Schweiz. Insgesamt zeigt sich deutlich ein hohes wirtschaftliches Revitalisierungspotenzial der Brachflächen im zentralen nördlichen Mittelland.

4.4 Fallstudienareale

4.4.1 Hausen/Lupfig vs. Schafisheim, Kanton Aargau

Abbildung 4-12 zeigt das Profil der kantonsspezifischen Ökosystemleistungspotenziale der Neubaufäche in Schafisheim vor Baubeginn und der Brachfläche in Hausen/Lupfig in einem hypothetisch entsiegelten Zustand. Die jeweiligen Potenziale wurden anhand der in Kapitel 3.4 beschriebenen Fallstudienmethoden hergeleitet. Bei der Ausprägung des Habitatpotenzials wurde lediglich das auf die Amphibien bezogene Resultat dargestellt. Die Ergebnisse hinsichtlich des Schachbrettfalters sind weiter unten in Abbildung 4-13 graphisch dargestellt. Im Gegensatz zu den anderen drei Ökosystemleistungen stellt die hydrologische Eignung, wie in Kapitel 3.4.4 dargelegt, kein absolutes, sondern ein relatives Potenzial (Grad der Wiederherstellbarkeit der Ökosystemleistung im Vergleich zum Verlust bei der Neubaufäche) dar.

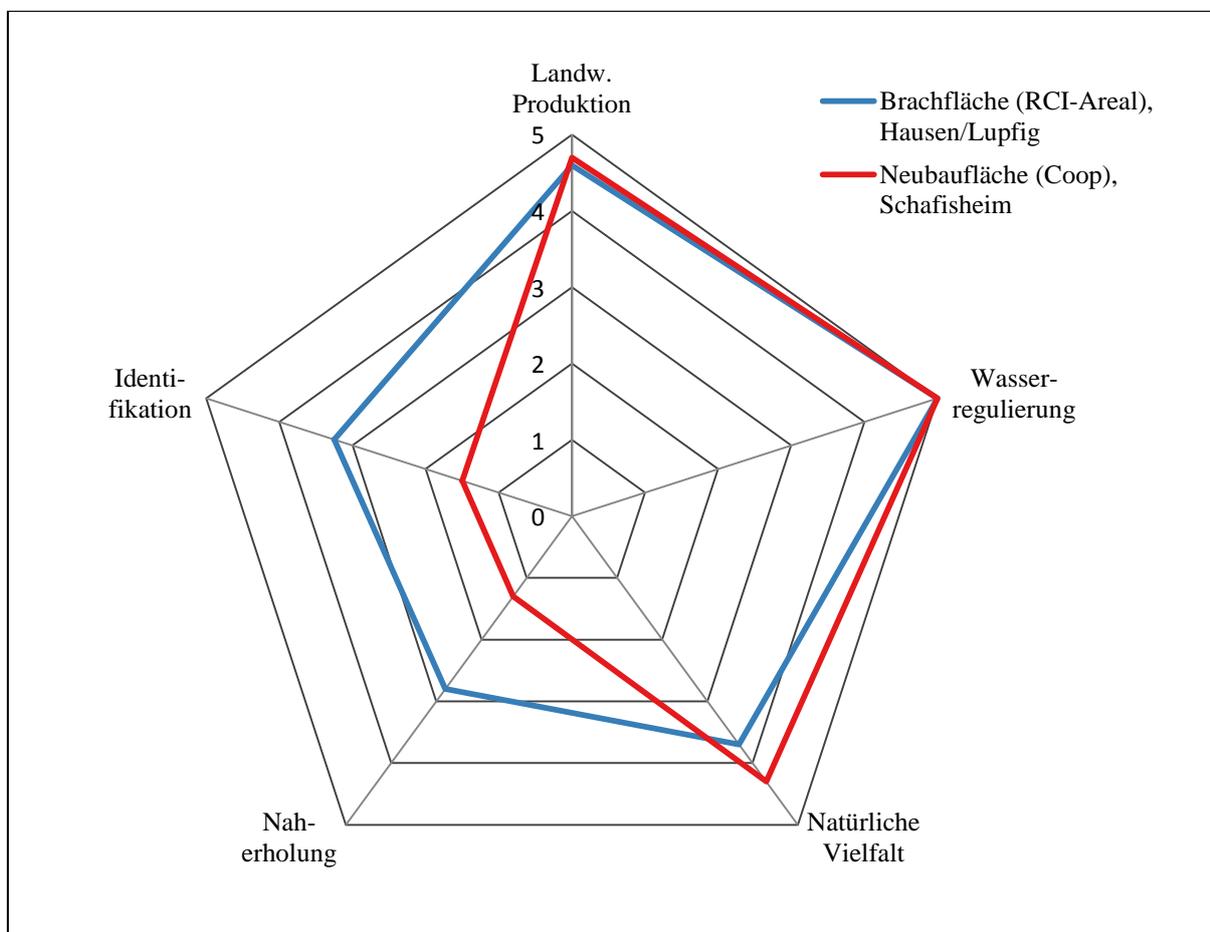


Abb. 4-12 Ökosystemleistungsprofil der Neubaufäche in Schafisheim vor Baubeginn und der Brachfläche in Hausen/Lupfig im theoretisch entsiegelten Zustand. 5 = hohes Potenzial, 0 = kein Potenzial

Landwirtschaftliches Produktionspotenzial

Das Potenzial für eine landwirtschaftliche Nachnutzung erweist sich bei den Flächen als auf hohem Niveau als sehr ähnlich. Um nur gerade 0,5 Potenzialpunkte wird der Neubaustandort in Schafisheim

besser eingeschätzt. Der Grund dieser nur kleinen Abweichung findet sich in der Abweichung der Ausprägung in der Bewirtschaftungseignung (siehe Anhang C1 b).

Unter der Annahme, dass der Boden umgelagert wird, kann von der selben Brachenqualität ausgegangen werden. Rund 73 Prozent der Baufläche des Coop-Verteilzentrums in Schafisheim wird in der Bodenkarte als normal durchlässige und tiefgründige Parabraunerde aufgeführt. Der kleine restliche Teil ist eine mässig tiefgründige bis tiefgründige Auffüllung, die stauwassergeprägt ist, jedoch nur selten eine Porensättigung bis zur Oberfläche aufweist. Die darauf basierende flächengewichtete Bewertung der Bodeneignung ergibt ein hohes Potenzial. Auch hinsichtlich der Klimaeignung sind die beiden Flächen in die gleiche Potenzialkategorie einzuteilen. Die vorherrschende Klimazone gehört innerhalb des Kantons aber auch bei einer schweizweiten Betrachtungsebene zu jener mit dem höchsten Potenzial für die Landwirtschaft. Die Erkenntnis aus dem Boden- und Klimagesichtspunkt erstaunt nicht, wenn man den Kulturlandplan des Kantons Aargau betrachtet. Sämtliche in der Umgebung beider Areale liegenden Landwirtschaftsflächen wurden als Fruchtfolgeflächen ausgeschieden (AGIS 2014). Nach FAL (1996) ist denn die Schotterebene im Birrfeld, zu welchem die Fläche in Hausen/Lupfig gezählt werden kann, auch eine jener Regionen im Kanton, wo sich die landwirtschaftliche Nutzung konzentriert.

Naherholungsfunktionales Potenzial

Im Gegensatz zum landwirtschaftlichen Potenzial unterscheiden sich die Fallstudienareale hinsichtlich ihres erholungsfunktionalen Nutzungspotenzials in grösserem Masse, wobei das Potenzial tiefer ist als bei der Landwirtschaft.

Beide Flächen befinden sich nicht in einem Gebiet mit starker Wohnnutzung, was sich in der relativ geringen potenziell nachfragenden Bevölkerungszahl zeigt (Anhang C2 b)). Trotzdem unterscheiden sich die beiden Flächen diesbezüglich. In der Umgebung der Brachfläche wohnen mehr Personen als in der Umgebung der Neubaufäche, weshalb, hinsichtlich dieses Nachfrageparameters, die Brachfläche besser geeignet ist als die Neubaufäche. Umgekehrt zeigt sich die Situation beim bereits vorhandenen Grünraum in der Umgebung, also dem bestehenden Angebot an potenziellen Naherholungsflächen. Die Umgebung der Neubaufäche in Schafisheim weist einen tieferen Grünraumanteil auf, als jene der Brachfläche (darum wird die Neubaufäche in diesem Teilparameter als geeigneter eingestuft). Dies mag auf den ersten Blick erstaunen, sind doch die Faktoren Bevölkerungszahl (Siedlungs-/Wohnraum) und Grünraum oft umgekehrt proportional miteinander verbunden. Wenn man Wohngebäude errichtet, sind durch die Versiegelung Grünräume betroffen (auch wenn zum Wohnraum gehörende Gartenflächen zum Grünraum gezählt werden können). Die Siedlungsflächen (nach BFS 2013a) in der Umgebung der Neubaufäche in Schafisheim sind aber hauptsächlich von Industrie- und Gewerbeflächen geprägt. An diesen Orten wohnen nur wenige Personen. Die Industrie- und Gewerbeflächen weisen laut BFS (2013a) jedoch einen besonders hohen Versiegelungsgrad auf.

Das Potenzial gleicht sich also aus, weil sich die Indikatoren der Nachfrage nach und des Angebots an Naherholungsräumen ergänzen. Entscheidend für den Unterschied ist vielmehr der landschaftliche Erholungswert, welcher in der technisierteren Industrieumgebung des betroffenen Teils in Schafisheim geringer ist.

Landschaftsästhetik

Der qualitativ gleiche, jedoch quantitativ noch etwas ausgeprägtere Unterschied als bei der Naherholungseignung zeigt sich für die beiden Flächen beim Potenzial der Landschaftsästhetik. Ausschlaggebend für diese Differenz ist ebenfalls der Charakter der Umgebungslandschaft. Stark technisierte Landschaften, insbesondere mit einem hohen Anteil an Industrie- und Gewerbeflächen, werden als wenig schön wahrgenommen. Dies tangiert auch Nutzungsstrukturen, die von einer Ästhetik der Landschaft abhängen. So wird eine Wanderung oder das Wohnen in einer landschaftlich weniger attraktiven Umgebung nicht geschätzt. In solchen Regionen wirkt sich die Verbauung einer grünen Fläche weniger negativ auf die Ortsbindung der Bevölkerung aus. Dies ist der Fall bei der Neubaufäche in Schafisheim. Anders ist die Situation bei der Brachfläche in Hausen/Lupfig. Sie ist von einer grösseren Fläche aus sichtbar und befindet sich dabei im Sichtbereich von einer grösseren Länge an Wanderwegen als die Neubaufäche. Unästhetische Strukturen auf der Fallstudienfläche haben hier also einen grösseren negativen Effekt.

Zusammen mit den anderen Teilindikatoren (Wohnareale in der Umgebung und Arealgrösse) führten diese Faktoren dazu, dass das Potenzial der Brachfläche in Hausen/Lupfig für die Landschaftsästhetik grösser eingeschätzt wurde als jenes der Neubaufäche in Schafisheim.

Wasserregulierung

Tab. 4-10 zeigt die berechneten Werte des direkten Abflusses sowie die dafür zugewiesenen CN-Parameter für die verschiedenen Untersuchungsstandorte.

Tab. 4-10 Zugewiesene CN-Werte für die Fallstudienstandorte. CN_{min}/CN_{max} stellen die Nachnutzung (Bodenbedeckung) mit einem minimalen bzw. maximalen Wasserrückhaltevermögen dar. Berücksichtigung der Bodenfeuchtigkeit vor dem Regenereignis als AMC-Klasse II (USDA 1986)

Standort	Nutzungsart	Landnutzung aus der CN-Tabelle des SCS	Hydrologische Bedingung	Hydrologische Bodenklassierung	CN	S [mm]	Q [mm]
Coop-Verteilzentrum Schafisheim	Zustand vor Bau	„Row crops“ Straight row and crop residue cover	Good	B	75	84.7	5.3
	Zustand nach Bau	„Paved parking lots, roofs, driveways“	-	-	98	5.2	35.4

Industriebrache Hausen/Lupfig	Heutiger Zustand	„Paved parking lots, roofs, driveways“	-	-	98	5.2	35.8
	CN _{min}	„Row Crop“ Straight row	Poor	B	81	59.6	9.8
	CN _{max}	„Woods“	Good	B	55	207.8	0.0

Für die versiegelte Brachfläche in Hausen/Lupfig und den zukünftig überbauten Zustand in Schafisheim wurde der CN-Wert für „befestigte Parkplätze, Dächer und Fahrwege“ nach USDA (1986) übernommen. Auf eine Gewichtung, basierend auf den versiegelten bzw. unversiegelten Flächenanteilen wie in McCuen (1989), wurde, aufgrund der blossen Berücksichtigung der einzelnen Areale und der daher geringen Anteile unversiegelter Bereiche, verzichtet.

Der Boden am Standort Schafisheim wird als normal durchlässige Parabraunerde beschrieben und wurde deshalb in der vorliegenden Arbeit der hydrologischen Bodenklasse B zugewiesen. Diese zeichnet sich durch eine moderate Infiltration bei mässig tiefgründigen bis tiefgründigen Böden aus (USDA 1986). Zwar kann sich bei Parabraunerden im Falle einer starken Tonverlagerung oder in Gebieten mit starken Niederschlägen zuweilen Staunässe bilden, doch wird der Ober- wie auch Unterboden als gemeinhin gut durchwurzelbar und belüftet beschrieben (Blume et al. 2010) und es wird in der entsprechenden Bodenkarte von einer hohen Wasserdurchlässigkeit gesprochen (FAL 1996). Zudem befindet sich die Fläche in einem Gebiet mit verbreitetem Kiesvorkommen und Kiesabbau, weshalb von einer gut wasserdurchlässigen Bodenart ausgegangen werden kann. Durch den Ansatz des Bodenabtrags am Versiegelungsstandort und der anschliessenden Rekultivierung am Brachflächenstandort wurde auch bei diesem die hydrologische Bodenklasse B festgesetzt.

Auf Grundlage einer Luftbildaufnahme von swisstopo aus dem Jahre 2010 (swissimage) konnte die vorangegangene Bewirtschaftungsform der Neubaufäche in Schafisheim bestimmt werden. Sie wurde landwirtschaftlich genutzt, wobei Mais angepflanzt wurde. Diese Bewirtschaftungsform wurde für die CN-Methode als „Row Crop“ übersetzt. Angenommen wurde zudem eine teilweise Bedeckung des Boden zwischen den Reihen („straight row and crop residue cover“) und eine Grünbedeckung der Fläche während den nicht mit Maispflanzen bewirtschafteten Jahreszeiten (hydrologische Bedingung: good).

Die Auswahl der potenziellen zukünftigen Nutzungsformen wurde, wie beschrieben, hinsichtlich eines möglichst grossen Unterschieds bei den CN-Werten vollzogen. Dabei wurde nackter Boden, als Kategorie landwirtschaftlich genutzter Flächen mit dem höchsten CN-Wert (USDA 1986), nicht als potenzielle Nachnutzung erachtet. Als Nachnutzungsart mit den höchsten CN-Werten werden Reihenkulturen mit wenig direkter Bodenbedeckung beschrieben (USDA 1986). Jene mit dem tiefsten CN-Werten sind, aufgrund der hohen Wasserabsorption (Baral et al. 2014), Waldflächen ohne Beweidung und

dementsprechend mit Bodenbedeckung durch Streu oder Unterholz (USDA 1986; Nedkov & Burkhard 2012).

Tab. 4-11 zeigt die nach den obigen Ausführungen berechneten veränderten Abflusswerte im Falle einer Nutzungsänderung. Zu sehen ist, dass bei einer Entsiegelung der Brachfläche in Hausen/Lupfig das bei der Versiegelung der Fläche in Schafisheim verloren gehende Infiltrationsvermögen in den Boden kompensiert werden könnte. Betrachtet man nur die Abflussänderung in Litern pro Quadratmeter genügt eine Reihenkulturnachnutzung nicht für eine Kompensation. Aufgrund der grösseren Fläche des Industrieareals in Hausen/Lupfig könnte das Gesamtinfiltrationsvolumen jedoch ausgeglichen werden. Für die bestockte Nachnutzung würde auch bereits eine Kompensation in der gleichen Grössenordnung der Fläche ausreichen.

Tab. 4-11 Gewinn/Verlust an Infiltrationsleistung bei den in Tab. 4-10 aufgeführten Nutzungswechselln bei den Fallstudienflächen im Kanton Aargau. Positive Veränderungen (+) des Abflusses meinen eine Zunahme an direktem Abfluss, negative (-) entsprechend eine Abnahme. Kompensationsvermögen in Prozent der Veränderung im direkten Abfluss bei der Neubaufäche sowie entsprechende Zuweisung des Potenzialwertes

Standort	ΔQ bei Nutzungsänderung [mm]	Flächen-grösse [m²]	Veränderung des Abflusses für die spezifische Fläche [l]	Kompensationsanteil [%]	Potenzi-alwert
Coop-Verteilzentrum Schafisheim	+ 30.1	37677	+ 1'134'078	-	-
Industriebrache Hausen/Lupfig	- 26.0 bis - 35.8	47796	- 1'242'696 bis - 1'711'097	109.6 bis 150.9	5

Natürliche Vielfalt

Wie in Abbildung 4-11 zu sehen, ist das Habitatpotenzial für Amphibien bei beiden Arealen hoch. Dabei besitzt die Neubaufäche in Schafisheim ein um 0.7 Potenzialpunkte höheres Potenzial. Diese Differenz ergibt sich aus den aktuelleren Nachweisen von Amphibien in der Umgebung der Flächen. Bezogen auf das Vorkommen von Rote-Liste-Arten sind die beiden Flächen als gleichwertig zu beurteilen. Würde man nur die vorhandenen Landschaftselemente in der Umgebung betrachten, ergäbe sich ein anderes Bild. Hier führen die ausgeprägteren Landwirtschaftsflächen und die kleinere Zahl grossflächiger Industrieareale und Gebäude zu einem höheren Teilpotenzial bei der Brachfläche in Hausen. Dieses vermag die Differenz bei den Funddaten jedoch nicht in genügendem Masse zu kompensieren.

Die Resultate für die Konnektivität und Erreichbarkeit der Flächen für den Schachbrettfalter sind graphisch in Abbildung 4-13 gezeigt. Es kann festgehalten werden, dass beide Areale innerhalb der maximalen Erreichbarkeitsdistanz von 500 Metern von einem potenziellen Habitat liegen und damit grundsätzlich erreichbar sind. So können sie die Konnektivität zwischen bestehenden potenziellen Habitaten nicht besonders stark erhöhen. Für beide Areale gilt, dass sie an bestimmten Stellen nur 50 Meter vom

nächsten potenziellen Habitat entfernt sind. Während die Neubaufäche vor allem im Einflussbereich eines einzigen potenziellen Habitats liegt, befindet sich die Brachfläche in einem Gebiet mit einer Vielzahl potenzieller Habitats und demnach auch kurzen Distanzen.

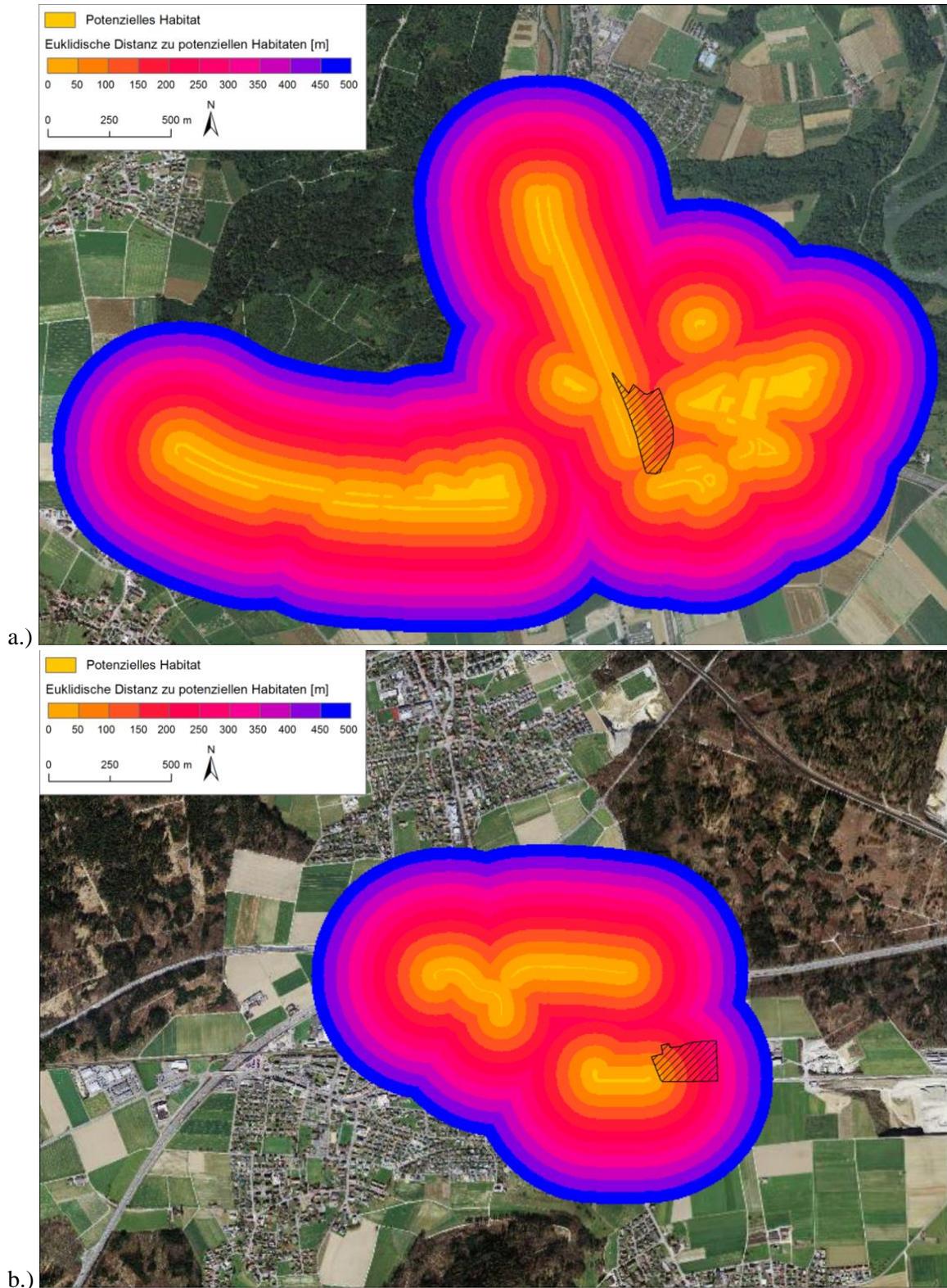


Abb. 4-13 *Konnektivität der Habitats des Schachbrettfalters. Erreichbarkeit der Fallstudienflächen. a.), Brachfläche in Hausen b.) Neubaufäche in Schafisheim (Kartengrundlage: swissimage © 2014 swisstopo 5704 000 000)*

4.4.2 Fallstudiengebiet Kanton Glarus

Abbildung 4-14 zeigt die Ausprägungen der Ökosystemleistungen für die Brachflächen in Niederurnen, Ennenda und Linthal im hypothetisch entsiegelten Zustand sowie für die Neubaufäche in Niederurnen zum jetzigen, unverbauten Zeitpunkt. Die jeweiligen Potenziale wurden anhand der in Kapitel 3.4 beschriebenen Fallstudienmethoden hergeleitet. Bei der Ausprägung des Habitatpotenzials wurde lediglich das auf die Amphibien bezogene Resultat dargestellt. Die Ergebnisse hinsichtlich des Schachbrettfalters sind weiter unten in Abbildungen 4-15 und 4-16 graphisch dargestellt. Im Gegensatz zu den anderen drei Ökosystemleistungen stellt die hydrologische Eignung, wie in Kapitel 3.4.4 dargelegt, kein absolutes, sondern ein relatives Potenzial (Grad der Wiederherstellbarkeit der Ökosystemleistung im Vergleich zum Verlust bei der Neubaufäche) dar. Da die diesbezüglich unterschiedlichen Szenarien für das ehemalige Eternit Areal eine Einteilung in verschiedenen Potenzialwertklassen ergaben, wurde hier lediglich das minimale Kompensationspotenzial eingetragen.

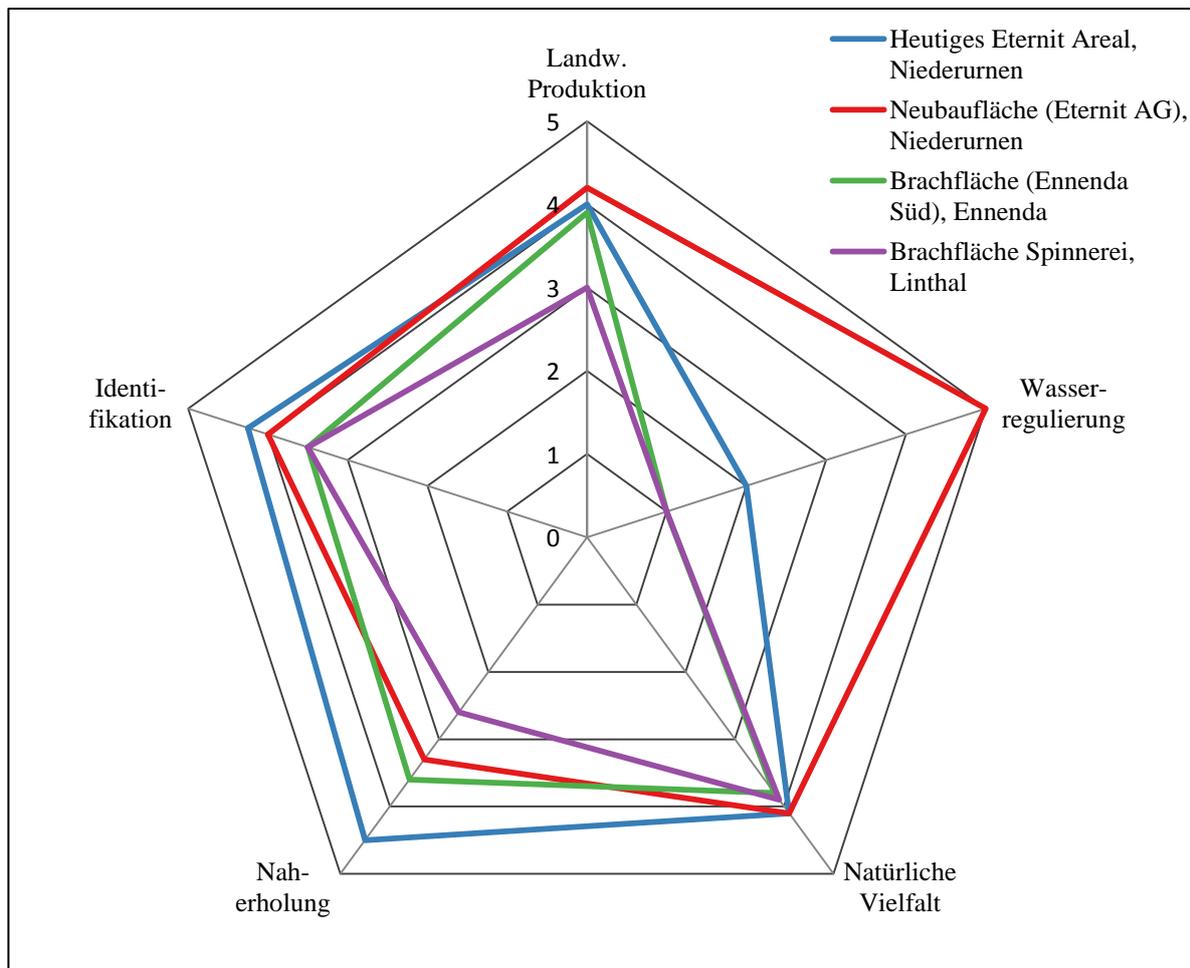


Abb. 4-14 Ökosystemleistungsprofil der Neubaufäche in Niederurnen im jetzigen Zustand (vor Baubeginn) und der Brachflächen in Niederurnen, Ennenda und Linthal im theoretisch entsiegelten Zustand. 5 = hohes Potenzial, 0 = kein Potenzial

Landwirtschaftliches Produktionspotenzial

Unter der Annahme, dass der Boden umgelagert wird, kann auch hier von der selben Brachenqualität ausgegangen werden. Die pflanzennutzbare Gründigkeit auf dem Areal des geplanten Neubaus der Eternit AG in Niederurnen variiert zwischen 33 und 55 cm. Die Böden können deshalb als ziemlich flachgründig bis mässig tiefgründig bezeichnet werden. Zudem können sie insbesondere im Unterboden periodisch grund- bzw. hangwasserbeeinflusst sein. Aufgrund der Heterogenität der Bodenverhältnisse wurde eine flächengewichtete Bewertung der Bodeneignung vollzogen. Diese Aggregation der Eingangswerte führte insgesamt zu einer nur mässigen Bodeneignung.

Die vier Areale weisen ein kantonsspezifisch tendenziell eher hohes landwirtschaftliches Produktionspotenzial auf. Dabei zeigt sich ein interessantes räumliches Muster. Zwar zeigen die zwei Areale in Niederurnen und jenes in Ennenda ähnliche Potenzialwerte, doch ist grundsätzlich eine Abnahme des Potenzialwertes mit zunehmender Entfernung vom Taleingang entlang des Talbodens auszumachen. Das Klima kann dieses Muster gewissweit erklären. Die Flächen in Niederurnen sowie jene in Ennenda stehen unter dem Einfluss des Klimas mit der höchsten Eignung für die landwirtschaftliche Produktion im Kanton. Demgegenüber steht die Brachfläche in Linthal, welche zu hinterst im Tal situiert ist und daher einer geringeren Klimaeignungsklasse zugewiesen ist.

Der Unterschied der restlichen drei Areale kann mit der Bewirtschaftungseignung erklärt werden. Insbesondere die Flächengeometrie (v.a. Grösse) spielt dabei eine Rolle. Der Grund für das höchste Potenzial bei der Neubaufäche ist aber zusätzlich auch die direkte Lage angrenzend an weitere landwirtschaftlich genutzte Flächen. Das Areal, welches für den Neubau vorgesehen ist, liegt in einem bis heute noch weitgehend unangetasteten Landwirtschaftsgebiet. Die Eisenbahnlinie wirkte bislang als Barriere für die weitere Ausdehnung des Siedlungskörpers in die Landwirtschaftsflächen.

Erholungsfunktionales Potenzial

Die Fallstudienflächen weisen im Allgemeinen ein hohes Naherholungspotenzial auf, wobei jenes der Brachfläche in Linthal etwas tiefer ist. Zwei Brachflächen haben ein höheres Potenzial als die Neubaufäche. Das aktuelle Areal der Eternit AG weist ein deutlich höheres Potenzial auf. Dies mag erstaunen, wenn man die räumliche Nähe zur Neubaufäche betrachtet. Der Grund liegt jedoch bei der oben bereits beschriebenen Eisenbahnlinie, welche das Siedlungs- vom Landwirtschaftsland und daher auch das ehemalige Areal von der Neubaufäche trennt. Sie stellt auch für das auf Basis des Strassennetzes hergeleitete Einzugsgebiet für potenzielle Nutzer eine starke Trennlinie dar. Es beinhaltet daher bei der Neubaufäche weniger Siedlungsgebiet, was in diesem Fall bedeutet, dass die Erreichbarkeit geringer und das bestehende Angebot an Grünraum in der Umgebung bereits grösser ist.

Die Brachfläche in Linthal erhielt trotz dem als relativ attraktiv eingestuften Landschaftscharakter der Umgebung ein geringes Potenzial zugesprochen. Dies aufgrund der geringen Bevölkerungszahl und dem geringen bestehenden Versiegelungsgrad am Talende von Glarus.

Landschaftsästhetik

Alle Fallstudienareale im Kanton Glarus weisen auf hohem Niveau relativ ähnliche Potenzialwerte auf. Sie unterscheiden sich in nur 0.8 Potenzialpunkten. Dennoch ergab sich, wie bei der landwirtschaftlichen Produktionseignung, auch hier bei näher beim Taleingang liegenden Arealen ein höheres Potenzial als bei jenen weiter hinten im Tal. Der Hauptgrund liegt auch hier bei der kleineren Flächengrösse und der damit einhergehenden kleineren Dominanz im Landschaftsbild. Der höhere Wert des aktuellen Eternit-Areals gegenüber der unmittelbar angrenzenden Neubaufäche ergibt sich aus den gesamthaft längeren Wanderwegabschnitten im Sichtbereich.

Wasserregulierung

Tab. 4-12 zeigt die berechneten Werte des direkten Abflusses sowie die dafür zugewiesenen CN-Parameter für die verschiedenen Untersuchungsstandorte.

Tab. 4-12 Zugewiesene CN-Werte für die Fallstudienstandorte. Berücksichtigung der Bodenfeuchtigkeit vor dem Regenereignis als AMC-Klasse II (CN-Werte nach USDA 1986)

Standort	Nutzungsart	Landnutzung aus der CN-Tabelle des SCS	Hydrologische Bedingung	Hydrologische Bodenklassierung	CN	S [mm]	Q [mm]
Neubauprojekt der Eternit AG in Niederurnen	Zustand vor Bau	Pasture, grassland, or range – continuous forage for grazing	Good	C	74	67.5	13.4
	Zustand nach Bau	„Paved parking lots, roofs, drive-ways“	-	-	98	5.2	53.9
Aktuelles Areal der Eternit AG	Heutiger Zustand	„Paved parking lots, roofs, drive-ways“	-	-	98	5.2	53.9
	CN _{min}	“Row Crop” Straight row	Poor	C	88	34.6	31.9
	CN _{max}	„Woods“	Good	C	70	108.9	9.8
Gewerbezentrum Ennenda Süd	Heutiger Zustand	„Paved parking lots, roofs, drive-ways“	-	-	98	5.2	53.7
	CN _{min}	“Row Crop” Straight row	Poor	C	88	34.6	31.7
	CN _{max}	„Woods“	Good	C	70	108.9	9.7
Spinnerei Linthal/Schöpfgruben	Heutiger Zustand	„Paved parking lots, roofs, drive-ways“	-	-	98	5.2	62.1
	CN _{min}	“Row Crop” Straight row	Poor	C	88	34.6	38.9
	CN _{max}	„Woods“	Good	C	70	108.9	13.7

Analog zu den Fallstudienflächen im Kanton Aargau wurde für die versiegelten Brachflächen und die zukünftig überbaute Fläche im Kanton Glarus der CN-Wert für „befestigte Parkplätze, Dächer und Fahrwege“ nach USDA (1986) übernommen. Ebenso gelten dieselben CN_{\min}/CN_{\max} -Werte für die potenziellen Nachnutzungen der Brachflächen (vgl. Ausführungen Kapitel 4.4.1 und Tab. 4-12). Da das Bauprojekt der Eternit AG in Niederurnen noch nicht gestartet hat, konnte die Bewirtschaftungsform vor Baubeginn auf Basis von Beobachtungen vor Ort sowie der Konsultation der Luftbildaufnahme der swisstopo aus dem Jahre 2013 bestimmt werden. Es ist momentan Grünland, wobei ein hoher Vegetationsbodenbedeckungsgrad festgestellt wurde. Dies führte zur Definition von guten hydrologischen Bedingungen.

Am Standort des Neubauprojekts der Eternit AG in Niederurnen zeigen sich mit Braunerde-Gleyen, Buntgleyen und Fluvisolen (ein kleiner Bach geht durch die Fläche) verschiedene Bodentypen. Sie können jedoch alle zu den Grundwasserböden (semiterrestrische Böden) gezählt werden (Blume et al. 2010). Fluvisole zeichnen sich gemeinhin durch eine hohe Wasserleitfähigkeit aus (Blume et al. 2010). Aufgrund der relativ geringen Gründigkeit (zwischen 39 und 55cm) der Böden (FAL 1996) und dem Fakt, dass sie grund- und hangwasserbeeinflusst bzw. –geprägt sind, wurde dem Boden die hydrologische Bodenklasse B zugewiesen. Dieselbe Zuweisung erfolgte von Thalmann (2012) bei einer Studie in Schlieren für grund- und hangwassergeprägt Böden. Durch den Ansatz des Bodenabtrags am Versiegelungsstandort und der anschliessenden Rekultivierung an den Brachflächenstandorten wurde auch bei diesen die hydrologische Bodenklasse B festgesetzt.

In Tabelle 4-13 sind die veränderten Abflusswerte im Falle einer Nutzungsänderung aufgeführt. Alle drei Brachflächen liegen in ihrem potenziell zu kompensierenden Wasservolumen deutlich unter jenem des verlorengehenden Infiltrationswerts für die Neubaufäche. Dies gilt für die hydrologisch minimale aber auch maximale Kompensationsnutzung. Die der Neubaufäche am nächsten gelegene Brachfläche erreicht mit etwas mehr als der Hälfte an Kompensationsleistung das höchste Potenzial. Die restlichen potenziellen Kompensationsanteile bewegen sich um maximal rund 10 Prozent. Entscheidend hierfür ist insbesondere die Arealgrösse. Zwar erreicht auch bei der Betrachtung pro Quadratmeter keine Fläche die benötigten Werte, doch ist die Differenz zwischen den Arealen bei einer maximalen Kompensation deutlich kleiner.

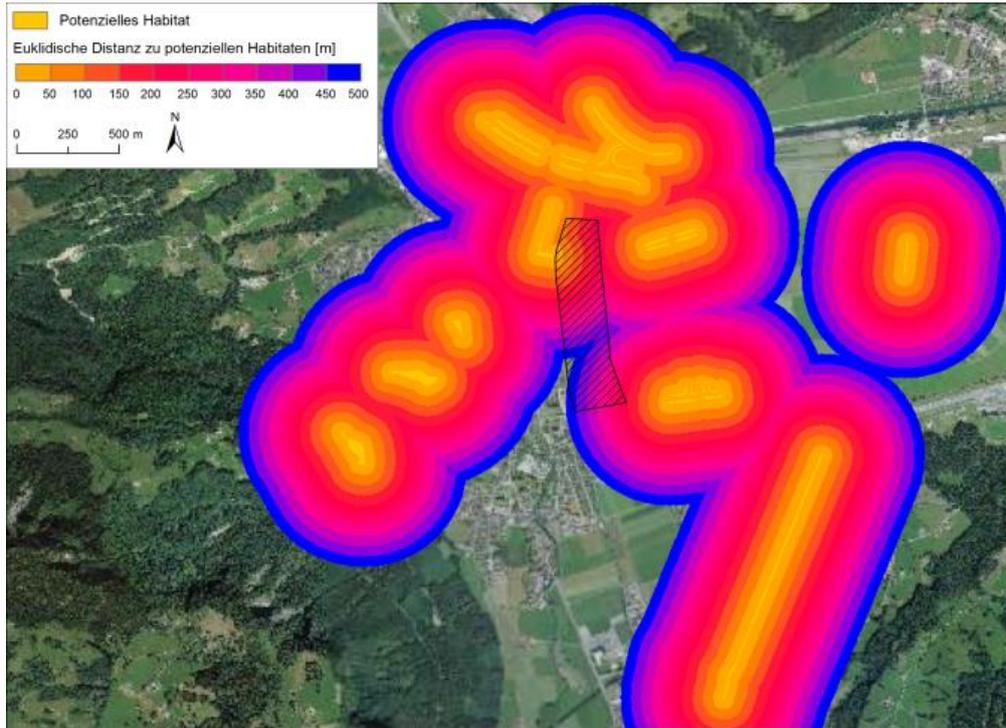
Tab. 4-13 Gewinn/Verlust an Infiltrationsleistung bei den in Tab. 4-12 aufgeführten Nutzungswechseln bei den Fallstudienflächen im Kanton Glarus. Kompensationsvermögen in Prozent der Veränderung im direkten Abfluss bei der Neubaufäche und entsprechende Zuweisung des Potenzialwertes.

Standort	ΔQ bei Nutzungsänderung [l/m ²]	Flächen-grösse [m ²]	Veränderung des Abflussvolumens für die spezifische Fläche [l]	Kompensationsanteil	Potenzialwert
Neubauprojekt der Eternit AG in Niederrurnen	+ 50.5	203990	+ 10'301'495	-	-
Aktuelles Areal der Eternit AG	- 22.0 bis – 44.1	125839	- 2'768'458 bis - 5'549'450	26.9-53.9%	2 - 3
Gewerbezentrum Ennenda Süd	- 22.0 bis – 44.0	22570	- 496'540 bis - 993'080	4.8-9.6%	1
Spinnerei Linthal/Schöpfgruben	- 23.2 bis – 48.4	25438	- 590'162 bis - 1'231'199	5.7-12.0%	1

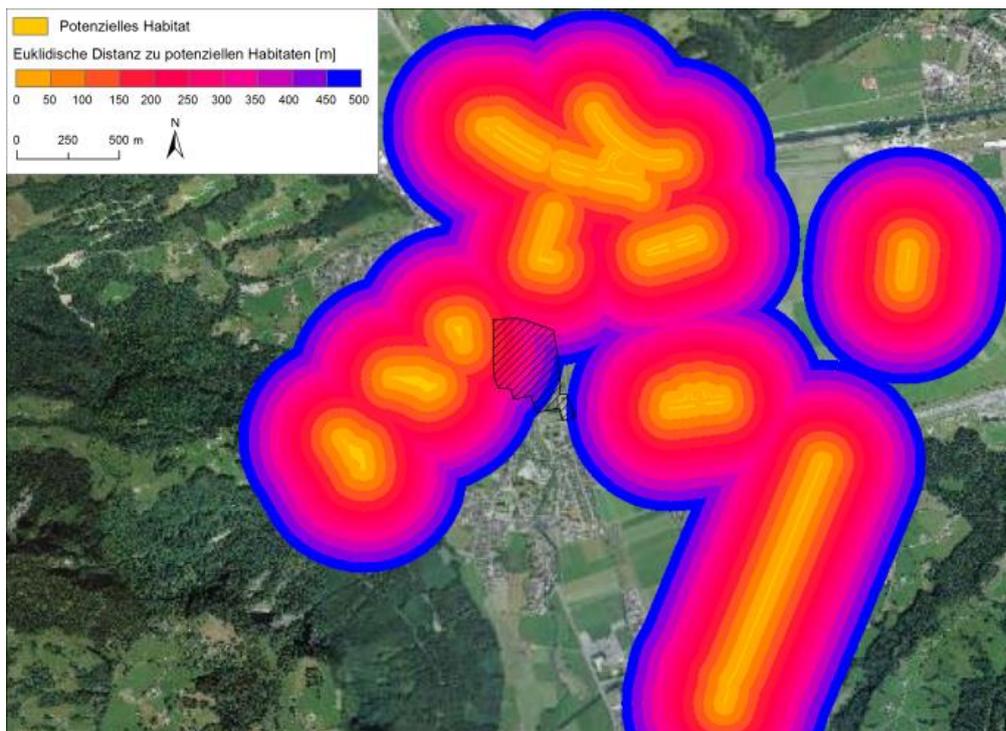
Natürliche Vielfalt

Das Potenzial der Fallstudienareale im Kanton Glarus als Habitat für Amphibien erweist sich in allen Fällen auf ähnlichem Niveau als hoch. Die vier Flächen unterscheiden sich insgesamt lediglich um 0.3 Potenzialpunkte. Betrachtet man nur die Bewertung anhand der vorherrschenden Landschaftselemente, zeigt sich wie in den vorherigen Beschreibungen wiederum das Muster abnehmender Potenziale talwärts. Dies macht Sinn, nimmt doch der Anteil stark anthropogen geprägter und damit als Habitat ungünstiger Flächen ebenfalls in dieser räumlichen Weise ab. Dass sich dieses Muster nicht in der Endbewertung zeigt, liegt insbesondere am Fehlen von Rote Liste Arten in der Umgebung der am Talende liegenden Brachflächen in Ennenda und Linthal.

Die Resultate für die Konnektivität und Erreichbarkeit der Flächen für den Schachbrettfalter sind graphisch in Abbildungen 4-15 und 4-16 gezeigt. Zu sehen ist, dass in der Umgebung aller vier Fallstudienflächen potenzielle Habitate für den Schachbrettfalter zu finden sind und dass die Fallstudienflächen auch innerhalb der 500m Erreichbarkeitsdistanz zu einem potenziellen Habitat liegen. Die Areale sind deshalb auch nicht im Speziellen für eine Aufwertung der Konnektivität zwischen bestehenden potenziellen Habitaten zu erwähnen. Aufgrund dessen ist keine Priorisierung einzelner Areale hinsichtlich des Habitatpotenzials für den Schachbrettfalter zu machen. Klar ist jedoch, dass, aufgrund der geringen räumlichen Entfernung des aktuellen und des neu zu bebauenden Areals der Eternit AG, die umgebenden Habitatmuster dabei die grösste Übereinstimmung aufweisen.



a.)

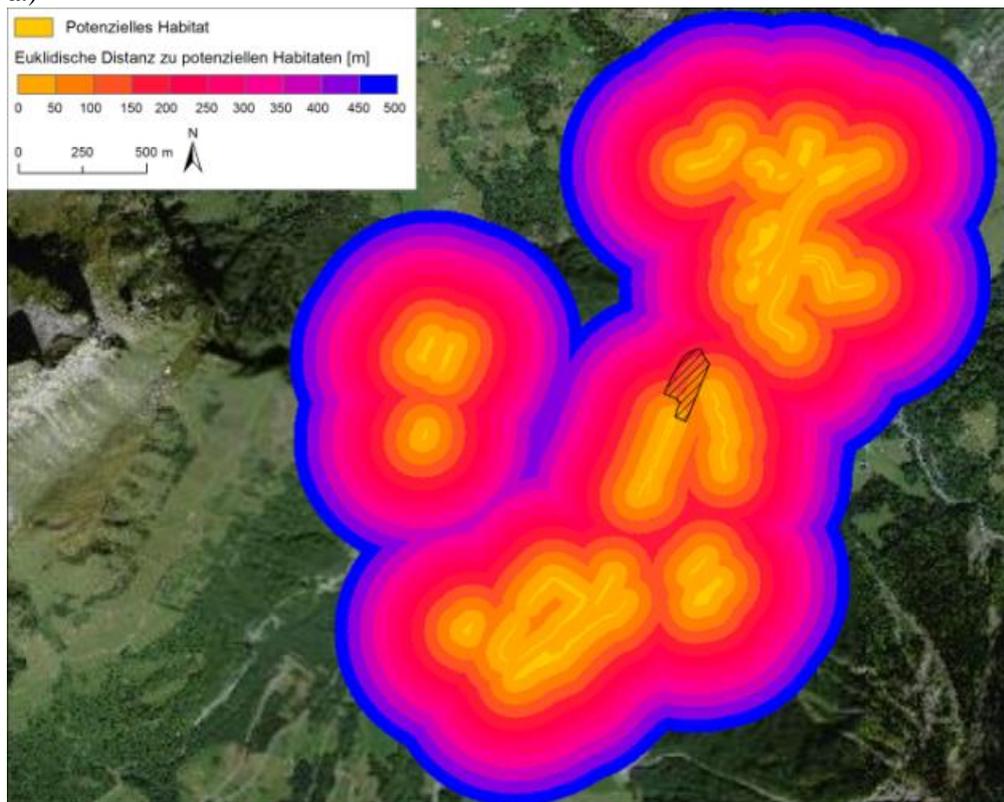


b.)

Abb. 4-15 *Konnektivität der Habitate des Schachbrettfalters. Erreichbarkeit der Fallstudienflächen. a.) Neubaufäche in Niederurnen, b.) Brachfläche in Niederurnen (Kartengrundlage: swissimage © 2014 swisstopo 5704 000 000)*



a.)



b.)

Abb. 4-16 *Konnektivität der Habitate des Schachbrettfalters. Erreichbarkeit der Fallstudienflächen. a.) Brachfläche in Ennenda, b.) Brachfläche in Linthal (Kartengrundlage: swissimage © 2014 swisstopo 5704 000 000)*

5 Diskussion

5.1 Methodendiskussion

5.1.1 Quantifizierung von Ökosystemleistungen

Auswahl der Ökosystemleistungen und Indikatoren

Die Abschätzung des Potenzials zur Wiederherstellung von Ökosystemleistungen auf Rückbauflächen wurde gesamtschweizerisch für sieben, beziehungsweise fünf Leistungen auf Ebene der Fallstudien vollzogen. In einem Bericht des Bundesamts für Umwelt (BAFU) definieren Staub et al. (2011) für die Schweiz 23 verschiedene Ökosystemleistungen, für welche jeweils mehrere Indikatoren die einzelne Leistung beschreiben können. Diese Liste kann in Abhängigkeit von Studiengebiet, Massstab und Fragestellung beliebig erweitert werden. Die Abschätzung des Potenzials in der vorliegenden Arbeit stellt entsprechend keinen Anspruch auf Vollständigkeit der in Frage kommenden Ökosystemleistungen. Durch die Auswahl der Leistungen mit mindestens je einem Vertreter der eingangs beschriebenen Ökosystemleistungsklassen wird die Aussagekraft aber für die gesamte Bandbreite festgesetzt. Die Relevanz für die vorliegende Entsiegelungsthematik mit der Beschreibung eines Potenzials sowie der Fokus auf die bodengebundenen Leistungen spielte bei der Auswahl und der Beschränkung eine grosse Rolle. Ferner beeinflusste die Datenverfügbarkeit die Auswahl zu beschreibender Ökosystemleistungen und insbesondere die Wahl der Indikatoren in starkem Masse. So musste die Abschätzung teilweise in Abhängigkeit der einzig vorhandenen Daten konzipiert werden, auch wenn die Datenlage unsicher war (Beispiel: Amphibienfunde bei der Behandlung der Fallstudien). Dieser Punkt wird in der Literatur als grundsätzliche Problematik des Ökosystemleistungsmappings beschrieben (De Groot et al. 2010; Koschke et al. 2012; Müller & Burkhard 2012; Jacobs et al. 2013).

Die Aussage betreffend dem grundsätzlichen Entsiegelungspotenzial in der Schweiz ist als Mindestmass zu werten. Es kann davon ausgegangen werden, dass die Vielfalt an wiederhergestellten Ökosystemleistungen (Kapitel 2.2), in Anbetracht der stark negativen Auswirkungen einer Versiegelung auf die Natur, noch grösser ist. Der Einbezug weiterer Leistungen kann also zusätzliche naturräumliche Argumente hervorbringen, welche für einen Rückbau sprechen.

Verständnis des biophysikalischen Systems

Bei der indikatorenbezogenen Beschreibung von Ökosystemleistungen bestehen zahlreiche grundlegende Unsicherheiten (Jacobs et al. 2013), die sich auch im konkreten Fall in der vorliegenden Arbeit zeigen. Dabei wurde das beschränkte „Verständnis des biophysikalischen Systems“ (Jacobs et al. 2013) und der darin ablaufenden Prozesse sowie die Schwierigkeit der Beschreibung öffentlicher Leistungen (Baral et al. 2014) als Hauptfaktor identifiziert. Die gewählten Indikatoren basieren daher zwar auf den bisherigen Kenntnissen und Angaben in der Literatur, es bestehen diesbezüglich jedoch trotzdem nur

schwer zu beziffernde Unsicherheiten. Diese wirkten sich auf die Beschreibung von Ökosystemleistungen mittels Multikriterienanalyse insbesondere bei der Aggregation der Indikatoren und deren Werten aus. Die Gewichtung der einzelnen Indikatoren durch die bearbeitende Person beeinflusst die resultierenden Potenzialwerte stark. Eine derartige Abschätzung ist daher immer zu einem gewissen Grad subjektiv. Der Grad der Allgemeingültigkeit kann nur schwer abgeschätzt werden. In Anbetracht dessen wurden zwar Informationen aus der Literatur (u.a. Brunner et al. 1997; Buchecker et al. 2013) beigezogen und die Gewichtung aufgrund dessen gemacht, doch besteht auch bei diesen Informationen die beschriebene Unsicherheit. Einige Ansätze und Indikatoren wurden im Rahmen dieser Arbeit neu entwickelt, weshalb keine entsprechenden Vergleichswerte in der Literatur vorhanden waren.

Ebenso gibt es Unsicherheiten bei der Klasseneinteilung der Indikatorausprägungen sowie der Klassierung der Potenzialwerte als Grundlage für die Aussage der schweizweiten Potenziale (vgl. Kapitel 3.3.1). Auch hier fehlten in vielen Fällen vergleichbare Studien, die eine breiter abgestützte Einordnung zulassen. Es kann jedoch festgehalten werden, dass die Einschätzung auch bei leicht abweichenden Klassierungen grundsätzlich bleiben dürfte. Es ist sehr unwahrscheinlich, dass das Potenzial einer Brachfläche aufgrund einer verschiedenen Klasseneinteilung von 0 auf 5 oder umgekehrt wechselt. Vielmehr ist es möglich, dass der Potenzialwert zwischen zwei angrenzenden Klassen wechselt, wobei die grundsätzliche Einschätzung des Flächenpotenzials bestehen bleibt.

Bleibende Folgen der Versiegelung

Ähnlich unsicher wie die Kenntnis des biophysikalischen Systems ist die Frage nach persistenten Auswirkungen einer vormaligen Versiegelung und inwiefern diese die Erfüllung der Ökosystemleistungen langfristig beeinträchtigt. In der vorliegenden Arbeit habe ich allfällige Folgen in dieser Hinsicht nicht berücksichtigt und bin von einer vollen Wiederherstellung der vorherigen Funktionen ausgegangen. Dies kann jedoch unter Umständen nicht ohne entsprechende Massnahmen gewährleistet werden. So wird von Pitt et al. (1999) und vom BAFU (2013b) festgehalten, dass die Bodenversiegelung und zu gewissen Teilen auch deren negativen Auswirkungen zwar rückgängig gemacht werden können, zumindest mittelfristig jedoch Folgeschäden im ökologischen System des gestörten Bodens bestehen bleiben. So kann beispielsweise die Infiltrationskapazität eines kompaktierten Bodens nicht mit jener eines ungestörten Bodens verglichen werden (Law et al. 2009). Diese Nachwirkungen sind im Falle einer Brachflächenentsiegelung nicht für alle Ökosystemleistung im gleichen Sinne relevant. So kann eine entsiegelte Fläche gleichwohl eine naherholungsfunktionale Leistung ausüben oder zur Steigerung der wahrgenommenen Schönheit der Region beitragen, während die landwirtschaftliche Nutzbarkeit oder auch die Infiltration eingeschränkt sein kann. Weitere Forschung in diesem Bereich ist nötig, um das allgemeine Potenzial einer Wiederherstellung von Ökosystemleistungen bei einer Entsiegelung festzustellen.

Grenzen einer GIS-basierten Abschätzung

Der hier gewählte Ansatz beschränkte sich auf den Einbezug digitaler Daten als Grundlage und den Einsatz von Informationssystemen zur Abschätzung der Ökosystemleistungspotenziale. Für die schweizweite Abschätzung hat sich dieses Vorgehen, aufgrund des grossen räumlichen Ausschnitts und der grossen Anzahl an Brachflächen, bewährt. Für die punktuelle Vertiefung einzelner Flächen würden sich jedoch komplementäre Ansätze, wie in den Ausführungen zur Entsiegelungspraxis in Deutschland beschrieben, anbieten und wohl auch eine noch differenziertere Aussage zulassen. Stuber (2008) beschreiben einen Ansatz zur Bewertung der Qualität der Landschaft im Zusammenhang mit der Planung von Parks von nationaler Bedeutung, welcher nebst Arbeiten im Büro, namentlich GIS-Analysen bzw. Kartenstudium, auch Arbeiten im Feld umfasst. Das Themenfeld dieses Ansatzes kann durchaus mit jenem der vorliegenden Arbeit verglichen werden. Die Landschaft kann bei diesem Vorgehen physisch in ihren Qualitäten erfasst werden, was den Grundstein für erste Massnahmenpläne legt (Stuber 2008). In diesem Zusammenhang ergibt eine Feldaufnahme vor Ort einen umfassenderen Eindruck zur Umgebung der Brachfläche, was unter Umständen die Einbettung einer Entsiegelungsmassnahme in ein grösseres, die Umgebung mit einbeziehendes Projekt, ermöglicht.

Die Brachflächen- und Entsiegelungsthematik beinhaltet eine starke gesellschaftliche Dimension. Fragen zur Zweckmässigkeit einer Landnutzung an einem Standort, zum Nutzen von Ökosystemleistungen, zu den Auswirkungen von Altlasten und viele mehr betreffen das Individuum aber auch die Gesellschaft in direkter Weise. Diese Komponente darf daher nicht ausgeklammert werden. Sozialwissenschaftliche Methoden können daher zu einem noch kompletteren Bild beitragen (Jacobs et al. 2013). Im konkreten Fall sollten für die Entscheidung, welche Ökosystemleistungen wiederhergestellt werden sollen, die Präferenzen der Anwohner berücksichtigt werden. Weiter liegt hier auch eine Chance methodischen Charakters. Entscheidende Ökosystemleistungen, Indikatoren und Schwierigkeiten des Ansatzes können identifiziert werden. Mit der Kenntnis von Präferenzen kann so den Unsicherheiten hinsichtlich der Gewichtung und Klassierung gewissweit begegnet werden.

5.1.2 Beschreibungsstab

Verschiedentlich wird in der Literatur auf die Wichtigkeit des Massstabs beziehungsweise der Skala hingewiesen (Seppelt et al. 2012; Jones et al. 2013; Ahern et al. 2014; Baral et al. 2014). So bestimmen nicht nur lokale Faktoren die Ausprägung der Ökosystemleistung und daher die Richtung der lokalen Landnutzungsplanung, sondern auch Wechselwirkungen und Gegebenheiten mit grösserem räumlichen Einfluss (Jones et al. 2013). Diese Frage ist auch für die ökosystemleistungsbezogene Abschätzung des Entsiegelungspotenzials von Bedeutung. So sind auf unterschiedlichen räumlichen Skalen unterschiedliche Faktoren bestimmend, was eine entscheidende Rolle bei der Einordnung bzw. Klassierung der Ausprägungen an den jeweiligen Standorten spielt. Für die Fallstudienflächen musste deshalb abgewogen werden, ob eine absolute, für die gesamte Schweiz repräsentative Klassierung verwendet werden soll. Dabei werden unter Umständen aber gebietstypische Feinheiten vernachlässigt. Umgekehrt be-

steht bei einer kleinräumigen Betrachtung der möglichen Ausprägungen die Gefahr, dass kleine Unterschiede zu stark gewichtet werden. Der Entscheid fiel in der vorliegenden Arbeit zugunsten einer gebietspezifischen Klassierung, damit eine differenzierte Aussage zu den möglichen Nachnutzungsformen gemacht werden kann. Dies ist gerade bei diesem Thema, wo mehrere Nutzungsansprüche an die gleiche Fläche in Konkurrenz stehen wichtig. Vergleicht man die Potenzialwerte der Fallstudien mit denjenigen aus der gesamtschweizerischen Abschätzung, so zeigt sich, dass sich die Potenzialwerte aus den Fallstudien teilweise um mehr als einen Potenzialpunkt gegenüber der schweizweiten Betrachtung unterscheiden. Dabei deuten die Abweichungen nicht systematisch in eine Richtung. Welche Herangehensweise schliesslich zu wählen ist, bestimmt in der Praxis auch die konkrete Fragestellung (vgl. Kapitel 5.4.1 zur Festlegung des räumlichen Kompensationsrahmens).

5.2 Potenzial in der Schweiz

Die in Kapitel 4.2 gezeigten Ökosystemleistungspotenziale legen dar, dass die Renaturierung von Brachflächen verschiedene gesellschaftliche Ansprüche erfüllen kann. Es kann aber keine Ökosystemleistung identifiziert werden, die sich für die gesamte Schweiz von den anderen bzgl. der Eignung positiv abhebt. Zwar weisen die Brachflächen über das Gesamte hinweg gesehen, hinsichtlich des Habitates und der Landwirtschaft, den höchsten Potenzialwert auf, doch wäre eine Aussage betreffend eines allgemein höchsten Potenzials wenig sinnvoll. Zu gross ist die räumliche Variation. Weiter zeigen sich, entgegen der Befunde aus dem Ausland, wo ein Grossteil der Flächen für erholungsfunktionale Zwecke rückgebaut wurden, die diesbezüglichen Potenziale in der Schweiz als eher gering. Als Grund hierfür kann die geringe Anzahl innerstädtischer Brachen, mit einer typischerweise grossen potenziell profitierenden Bevölkerungszahl, genannt werden.

Die Verteilung des Potenzials für verschiedene Ökosystemleistungen entspricht der naturräumlichen Einteilung der Schweiz. Grossräumige Faktoren spielen auf der gesamtschweizerischen Ebene eine grössere Rolle, als kleine Gegebenheiten, welche lediglich marginal wirken. Die grossräumigen Faktoren können zwischen den Leistungen aber gegensätzliche Auswirkungen haben. Dieser Fakt widerspiegelt zum einen die unterschiedlichen Anforderungsprofile, welche die Ökosystemleistungen bedingen und zum anderen auch die Natur des Konzeptes der Ökosystemleistungen. Durch die Fokussierung der natürlichen Leistungen auf den menschlichen Nutzen werden für die Abschätzung des Potenzials zum einen durch die Natur angebotene Leistungen (bspw. Habitat) und zum anderen aber auch nachgefragte Leistungen (Naherholung) berücksichtigt. Durch diese gesamtheitliche Betrachtung können beinahe allen Regionen in die Diskussion um einen Rückbau einbezogen werden. Oberflächlich betrachtet könnte dies als undifferenziert gelten. Doch liegt genau in diesem Punkt wohl auch einer der Hauptgründe, welcher für den Einbezug der Entsiegelung als mögliche Kompensationsmassnahme gilt. Geht es darum abzuwägen, in welcher Form eine Brachfläche umgenutzt werden soll, stellt die Breite an Möglichkeiten einer „grünen Umnutzung“ ein starkes Argument dar. Sie verleiht dem Rückbau eine

grosse Flexibilität, die bei der baulichen Alternative so nicht besteht. In quasi jeder Situation, wo sich die Frage nach der Zukunft einer Brachfläche stellt, kann mit der Entsiegelung und einer entsprechenden Folgenutzung argumentiert werden. Diese Berücksichtigungsmöglichkeit auf grundsätzlicher Ebene gilt im Spezifischen auch für das Infiltrationspotenzial. Die räumliche Verteilung des Potenzials zeigt zwar keine Regionen, in denen es sich speziell lohnen würde, die Brachflächen mit diesem Fokus rückzubauen. Dies heisst jedoch nicht, dass diese Leistung grundsätzlich aussen vor gelassen werden kann. Vielmehr spricht dieses Resultat für einen Einbezug dieses Faktors in jedem Fall.

Die Polyvalenz muss nicht auf die Betrachtung der Ökosystemleistungen beschränkt werden, sondern kann auch bezogen auf die einzelnen Brachflächen einen Vorteil darstellen. In Kapitel 4.3.1 wurde gezeigt, dass für einige Flächen zwar mehrere Ökosystemleistungen in Frage kommen, jedoch keine klare räumliche Verteilung hoher Potenziale zu beobachten ist. Das grundsätzlich positive Fazit, das im Ausland für Rückbauprojekte gezogen wird, gründet zu einem grossen Teil darauf, dass mehrdimensionale Systeme mit entsprechenden Nutzungsmustern resultierten, auch wenn der Schwerpunkt meist auf eine spezifische Folgenutzung gelegt wurde (BMVBS/BBR 2009). Dass ein Landnutzungstyp verschiedene Ökosystemleistungen erbringen kann bedeutet aber nicht, dass diese sich untereinander nicht konkurrieren. Durch den Rückbau alleine ist also nicht garantiert, dass für alle Ökosystemleistungen das gezeigte maximale Potenzial erfüllt wird.

5.2.1 Wo lohnt sich welche Nutzung?

Wie in Kapitel 3.3.2 dargelegt fokussiert der vorliegende Ansatz zur Abschätzung des Ökosystemleistungspotenzials hauptsächlich auf das ökologische Angebot, das von einer Brachfläche im Falle einer Entsiegelung ausgeht. Die Zweckmässigkeit einer Nutzung an einem Standort ist jedoch nicht allein durch die vorhandenen ökologischen Strukturen definiert, sondern ergibt sich weiter aus der gesellschaftlichen Nachfrage, der passenden Einordnung der Nutzung in die Umgebung sowie den Alternativnutzungen. Laut BMVBS/BBR (2009) muss denn auch beachtet werden, dass eine direkte Transformation von ländlichen Nutzungsmustern, wie der Landwirtschaft oder auch Habitatstrukturen, auf ein städtisches Umfeld kaum möglich ist. Dies auch wenn das ökologische Potenzial an sich für eine entsprechende Nutzung im städtischen Gebiet sprechen würde. Folglich ist es schwierig, basierend auf den Ergebnissen dieser Arbeit, eine Empfehlung für eine bevorzugte Nutzung an einem Standort zu machen.

Das Habitatpotenzial auf schweizweiter Ebene illustriert diesen Umstand sehr deutlich. Für die Abschätzung galt die Annahme einer natürlichen Besiedelung der Flächen. In diesem Sinne wurde den Flächen in einem natürlichen Umfeld, ein höheres Potenzial zugesprochen, als solchen, die in grossem Masse von anthropogenen Strukturen umgeben sind (Kapitel 4.2.6). Betrachtet man dieses Potenzial und bezieht die weiteren genannten Entscheidungsgrundlagen mit ein, kann man aber auch auf ein anderes Ergebnis kommen. Gerade in stark anthropogen geprägten, oft zu einem hohen Grade versie-

gelten Gebieten kann eine zusätzliche Habitatfläche wichtiger sein, als in bereits günstigen Gebieten. Das räumliche Muster der Notwendigkeit einer Entsiegelung sähe gemäss dieser Annahme also genau umgekehrt aus, als das ökologische Potenzial das in der vorliegenden Arbeit präsentiert wird. Das ökologische Potenzial und der Nutzen im Vergleich zu einer Alternativnutzung müssen also nicht in jedem Falle übereinstimmen. Die Entscheidung für eine Nachnutzung kann daher nur aus einer Abwägung zwischen ökologischem Potenzial und gesellschaftlicher Zweckmässigkeit getroffen werden.

In diesem Zusammenhang mache ich auf eine interessante Gegebenheit in der Beurteilung der Standortteignung von Entsiegelungsprojekten im Ausland aufmerksam. Die Lagegunst für eine Entsiegelung in Sachsen, Deutschland, ergibt sich in der in Kapitel 4.1 beschriebenen Herangehensweise aus dem Standort im Aussenbereich der Stadt und dem Ortsrand. Wie beschrieben, konzentrieren sich die Branchenentsiegelungsprojekte in Nordamerika hingegen vor allem auf den innerstädtischen Bereich. Auch hier kann die Ursache des Unterschieds in der gesellschaftlichen Nachfrage gefunden werden. Entweder sind in diesen Regionen die gesellschaftlichen Nachfragen unterschiedlich ausgeprägt und ziehen dadurch andere Nachnutzungen nach sich. Oder der Entscheid für den Standort einer Entsiegelung basiert auf einer unterschiedlichen Gewichtung des ökologischen Potenzials und der gesellschaftlichen Nachfrage.

5.2.2 Das Potenzial vor dem Hintergrund zukünftiger Entwicklungen

Die in der vorliegenden Arbeit präsentierten Resultate basieren auf heute verfügbaren Daten und gelten für die momentane Situation in der Schweiz. Klima und Gesellschaft werden sich jedoch unweigerlich verändern (Moffat & Hutchings 2007; CH2014-Impacts 2014). Deren Auswirkungen können sich auch unmittelbar beim Menschen in seinen Entscheidungen, Verhaltensmustern und dem Verhältnis zu den natürlichen Ressourcen zeigen. In diesem Sinne darf die vorliegende Thematik nicht losgelöst von der zukünftigen Entwicklung diskutiert werden. So beeinflusst diese einerseits die Nachfrage aber auch das potenzielle Angebot von Ökosystemleistungen auf rückgebauten Brachflächen. Klima- und Bevölkerungsszenarien lassen folgern, dass sich das Potenzial und die Notwendigkeit zur Wiederherstellung von Ökosystemleistungen auf entsiegelten Flächen erhöhen kann. Die Bedingungen für Landwirtschaft können sich unter Einbezug maschineller Bewässerung verbessern (CH2014-Impacts 2014), aufgrund eines abnehmendes Schnee-Regen-Verhältnisses und eines vermehrt regendominierten Abflussregimes wird ein zunehmendes Hochwasserrisiko prognostiziert (Wipf et al. 2007; CH2011 2011), die heutige Diversität der Tier- und Pflanzenarten im Mittelland kann zurückgehen (CH2014-Impacts 2014) und die Nachfrage nach Klimaregulation und Grünräumen für die Naherholung kann in Anbetracht einer zunehmenden urbanen Bevölkerung gerade in städtischen Räumen zunehmen (Moffat & Hutchings 2007). Gleichzeitig, so sagt ein Forschungsprojekt an der Eidgenössischen Forschungsanstalt WSL¹

¹ Bronwyn Price, Janine Bolliger: Free to download: spatially explicit scenarios of land-use change for Switzerland. URL: <http://www.wsl.ch/fe/landschaftsdynamik/projekte/FreeToDownload/index_EN>

voraus, werden sich die Siedlungsgebiete in der Schweiz weiter ausbreiten, wobei das Mittelland auch in Zukunft als Brennpunkt betrachtet werden kann. So erhöht sich der Druck auf die Brachflächen für eine bauliche Nachnutzung und der allfällige Konflikt zwischen einer wirtschaftlichen und einer ökologischen Neunutzung akzentuiert sich.

5.3 Fallstudien

5.3.1 Kanton Aargau

Die Profile der Ökosystemleistungspotenziale der Neubaufäche in Schafisheim und der Brachfläche in Hausen/Lupfig wurden in Abbildung 4-12 gezeigt. Zu sehen ist, dass die Potenziale der Brachfläche, ausser bezogen auf die natürliche Vielfalt, gleich gross oder grösser sind, wie jene der Neubaufäche. In diesem Sinne kann geschlossen werden, dass eine derartige Kompensation durchaus Sinn ergibt. Strebt man bei der Kompensation der Coop-Neubaufäche eine möglichst gleichwertige Ausprägung der Ökosystemleistung an, ist eine landwirtschaftliche oder auf die Infiltration ausgelegte Nachnutzung anzustreben. Dasselbe gilt bei der Entscheidung aufgrund der standortspezifisch am besten geeigneten Nutzung. Es fällt auf, dass sich die Potenziale für kulturelle Ökosystemleistungen (Naherholung, Ästhetik) und den weiteren Ökosystemleistungsgruppen auf den beiden Flächen nicht gleich verhalten. Während das landwirtschaftliche, hydrologische und habitatspezifische Potenzial der Neubaufäche in demselben Rahmen oder etwas höher liegen als jene der Brachfläche, zeigen sich bei den kulturellen Leistungen klare Vorteile seitens der Brachfläche. Strebt man also die durch die Kompensation pro Flächeneinheit maximale Aufwertung an, ist eine Folgenutzung mit erholungsfunktionalem oder identitätsstiftendem Fokus vorzuziehen. Man kann sich fragen, weshalb die Unterschiede zwischen den Flächen ein solches Muster zeigen. Verantwortlich hierfür können die Standortplanung und die dafür eingebundenen Entscheidungsfaktoren sein. Die Ökosystemleistungen der Landschaftsästhetik (Identifikationsermöglichung) und der Erholung sind jene, die auf den Menschen den unmittelbarsten Einfluss im Alltagsleben haben. Es betrifft einen in den täglichen Aktivitäten schneller, wenn die beliebte Freizeitfläche oder der schöne Ausblick aus dem Wohnhaus beeinträchtigt wird, als wenn eine Fläche nicht mehr als Infiltrations- oder Habitatfläche zur Verfügung steht. In diesem Sinne kann davon ausgegangen werden, dass in der Standortplanung der Neubaufäche diesbezügliche Faktoren einen Teil zur Entscheidung beitragen. Der Standort liegt denn auch in einem bereits heute grösstenteils gewerblich genutzten Gebiet. Das Muster der Ökosystemleistungspotenziale zeigt aber gleichzeitig auf, dass für die restlichen Klassen, bei der Neubaufäche, hohe Potenziale vorherrschen und diese naturräumlichen Faktoren mutmasslich bei der Planung nur eine untergeordnete Rolle erhielten. Dieses Beispiel deutet an, dass bei Neubauprojekten, welche ein bestehendes Industrie- und Gewerbegebiet erweitern, insbesondere die direkte Kompensation nicht kultureller Ökosystemleistungen angestrebt werden sollte.

Ob diese Kompensation auf der Brachfläche in Hausen/Lupfig tatsächlich auch in der Praxis vollzogen würde, hängt auch von weiteren Faktoren ab. Mit der Lage in unmittelbarer Nähe zu den Anschlüssen der Autobahnen A1 und A3 ist sie auch sehr attraktiv für eine Nutzung als Industrie- und Gewerbeareal (AZ 2014). Auch andere bauliche Nutzungen werden auf dem Areal diskutiert. So bestand ein Konzept zur Errichtung eines Pflegezentrums. Dieses wird jedoch nicht mehr weiter verfolgt. Heute wird eine Neunutzung im Rahmen des kantonalen Entwicklungsschwerpunkts Eigenamt angestrebt. Mit der Ansiedlung von Spitzentechnologie-Unternehmen soll dabei ein „hoher Anteil an wertschöpfungsintensiven Nutzungen“ (AZ 2014) realisiert werden. Weiter weist der Boden des Areals der ehemaligen Chemiefabrik eine stoffliche Belastung auf (Claudio Hagen, schriftliche Mitteilung 03.10.2013). Zwar ist nach AZ (2014) nur in gewissen Bereichen mit einer solchen zu rechnen, doch ist nicht klar, inwiefern die Restbelastung eine „grüne“ Nachnutzung beeinträchtigt.

5.3.2 Kanton Glarus

Die Lage der Neubaufäche der Eternit AG in Niederurnen mit einer sehr guten Verkehrsanbindung und passenden Platzverhältnissen für neue Produktionsgebäude, lässt erahnen, dass der Standort wirtschaftlich gesehen sehr interessant ist. Abbildung 4-14 zu den Potenzialprofilen der Fallstudienflächen im Kanton Glarus zeigt aber deutlich, dass dieser Standort auch naturräumlich einen grossen Wert hat und demnach bei einer Überbauung entscheidende Verluste resultieren.

Bei der Evaluation möglicher Kompensationsflächen, zeigt sich ein räumliches Muster der Potenzialunterschiede zwischen den einzelnen Flächen. Dieses ist nicht nur bei einzelnen Ökosystemleistungen zu beobachten, sondern zieht sich, mit kleinen Abweichungen, quer durch die Betrachtung der Ökosystemleistungspotenziale. Die Abnahme der einzelnen Potenzialwerte mit zunehmender Entfernung vom Taleingang entlang des Talbodens führt zur Erkenntnis, dass im vorliegenden Fall naturräumlich gesehen der Kompensationswert der Brachflächenareale mit zunehmender Entfernung von der Neubaufäche abnimmt. Dies ist in gewissen Fällen mit der kleineren Flächengrösse der Brachenareale zu erklären, doch spielen auch naturräumliche und damit verbundene anthropogene Nutzungsmuster eine Rolle. Auf die Bedeutung dieses Umstandes für die praktische Kompensationsplanung wird in Kapitel 5.4.1 genauer eingegangen. Die verschiedenen Fallstudienflächen weisen ein geringeres Potenzial für einzelne Ökosystemleistungen auf als die Neubaufäche. Strebt man einen Realersatz im gleichen Umfang zwischen zwei Flächen an, ist dies demnach nicht möglich und es stellt sich die Frage, inwiefern allenfalls weitere Flächen in Kombination herangezogen werden können oder sollen. Entsiegelt man alle drei Fallstudienbrachflächen, nähert man sich in der Summe der verloren gehenden Infiltrationskapazität an. Auch wenn durch die Gegenüberstellung der konkreten Abflusswerte in diesem Fall ein Vergleich der Flächen möglich ist, bestehen jedoch andere Vorbehalte, aufgrund derer ein Einbezug mehrerer Flächen kritisch zu hinterfragen ist. Insbesondere für kulturelle Leistungen erweist sich dieses Vorgehen, beispielsweise betreffend einer Verrechnung der Potenzialwerte, als sehr subjektiv. Angenommen, es existieren zwei Entsiegelungsflächen mit einem Potenzialwert von 2, welche in der Flä-

chensumme dem Doppelten einer Versiegelungsfläche mit dem Potenzialwert von 4 entsprechen. Kann diese Kompensation so zufriedenstellend vollzogen werden? Ich meine, diesem Ansatz ist mit grosser Vorsicht zu begegnen. Zwar geht die Rechnung rein rechnerisch quantitativ auf (vgl. Kapitel 5.4.1), doch gehen offensichtlich ökologische Qualitäten verloren. Diese können für einen Standort und für die Wechselwirkungen mit anderen Ökosystemkomponenten entscheidend sein.

5.4 Gesamtbetrachtung

5.4.1 Rückbau als Kompensationsmassnahme

Mit den punktuellen Vertiefungen in den Kantonen Aargau und Glarus wurde die Entsiegelung von Brachflächen als mögliche Kompensationsmassnahme für Bauprojekte auf der grünen Wiese dargestellt. Bereits heute bestehen in der Schweiz gesetzliche Grundlagen, welche die Kompensation von nicht vermeidbaren Eingriffen in die Natur vorschreiben und regeln. Mit der Eingriffsregelung in Art. 18 Abs. 1^{ter} des Natur- und Heimatschutzgesetzes (NHG 1966) wird festgehalten, dass bei einer Beeinträchtigung schutzwürdiger Lebensräume „für Wiederherstellung oder ansonsten für angemessenen Ersatz“ (NHG 1966) gesorgt werden muss. Unter dem Begriff Wiederherstellung versteht man das Beheben des temporären Eingriffs „in Art, Funktion und Umfang im Massstab 1:1 am Ort des Eingriffs“ (Kägi et al. 2002). Sinngemäss also eine Reparatur nach Abschluss des Eingriffs. Der Ersatz auf der anderen Seite meint, dass der Eingriff „in Art, Funktion und Umfang im Massstab 1:1 an einem anderen Ort (Realersatz) oder aber hinsichtlich ihrer Art, Funktion und Umfang in anderer, angemessener Weise an einem anderen Ort (angemessener Ersatz im engeren Sinne)“ (Kägi et al. 2002) wettgemacht wird. Die Einbindung der Entsiegelung in ein Kompensationsmassnahmenkonzept entspricht also einer Ersatzmassnahme im Sinne der Eingriffsregelung. Während Kägi et al. (2002) bei der heutigen Kompensationsregelung und -praxis zwar auf die Chance von Ersatzmassnahmen zur Nutzung von Synergien mit anderen Interessen wie dem Hochwasserschutz, der Landwirtschaft oder der Naherholungsnutzung verweisen, zielt die Eingriffsregelung aber im Grunde explizit auf besonders schützenswerte Lebensräume (näher spezifiziert in NHG Art. 6 und NHV Art. 14, Abs. 3) und lässt weitere in dieser Arbeit behandelte Ökosystemleistungen unbehandelt.

Starke oder schwache Nachhaltigkeit

Es stellt sich grundsätzlich die Frage, ob bei einer konkreten Umsetzung eines Rückbaus im Sinne einer Ersatzmassnahme, der Realersatz das Ziel ist oder ob die Möglichkeit des angemessenen Ersatzes in anderer Art und Funktion gegeben sein soll. Der Fakt, dass ein spezifischer Landnutzungstyp nicht auf die Erbringung einer einzelnen Ökosystemleistung beschränkt ist und dass es sich als schwierig erweisen kann, in jedem Fall eine identische Kompensationsfläche zu finden, spricht dabei eher für ein lockereres Verständnis des Begriffs „Ersatz“. So erbringt eine Landwirtschaftsfläche, nebst der Produktionsleistung, gleichzeitig Leistungen als Habitat- oder Wanderfläche für Tiere oder trägt durch die

Niederschlagsinfiltration zur Wasserregulierung im Gebiet bei (Kragt & Robertson 2014). Dies haben auch die Untersuchungen der Fallstudienflächen gezeigt. Mit einer Entsiegelung der Brachfläche in Hausen/Lupfig ist es, selbst mit der hydrologisch am wenigsten „wertvollen“ landwirtschaftlichen Nutzungsart möglich, die Infiltrationskapazität der Neubaufäche in Schafisheim zu kompensieren. Diese Multifunktionalität von natürlichen Flächen wurde bei ausländischen Entsiegelungsprojekten, wie in Kapitel 4.1.2 beschrieben, zwar als entscheidender Faktor eruiert, stellt im Falle einer Bedingung des Realersatzes die Umsetzung jedoch vor Schwierigkeiten. Fokussiert man sich auf eine einzige Leistung, wird man damit der Fülle an weiteren Leistungen nicht gerecht und weicht wiederum von einer gesamtheitlichen Integration ökologischer Parameter in der Entscheidungsfindung ab. Oder man findet, aufgrund der strikten Bedingungen, gar keine geeigneten Entsiegelungsflächen, weshalb die Massnahme nicht umgesetzt wird. Natürlich birgt auch ein Ansatz des Ersatzes in „anderer, angemessener Weise“ Schwierigkeiten. Hierbei ist insbesondere die Umsetzung des Ausdrucks „in angemessener Weise“ zu nennen. Die konkrete Frage lautet, wie oder inwiefern beispielsweise eine verlorene Habitatleistung in eine neu gewonnene erholungsfunktionale Leistung zu übersetzen ist und sie sich damit kompensieren lässt. Ansätze zur Bewertung eines Biotops anlässlich eines Ersatzes mit einem anderen Lebensraumtyp existieren in der Schweiz zwar (siehe Kägi et al. 2002), doch beinhalten diese keine Grundsätze zum Einbezug der speziellen Gegebenheiten bei einer Entsiegelung. Hierzu müssen Kompensationsysteme entwickelt werden, die wie in Deutschland den Mehraufwand und die Wichtigkeit der gewonnen Ökosystemleistungen mittels eines Multiplikationsfaktors anerkennen (siehe Kapitel 4.1.2). Dies bedingt aber entsprechende Entscheidungsprozesse und darin ein darin eingebettetes „Wertesystem“ sowie „Zielvorstellungen“ (Tobias et al., im Druck) hinsichtlich der Ökosystemleistungen. Denkbar ist auch eine relativ einfache Einbindung, indem in einem allgemeinen Kompensationsprogramm verschiedene Aufwertungsmassnahmen (bspw. auch Anlage von Ökoflächen auf noch unversiegelten Flächen), entsprechend dem Aufwertungspotenzial, bestimmten Wertstufen zugewiesen werden. Der Entsiegelung kann dabei in jedem Fall die höchste Wertstufe zugeordnet werden, womit nicht nur dem ökologischen Wert Rechnung getragen wird, sondern auch der zusätzliche Aufwand eines Rückbaus im Vergleich zu anderen Ersatzmassnahmen einbezogen wird. Dieses System wird in Baden-Württemberg bezogen auf das „Schutzgut Boden“ und dessen Eigenschaften „Natürliche Bodenfruchtbarkeit“, „Ausgleichskörper im Wasserkreislauf“ und „Filter und Puffer für Schadstoffe“ angewandt (LUBW 2011). Für die Diskussion einer Integration in alternative, flächenunabhängige Kompensations- und Finanzierungssysteme sei auf Kapitel 5.4.3 verwiesen.

Die Frage nach Realersatz oder angemessenem Ersatz kann auch auf die Unterscheidung zwischen starker und schwacher Nachhaltigkeit nach Döring & Ott (2001) übertragen werden. Während im Sinne der starken Nachhaltigkeit das „Naturkapital über die Zeit hinweg konstant gehalten werden soll“ (Döring & Ott 2001), besteht beim Konzept der schwachen Nachhaltigkeit die Möglichkeit der Substitution. Ziel dabei ist es, lediglich „den Durchschnittsnutzen (...) des Menschen dauerhaft zu erhalten“ (Döring & Ott 2001). Ein Verlust der landwirtschaftlichen Produktionsfunktion kann demnach durch

den Gewinn einer Naherholungsfläche substituiert und kompensiert werden (Tobias et al., im Druck). Diese Diskussion kann, wie Tobias et al. (im Druck) ausführen, aus verschiedenen Perspektiven geschehen. Aus der Sicht der Raumplanung ist im Sinne der starken Nachhaltigkeit zum einen eine Kompensation der Flächengrösse und zum anderen der gleichen Landnutzungen anzustreben (Tobias et al., im Druck). Im Falle der Entsiegelungsflächen im Kanton Glarus ist zumindest der erste Punkt nicht erfüllt. Die Rückbauflächen sind alle kleiner als die Versiegelungsfläche. Die gleiche Landnutzung kann im Falle einer landwirtschaftlichen Nutzung der Rückbauflächen hingegen wiederhergestellt werden. Wie in Abbildung 4-14 gesehen, zeigt das heutige Eternit Areal hinsichtlich des Naherholungspotenzials einen höheren Wert. Eine entsprechende Ausgestaltung und der resultierende gesellschaftliche Nutzen kann im Verständnis der schwachen Nachhaltigkeit also den Verlust der Landwirtschaftsleistung kompensieren. Eine weitere Perspektive ist jene des Bodenschutzes, wobei die Kompensation der Bodenfunktionen gefordert wird (Tobias et al., im Druck). Da bei den Fallbeispielen die Annahme besteht, dass der Boden der Versiegelungsfläche umgelagert wird, ist grundsätzlich das Prinzip der starken Nachhaltigkeit erfüllt. Die klimatischen Bedingungen insbesondere im Kanton Glarus sind aber nicht bei allen Fallstudienflächen gleich. So kann es sein, dass die Bodenfunktionen des wiederhergestellten Bodens nicht die selben sind und so die Nutzbarkeit trotz gleichem Boden unterschiedlich ist (Tobias et al., im Druck). Tobias et al. (im Druck) folgern deshalb, dass zur Erfüllung der starken Nachhaltigkeit in Bezug auf die Bodenfunktionen auch weitere Faktoren, wie die Exposition oder die Geomorphologie beim Entsiegelungsstandort berücksichtigt werden müssen. Durch den veränderten Klimaeinfluss auf den umgelagerten Boden kann sich am Entsiegelungsstandort aber auch ein neues Bodenökosystem bilden, was unter Umständen als Gewinn für den Standort gewertet werden kann. Dieser Fall erfüllt das Prinzip der schwachen Nachhaltigkeit. Die Frage nach starker oder schwacher Nachhaltigkeit kann schliesslich auch aus der Perspektive der „intergenerationellen Gerechtigkeit“ (Tobias et al., im Druck) betrachtet werden. Gesellschaftliche Ansprüche können sich wandeln und damit die Wertvorstellung gegenüber bestimmten Landnutzungen verändern (Tobias et al., im Druck). Die Ausrichtung der landwirtschaftlichen Produktion im Kanton Glarus kann sich ändern, wodurch eine nur als Mähwiese zu nutzende Brachfläche in Linthal trotzdem in Wert gesetzt werden kann. Dies macht es umso schwieriger den Entscheid für eine bestimmte Kompensationsart mit Blick in die Zukunft zu treffen.

Der räumlich-funktionale Zusammenhang

Als Bedingung der qualitativ gleichwertigen jedoch standortgelösten Ersatzmassnahme im Sinne der Eingriffsregelung gilt, dass der Ort des Eingriffs und derjenige der Kompensationsmassnahme in der gleichen Gegend liegen und gebietstypisch und ökologisch sinnvoll sein muss. Damit wird angestrebt, dass das Gleichgewicht im Landschaftshaushalt des spezifischen Raumes fortbesteht (Kägi et al. 2002). Es fragt sich, ob dieser gebietsspezifisch enge Fokus auch bei einer Ersatzleistung mittels Entsiegelung sinnvoll ist oder ob er auf eine regionale, kantonale oder gar schweizweite Ebene ausgedehnt werden

sollte. Die Fallstudien zeigen, dass beispielsweise im Falle der landwirtschaftlichen Produktion im jeweiligen Kanton Flächen mit einem Potenzial in der Grössenordnung der verlorene Fläche bestehen. Der räumlich-funktionale Zusammenhang ist insbesondere bei den Fallstudienflächen im Kanton Glarus zu beobachten. Je näher die Flächen zu einander liegen, desto besser kann der Eingriff im Funktionsgefüge ausgeglichen werden und desto höher ist demnach auch die Eignung der Ersatzfläche. Die Verteilung der Potenziale zur Wiederherstellung von Ökosystemleistungen in der gesamten Schweiz zeigt jedoch, dass eine Ausweitung des Betrachtungsrahmens im Sinne einer Maximierung der Kompensationsleistung bei einem Realersatz ebenfalls zweckmässig ist. So macht die Kompensation einer Neubaufäche im Kanton Glarus durch den Rückbau einer Brachfläche im Aargau hinsichtlich der landwirtschaftlichen Produktionseignung rein theoretisch Sinn. Die umgekehrte Kompensationsrichtung ist entsprechend für das Habitatpotenzial gegeben. Ob die Ersatzmassnahme im umliegenden Gebiet geschehen soll oder ob auch in einem grösseren räumlichen Rahmen Möglichkeiten in Betracht gezogen werden können, hängt jedoch nicht alleine vom Potenzial ab. Auch die Charakteristika der einzelnen Ökosystemleistungen geben einen Hinweis auf die Ausgestaltung des möglichen Betrachtungsrahmens. Je nach Lebensraum, der bei der Eingriffsfläche verloren geht und den damit assoziierten Tier- und Pflanzenarten kann es sein, dass sich dieser nur in einem räumlich begrenzten Gebiet aufrechterhalten kann. Bei einer auf Realersatz bedachten Kompensation ausserhalb des Funktionsradius ist es demnach schwieriger eine geeignete Entsiegelungsfläche zu finden, die einen Beitrag zur Erhaltung des spezifischen Lebensraums und der Tier- und Pflanzenarten leistet. Ähnlich erweist es sich bei der naherholungsfunktionalen Eignung einer Fläche. Die Überbauung einer diesbezüglich wertvollen Fläche geht unmittelbar zu Lasten der Lokalbevölkerung. Diese kann mit einer entsprechenden Erschliessung und Ausgestaltung einer Kompensationsfläche am anderen Ende der Schweiz für ebendiese Bevölkerungsgruppe nicht abgegolten werden. Für eine Ausgleichswirkung im Wasserkreislauf ist eine Fläche in demselben Wassereinzugsgebiet zu berücksichtigen, „um den räumlich-funktionalen Zusammenhang herzustellen“ (UM 2006).

Anders sieht es bei der landwirtschaftlichen Produktion aus, wenn man eine grossmassstäbliche Sicht auf die Ernährungssicherheit des Landes einnimmt. Bei einer hypothetischen Kompensation einer wenig geeigneten Fläche des Kantons Glarus durch eine im Kanton Aargau wird, wie beschrieben, sogar eine Steigerung der Produktion insgesamt erreicht. Derselbe Gedanke wird in Deutschland auch in der Arbeitshilfe zur naturschutzrechtlichen Eingriffsregelung von Baden-Württemberg aufgegriffen. So wird festgehalten, dass die unmittelbare Nähe zum Eingriffsort für den Ausgleich verlorener Leistungen des Bodens weniger bedeutsam ist, als beim Ausgleich von Eingriffen in die Tier- und Pflanzenwelt oder auch das Landschaftsbild (UM 2006). Jedoch ist dieser Gedanke so nicht in allen Dimensionen erfasst. Heruntergebrochen auf das Individuum, verliert auch hier ein Bauernbetrieb einen Teil seines Landes. Dabei ist ein Ersatz im Kanton Aargau nicht zielführend. Kleinräumige Ansprüche werden hier geltend gemacht.

Ferner erhält dieser Ansatz auch eine grossräumige politische Komponente, indem entgegen des Bestrebens der neuen Regionalpolitik (NRP) des Stärkens der Wettbewerbsfähigkeit strukturschwächerer Gebiete (SECO 2014), empfundene Ungerechtigkeiten zwischen Regionen gefördert werden können. Kompensiert man eine Versiegelung im Mittelland mit einer Entsiegelung im Berggebiet, kann argumentiert werden, dass durch den Verlust einer Industrie- oder Gewerbefläche die wirtschaftliche Entwicklungsmöglichkeit des Berggebiets zugunsten einer ohnehin starken Region weiter herabgesetzt wird. Um dem entgegenzuwirken oder die strukturschwachen Gebiete sogar zu stärken, kann ein Instrument in Betracht gezogen werden, das in Zusammenhang mit dem Konzept der Ökosystemleistungen aufkam (Escobar et al. 2013). Die Abgeltung von Ökosystemleistungen (engl.: Payment for Ecosystem Services, PES) ist ein marktbasierter Ansatz, bei dem Landnutzer für die Bereitstellung von Ökosystemleistungen vergütet werden (Escobar et al. 2013). Das Ziel ist dabei sowohl der Schutz der natürlichen Ressourcen, als auch die Unterstützung der meist ruralen Bevölkerung (Ingram et al. 2014). Im Falle einer Entsiegelung kann der Flächeneigentümer also bestehen bleiben und kann anstelle des allfälligen Verlustes wirtschaftlicher Möglichkeiten für die ökologische Nachnutzung abgegolten werden. Untersuchungen zeigen, dass die ökologischen wie auch sozialen Ziele der PES erreicht werden können (Escobar et al. 2013; Ingram et al. 2014) und damit die Entsiegelung auch in strukturschwachen Regionen wirtschaftliche Bedeutung erhalten können.

5.4.2 Hindernisse, Konflikte und Wertewandel

Wie in dieser Arbeit einleitend erwähnt, kann gerade bei Flächen, wo das wirtschaftliche Entwicklungspotenzial beschränkt ist, der Rückbau in den Vordergrund rücken. Bei wirtschaftlich attraktiven Flächen können die anderen Umnutzungsmöglichkeiten einen Rückbau jedoch unter Umständen erschweren. In der Tendenz hat man gesehen, dass, unter Berücksichtigung der Ausnahmen, im Mittelland über alle Leistungen gesehen, ein höheres Potenzial zur Wiederherstellung von Ökosystemleistungen besteht. In diesem Sinne kann behauptet werden, dass sich die Rückbauprojekte in diesem Raum am meisten anbieten. Klar scheint aber auch, dass wegen der ebenfalls hohen wirtschaftlichen Eignung stärker für einen Rückbau argumentiert werden muss, als in anderen Teilen der Schweiz. Allgemein ist der Urbanisierungsdruck der letzten Jahrzehnte im Mittelland am höchsten (BAFU 2013a). Zudem zeigen die Resultate dieser Arbeit (vgl. Kapitel 4.3), aber auch jene des Branchenreportings von 2008 (ARE 2008), dort ein höheres ökonomisches Potenzial für die Brachflächen. Grundsätzlich geht das Branchenreporting davon aus, dass rund zwei Drittel der Brachen von einer „günstigen Immobilienmarktsituation“ (ARE 2008) profitieren dürften. Viele Flächen wurden vormals als Produktionsstätten genutzt und waren dadurch auf eine zweckmässige Transportinfrastruktur angewiesen. Von dieser Grundausstattung kann nun auch eine wirtschaftliche Revitalisierung profitieren. Nimmt man das Fehlen der wirtschaftlichen Entwicklungsmöglichkeiten als Kriterium für einen Rückbau einer Brachfläche stellt man fest, dass auf diesen Flächen auch die Ökosystemleistungspotenziale eher gering sind. Es kann, wie in Kapitel 5.2 dargelegt, zwar nicht festgehalten werden, dass überhaupt kein hohes Potenzi-

al für eine einzelne Ökosystemleistung besteht, doch sind tendenziell weniger Leistungen hoch eingeschätzt. Auch bei Brachflächen, wo geringe Konflikte mit wirtschaftlicher Nachnutzung zu erwarten sind, bestehen Hindernisse für die Realisierung eines Rückbaus. Gleichzeitig ist auch ein blosses Potenzial zur Wiederherstellung von Ökosystemleistungen keine Garantie für eine Realisierung des Rückbaus. Bauten auf brachliegenden Arealen oder Teile davon können durch unterschiedliche föderale Ebenen denkmalgeschützt sein (vgl. Anhang A für behandelte Brachflächen), wodurch ein Veränderungsverbot, eine Wiederherstellungs- und teilweise eine Unterhaltungspflicht folgt (Waldmann 2003) und damit zum heutigen Rechtsstand ein Rückbau verhindert werden kann. Auch wenn hier in der Arbeit nicht behandelt, ist ferner die Betrachtung der Frage nach dem Umgang mit allfälligen Altlasten im Boden essentiell. Ein Modell von Siikamäki & Wernstedt (2008) impliziert, dass die Entwicklung eines Areal mit einer bekannten Altlast weniger wahrscheinlich ist, als für unbelastete Grundstücke. Dies gilt auch, wenn die Remediationskosten bekannt und kontrolliert sind. Je nach definierter Nachnutzung werden diesbezüglich unterschiedliche Ansprüche hinsichtlich des Grads der Sanierung und demnach auch der Remediationstechniken gestellt. Für weiterführende Informationen zum Brachflächenrückbau im Zusammenhang mit stofflichen Belastungen sei auf De Sousa (2003) verwiesen. Weiter entsteht ein nutzungsrechtlicher und –planerischer Aufwand. Um die Zonenkonformität zu gewährleisten, zieht eine Umwandlung eines Areals, mit vormals industrieller in eine neu landwirtschaftlich genutzte Fläche, eine Anpassung des kommunalen Nutzungsplans nach sich. Die der Bauzone zugewiesene Fläche, muss ausgezont und der Landwirtschaftszone zugewiesen werden. In diesem Zusammenhang muss auch geklärt werden, inwiefern die im Sinne einer Kompensationsmassnahme rückgebaute Fläche und ihre neue Nutzungsart planerisch gesichert werden kann. So ist es nicht zielführend, wenn die Fläche einige Jahre danach wiederum eingezont und überbaut wird.

Diese Hindernisse und offenen Fragen führen zur Erkenntnis, dass der Entsiegelungsgedanke in der Praxis in der Schweiz nicht von heute auf morgen umgesetzt werden kann. Denn die grundlegende Problematik liegt in einer Haltung, zu deren Lösung ein Umdenken bzw. ein Wertewandel in der Gesellschaft nötig ist. So sind Diskussionen um den Denkmalschutz, den Einsatz finanzieller Mittel und die standorttechnische Ausrichtung einer Region Fragen, die für die Priorisierung der Möglichkeiten beantwortet werden müssen. Eine ganzheitliche Betrachtung, welche ökologische Kriterien gleich gewichtet wie die restlichen ist notwendig. Dazu zählt auch die Kostenwahrheit. Würden ökologische Werte vollumfänglich in das ökonomische System integriert, d.h. sämtliche externen Kosten internalisiert, würden wohl viele Entscheidungen anders getroffen und die Kosten eines Rückbaus würden zu einem grossen Teil relativiert. Zur selben Einsicht kommen auch die Behörden aus Deutschland, welche festhalten, dass zur Förderung von Rückbaumassnahmen vor allem auch mit Fokus auf den ökologischen Nutzen, „die ökonomischen Anreize stärker kommuniziert sowie das Bewusstsein über den ökologischen Wert des Flächenpotenzials gefördert werden“ (BMVBS/BBR 2009) muss. Eine Schwerpunktlegung auf die ökonomischen und menschbezogenen Ziele bedeutet keine generelle Nicht-

Berücksichtigung ökologischer Kriterien. Vielmehr ergibt sich daraus, gemäss De Sousa (2004), eine bessere Position, um Geldgeber im Sinne einer übergeordneten Planungsstrategie zu überzeugen.

5.4.3 Mögliche Finanzierungsansätze

Die Ausführungen zur Umsetzung von Entsiegelungsmassnahmen im Ausland haben gezeigt, dass das Behandeln der Finanzierungsfrage unumgänglich ist. Dieser Aspekt ist nicht das eigentliche Thema der vorliegenden Arbeit und wird deshalb nur sehr grob behandelt. Trotzdem erachte ich es als wichtig, einige Punkte insbesondere in Bezug auf die Schweiz zu erwähnen.

Wie in Kapitel 4.1.2 dargelegt, wird der Rückbau von Arealen im Ausland auf verschiedene Art und Weise als entscheidender Teil in Kompensationssysteme integriert. Auf der einen Seite im flexiblen Rahmen eines Finanzierungsfonds wie in Toronto oder dem Öko-Konten-Ansatz in verschiedenen Regionen Deutschlands, auf der anderen Seite als festes Instrument, um einen Maximalwert der Versiegelung nicht zu überschreiten wird. Dies nach dem Motto: „Entsiegelung bei Neuversiegelung“. Im zweiten Fall und vor dem Hintergrund der Ausführungen in den zwei vorangegangenen Teilkapiteln, stellt sich die Frage, inwiefern es zweckmässig ist, lediglich die Quantität der Fläche für die Kompensation zu berücksichtigen. Genauere Angaben zur Auswahl der Entsiegelungsflächen in Dresden wurden in der Literatur zwar nicht gefunden, doch weist die Zielsetzung eines maximalen Versiegelungswertes auf die flächenbezogene Fokussierung hin. Um eine gesamtheitliche Auswahl zu erreichen, müssen auch das Potenzial und die gebietsspezifische Nachfrage nach verschiedenen Ökosystemleistungen berücksichtigt werden, wobei unter Umständen flächenmässig keine eins zu eins Kompensation nötig wird. In diesem Sinne sind die beschriebenen Ökokonten-Systeme zielführender. Auch in der Schweiz wurden hinsichtlich der Praxis von Wiederherstellung und Ersatzleistung sogenannte Poolösungen diskutiert, die sich von einer projektbezogenen Behandlung der Fälle lösen und eher ökologie- und ökonomiebezogen sind (Kägi et al. 2002). Dies bietet sich für den Rückbau als Kompensationsmassnahme gut an. Ob hierbei spezifische Rückbaupools geschaffen werden oder der Rückbau als eine daraus resultierende Ersatzmassnahme gelten soll, muss weiter diskutiert werden. Beim Ansatz des Flächenpools, wo durch die öffentliche Hand (in Deutschland auch durch spezialisierte Zwischenunternehmen) in Frage kommende Flächen erworben und als Vorrat verwendet werden (quasi ein Kataster zu entsiegelnder Brachflächen), wird insbesondere dem Problem der fehlenden Kenntnis über potenzielle Ersatzflächen entgegengewirkt (Kägi et al. 2002). Gemäss Erfahrungen aus Deutschland dies eines der Haupthindernisse beim Rückbau dar (SenStadt 2012). Beim Massnahmenpool bestehen bereits, wiederum durch eine Zwischeninstanz geplant, umsetzungsreife Revitalisierungsprojekte, welche der Ersatzpflichtige übernehmen oder sich finanziell beteiligen kann (Kägi et al. 2002). Dieser Ansatz ermöglicht es, Grossprojekte durch eine geteilte Finanzierung zu realisieren, was dem zum Teil hohen finanziellen Aufwand von Rückbauprojekten entgegenkommt. Bei der dritten von Kägi et al. (2002) präsentierten Idee des Ersatzmassnahmenfonds, löst sich der Ersatzpflichtige komplett von einem Ersatzprojekt und zahlt stattdessen einen Geldbetrag in einen Fonds ein, mit welchem das zuständige

Zwischenorgan anschliessend Aufwertungsmassnahmen durchführen kann (Kägi et al. 2002). Insbesondere bei den zwei letztgenannten Poolansätzen ergibt sich der Nachteil der herabgesetzten Identifikation des Ersatzpflichtigen mit dem Grundgedanken einer Ersatzmassnahme (Kägi et al. 2002), doch begegnen diese Ansätze vielen der beschriebenen Schwierigkeiten eines Rückbaus. Ferner liefert genau dieser Punkt auch durch die Entkoppelung zeitlicher und projektspezifischer Abhängigkeiten eine Flexibilität in der Umsetzung. Auf welcher föderalen Einheit ein solcher Pool für den Rückbau geschaffen werden sollte, zieht wiederum die Gedanken in Kapitel 5.4.1 mit ein. Es wäre jedoch durchaus denkbar, einen schweizweiten Pool zu schaffen und gleichzeitig den Ersatzradius trotzdem regional oder kantonal anzusetzen. So ist es denkbar, die Industriebrachen-Plattform des BAFU (www.brache.areale.ch) um eine Dimension zu erweitern und nebst einer Anpreisung für eine wirtschaftlich orientierte Nachnutzung gleich auch die naturräumlichen Potenziale anzuzeigen. Es kann so auf den jeweiligen Nutzen einer Entsiegelung aufmerksam gemacht werden. Auch ein Einbezug der von Hepperle & Stoll (2006) genannten Bodenbörse, wobei abgetragenes Bodenmaterial an Bodensuchende vermittelt wird, ist denkbar.

6 Schlussfolgerungen

6.1 Erkenntnisse

Entsiegelungspraxis in der Schweiz und im Ausland

Die Thematik der Flächenentsiegelung wird in der Schweiz bis dato nur marginal behandelt. Zum einen bestehen keine reglementarischen Rahmenbedingungen, welche entsprechende Massnahmen begünstigen würden, zum anderen findet sie daraus folgend in der Praxis nur vereinzelt auf projektspezifischer Ebene Anwendung. Anders sieht die Situation in den USA und insbesondere in Europa aus, wo der Rückbau seit längerem als offizielles Mittel im proaktiven Bodenschutz angesehen wird. Angetrieben durch das Brachfallen von Flächen infolge wirtschafts- und bevölkerungsstruktureller Veränderungen, wird das Ziel verfolgt, auf den ungenutzten Flächen neue nicht bauliche Nutzungen zu etablieren. Quartiere werden auf diese Art aufgewertet und es wird ein Beitrag zum Schutz der natürlichen Lebensgrundlagen erreicht. Damit wird, infolge der Entsiegelung, ein gesellschaftlicher Nutzen erreicht. Häufig sind die Rückbauprojekte auch Teil grösserer Kompensationsprogramme und gelten so als Ersatzmassnahmen für anderweitige Neubauprojekte. Entsprechend dem Ansatz dieser Arbeit und dem Konzept der Ökosystemleistungen werden die Ziele der Projekte oft mit einem menschbezogenen Fokus definiert. Auch wird eine multifunktionale Ausgestaltung der Nachnutzung vielfach als Mittel zur erfolgreichen Positionierung der Projekte benutzt. Gerade im urbanen Umfeld ist die Anlage von Grünflächen für die erholungsfunktionale Versorgung der häufigste Typ der Nachnutzung. Damit verbunden ist immer auch eine Aufwertung des Stadtbildes und der Attraktivität der Quartiere. Als weitere Ziele gelten aber auch die Hochwasserregulierung und das Erstellen von Habitaten für Tiere und Pflanzen. Für die Finanzierung eines Rückbaus existieren verschiedene innovative Finanzierungsansätze, wie die Abgeltung von Ökosystemleistungen oder Poollösungen im Rahmen von Ersatzmassnahmen. Diese Ansätze werden entweder im Ausland bereits angewandt oder bestehen in der Schweiz für verwandte Thematiken.

Methodik zur Beschreibung der Ökosystemleistungspotenziale

In der vorliegenden Arbeit wurde eine Methodik zur Abschätzung des Potenzials zur Wiederherstellung verschiedener Ökosystemleistungen auf zwei verschiedenen räumlichen Ebenen erarbeitet. Dabei handelt es sich nicht um den Ansatz eines flächenhaften „Mappings“ von Ökosystemleistungen und dem anschliessenden Verorten der Flächen darin. Vielmehr werden regionale Faktoren mit arealspezifischen Attributen ergänzt. Die Berücksichtigung der Leistung für einen derzeit nicht bestehenden Zustand der Brachflächen stellte dabei eine Unsicherheit dar und führte zur Nichtberücksichtigung relevanter Ökosystemleistungen, wie bspw. der Klimaregulierung. Auch Fragen der Gewichtung einzelner Indikatoren sowie die Klassierung derer Potenzialwerte stellten Herausforderungen dar.

Ökosystemleistungspotenziale der Brachflächen in der Schweiz

Die Ergebnisse zeigen auf, dass in der Schweiz das Potenzial von Brachflächen für eine Umnutzung mit dem Planungsziel der Wiederherstellung von Ökosystemleistungen (Landwirtschaft, Naherholung, Wahrgenommene Schönheit der Landschaft, Wasserregulierung, Biodiversität) vorhanden ist. Dieses kann sich in Zukunft, aufgrund klimatischer und landnutzungstechnischer Veränderungen, tendenziell sogar noch vergrössern. Weder kann eine der betrachteten Leistungen ganz für eine Nachnutzung ausgeschlossen werden, noch besteht eine Brachfläche, wo das Potenzial keiner Leistung vorhanden ist. Es kann deshalb festgehalten werden, dass bei der Frage nach der Zukunft einer Brachfläche der Rückbau in der Schweiz durchaus eine fundierte Alternative darstellt. Auch eine Berücksichtigung des Rückbaus als Kompensations- bzw. Ersatzmassnahme ist in Betracht zu ziehen. Für die Auswahl der richtigen Brachfläche gilt es jedoch, das Wiederherstellungsziel genau zu definieren, die Spezifika der einzelnen Ökosystemleistungen zu berücksichtigen und den räumlich-funktionalen Bezug entsprechend zu wählen. Weiter ist, nebst dem ökologischen Potenzial, auch die gesellschaftliche Nachfrage mit einzubeziehen. Im Ausland und in der Schweiz gibt es verwandte Anwendungen, die bei einer konkreten Umsetzung beigezogen werden können.

Konkrete Chancen der Umsetzung

Welche Nachnutzung auf einer Brachfläche schliesslich etabliert wird, ist nicht zuletzt eine Frage der Gewichtung unterschiedlicher Interessen. Es hat sich gezeigt, dass insbesondere im Mittelland, wo der Siedlungsdruck wohl auch in Zukunft am grössten ist, die Faktoren, die zum wirtschaftlichen Potenzial beitragen, in der Schweiz tendenziell am besten ausgeprägt sind. In diesen Gebieten besteht gleichzeitig auch eine relativ grosse Vielfalt an hohen Potenzialen von Ökosystemleistungen. Es kann gefolgert werden, dass in diesen Gebieten, im Vergleich zu entlegenen Regionen mehr für eine Entsiegelung der Brachflächen argumentiert werden muss. Gerade dort ist die Zahl der Personen, die Ökosystemleistungen nachfragen und damit von einer Entsiegelung profitieren aber bedeutend.

6.2 Ausblick

Die vorliegende Arbeit gibt Aufschlüsse über verschiedene Bereiche der Rückbauthematik im Zusammenhang mit der Schweiz. Der gewählte Ansatz stellt jedoch nicht den Anspruch, als 1:1-Ersatz einer individuellen Evaluation im Gelände und pro Projekt zu gelten. Vielmehr stellt er eine Erstbewertung des Potenzials und eine erste Unterstützung in der Entscheidungsfindung dar. Gerade vor dem Hintergrund des vorhandenen Potenzials scheint klar, dass im Hinblick auf eine allfällig breitere Umsetzung in der Praxis weiter offene Fragen bestehen, die Anlass zu weiteren Forschungsprojekten in diesem Gebiet geben.

- Die ökosystemleistungsbezogene Abschätzung des Brachflächenpotenzials ist nur eine Seite der ausschlaggebenden Faktoren für eine Berücksichtigung der Fläche für den Rückbau. Der flächen-

spezifische Mobilisierungsaufwand (Besitzverhältnisse, technische Machbarkeit des Rückbaus, zeitliche Umsetzung) muss ebenfalls in Betracht gezogen werden. Hierzu besteht bis dato jedoch keine Übersicht für die Schweiz. Hinsichtlich dieser und möglicher weiterer Schwierigkeiten auf planerischer und rechtlicher Ebene muss weiter abgeklärt werden, inwiefern der Rückbau in bestehende Reglementarien und Praktiken eingegliedert werden kann, beziehungsweise inwiefern unter Umständen auch eine Anpassung gewisser Vorschriften von Nöten ist.

- Was die Einbringung der Thematik in die politische Diskussion betrifft, ist eine klare Darlegung des heutigen Standes der Kenntnis zum technischen und finanziellen Aufwand eines Rückbaus und dem erzielten Wiederherstellungserfolg in Bezug auf unterschiedliche Ökosystemleistungen von Bedeutung. Verbunden mit dieser Thematik ist auch die Frage nach dem Umgang mit Altlasten. Welche Remediations- und Sicherungsmassnahmen existieren? Welche stofflichen Belastungen schliessen welche Nachnutzungen aus, beziehungsweise welche Sicherungsmassnahmen wären für welche Nachnutzungen denkbar?
- Brachflächen aus Industrie, Gewerbe und Militär sind nur eine Art von Bodennutzungen, die eine Bodenversiegelung nach sich ziehen. Vorstellbar wäre auch die Abschätzung des Rückbaupotenzials für andere Landnutzungstypen. Gerade Strassen sind für derartige Projekte interessant, da sie meist bereits im Besitz der öffentlichen Hand sind.
- Die hier durchgeführte Potenzialabschätzung kann erweitert werden. Auf projektspezifischer Ebene wäre eine Ergänzung der Potenzialabschätzung mit sozialwissenschaftlichen Faktoren basierend auf Befragungen bzgl. der Wahrnehmung von Brachflächen, der Wichtigkeit von Indikatoren oder der geeigneten Nachnutzung interessant. Weiter könnten basierend auf der erarbeiteten Methodik zukünftige Potenziale modelliert werden.
- Nicht zuletzt sollte zur besseren Systemkenntnis weiterhin Forschung in diesem Bereich betrieben werden. Wichtig ist dabei insbesondere das Feststellen des Potenzials verschiedener Böden, unterschiedliche Funktionen wahrzunehmen und das Schaffen von diesbezüglichen Qualitätsmerkmalen (Hepperle & Stoll 2006). Ferner müssen die Auswirkungen der Versiegelung auf die Umweltbereiche und deren Folgeschäden auch nach einer ausgeführten Entsiegelung verstanden werden. Die Bewahrung der Bodeneigenschaften unter der Versiegelungsdecke würde es erlauben, den Boden nach einer Landnutzungsänderung grossteils wiederherzustellen (Burghardt 2006). Erkenntnisse in diese Richtung sind die Voraussetzung für eindeutige Rückschlüsse auf die effektive Wiederherstellbarkeit von Ökosystemleistungen.

7 Quellen

7.1 Literatur

- Ackerman, D. & Stein, E. D. 2008: Estimating the Variability and Confidence of Land Use and Imperviousness Relationships at a Regional Scale. *J Am Water Resour Assoc* **44**, 996-1008.
- AGIS (Aarg. Geographisches Informationssystem) 2014: Geoportal des Kantons Aargau. Online Karten. URL: https://www.ag.ch/de/dfr/geoportal/online_karten_agis/online_karten.jsp (Stand: 2014; Zugriff: 26.05.2014).
- Ahern, J.; Cilliers, S. & Niemelä, J. 2014: The concept of ecosystem services in adaptive urban planning and design: A framework for supporting innovation. *Landsc Urban Plan* **125**, 254-259.
- ALG (Abteilung Landschaft und Gewässer, Departement Bau, Verkehr und Umwelt des Kantons Aargau) 2013: Merkblatt Hochwasserschutz ausserhalb des Siedlungsgebiets. Freihaltegebiet Hochwasser. URL: https://www.ag.ch/de/bvu/umwelt_natur_landschaft/hochwasserschutz/ Gefahrenkarte_hochwasser/umsetzung_im_baubewilligungsverfahren/Umsetzung_im_Baubewilligungsverfahren.jsp (Stand: n.a.; Zugriff: 28.01.2014).
- Alker, S.; Joy, V.; Roberts, P. & Smith, N. 2000: The Definition of Brownfield. *J Environ Plann Man* **43**, 49-69.
- ARE (Bundesamt für Raumentwicklung) 1992: Sachplan Fruchtfolgeflächen (FFF). Festsetzung des Mindestumfanges der Fruchtfolgeflächen und deren Aufteilung auf die Kantone. URL: <http://www.are.admin.ch/sachplan/04910/index.html> (Stand: 09.07.2013; Zugriff: 19.11.2013).
- ARE (Bundesamt für Raumentwicklung) 2005: Raumentwicklungsbericht 2005. Bern. URL: <http://www.are.admin.ch/themen/raumplanung/00228/00275/> (Stand: 18.03.2005; Zugriff: 29.10.2013).
- ARE (Bundesamt für Raumentwicklung) 2006: Sachplan Fruchtfolgeflächen FFF. Vollzugshilfe 2006. URL: <http://www.are.admin.ch/sachplan/04910/index.html> (Stand: 10.04.2006; Zugriff: 20.11.2013).
- ARE (Bundesamt für Raumentwicklung) 2007: Umnutzung von Industrie- und Gewerbebrachen. Massnahmen zur Förderung. URL: http://www.are.admin.ch/dokumentation/publikationen/00018/00239/index.html?lang=de&download=NHzLpZeg7t,lnp6I0NTU04212Z6ln1acy4Zn4Z2qZpnO2Yuq2Z6gpJCDfHt_gGym162epYbg2c_JjKbNoKSn6A-- (Stand: 10.2007; Zugriff: 23.04.2014).
- ARE (Bundesamt für Raumentwicklung) 2008: Die Branchen der Schweiz. Reporting 2008. URL: <http://www.are.admin.ch/dokumentation/00121/00224/index.html?lang=de&msg-id=24040> (Stand: 15.12.2008; Zugriff: 29.10.2013).
- ARE (Bundesamt für Raumentwicklung) 2011: ÖV-Güteklassen. Berechnungsmethodik ARE. Grundlagenbericht für die Beurteilung der Agglomerationsprogramme Verkehr und Siedlung. URL: <http://www.are.admin.ch/themen/verkehr/00256/04271/index.html?lang=de> /Stand: 17.09.2013; Zugriff: 12.05.2014).
- ARE (Bundesamt für Raumentwicklung) 2013a: Analyse der Trends der Siedlungsflächenentwicklung im Mittelland, im Jura und in Teilen der Alpen. Auswertungen aus raumplanerischer Sicht auf Basis der Arealstatistik Schweiz des Bundesamts für Statistik. Update Datenstand September 2012. URL: <http://www.are.admin.ch/dokumentation/publikationen/00018/index.html?lang=de> (Stand: n.a.; Zugriff: 29.10.2013).

- ARE (Bundesamt für Raumentwicklung) 2013b: Siedlungsentwicklung nach innen. URL: <http://www.are.admin.ch/themen/raumplanung/00236/00420/index.html?lang=de> (Stand: n.a.; Zugriff: 29.10.2013).
- Auerswald, K. 1998: Bodenerosion durch Wasser. In: Richter, G. (Hrsg.): Bodenerosion. Analyse und Bilanz eines Umweltproblems. Darmstadt: Wissenschaftliche Buchgesellschaft, 33-42.
- AZ (Aargauer Zeitung) 2014: Das Reichholdareal erwacht aus seinem Dornröschenschlaf. URL: <http://www.aargauerzeitung.ch/aargau/brugg/das-reichholdareal-erwacht-aus-seinem-dornroeschenschlaf-128046983> (Stand: 04.06.2014; Zugriff: 17.06.2014).
- BAFU (Bundesamt für Umwelt) 2012a: Grundwasser. Fragen und Antworten. URL: http://www.bafu.admin.ch/grundwasser/07514/index.html?lang=de#sprungmarke0_19 (Stand: 25.10.2012; Zugriff: 28.01.2014).
- BAFU (Bundesamt für Umwelt) 2012b: Naturgefahren. Aquaprotect. URL: <http://www.bafu.admin.ch/naturgefahren/01916/06598/index.html?lang=de> (Stand: 21.08.2012; Zugriff: 18.12.2013).
- BAFU (Bundesamt für Umwelt) (Hrsg.) 2013a: Umwelt Schweiz 2013. Bern. 86 S.
- BAFU (Bundesamt für Umwelt) 2013b: Indikator Bodenversiegelung. URL: <http://www.bafu.admin.ch/umwelt/indikatoren/08611/08664/index.html?lang=de> (Stand: 14.06.2013; Zugriff: 12.11.2013).
- BAFU (Bundesamt für Umwelt) 2013c: GIS-Lärmdatenbank sonBASE. URL: <http://www.bafu.admin.ch/laerm/10312/10340/index.html?lang=de> (Stand: 10.05.2013; Zugriff: 16.01.2014).
- BAFU (Bundesamt für Umwelt) 2013d: Belastungsgrenzwerte für Lärm. URL: <http://www.bafu.admin.ch/laerm/10312/10995/?lang=de> (Stand: 19.04.2013; Zugriff: 17.01.2014).
- BAFU/BFS (Bundesamt für Umwelt/Bundesamt für Statistik) 2011: Umwelt Schweiz 2011. Bern und Neuchâtel. 101 S.
- BAKBASEL (BAK Basel Economics AG) 2013: Erreichbarkeit als Standortfaktor. Die regionale Erreichbarkeit in der Schweiz im Jahr 2012. Executive Summary. URL: http://www.bakbasel.ch/downloads/competences/location_factors/accessibility/bakbasel_erreichbarkeit_schlussbericht_phasev_2012_executive_summary.pdf (Stand: Juli 2013; Zugriff: 09.04.2014).
- Baral, H.; Keenan, R. J.; Sharma, S. K.; Stork, N. E. & Kasel, S. 2014: Economic evaluation of ecosystem goods and services under different landscape management scenarios. *Land Use Policy* **39**, 54-64.
- Bastian, O.; Grunewald, K. & Syrbe, R.-U. 2013: Klassifikation von ÖSD. In: Grunewald, K. & Bastian, O. (Hrsg.): Ökosystemdienstleistungen. Konzept, Methoden und Fallbeispiele. Springer-Verlag, Berlin, Heidelberg, 48-56.
- Beckwith, D.; Ciarametaro, C.; Dehner, M.; Rossiter, M. & Siew, J. 2007: Evaluation of Rainfall-Runoff Relationships to Develop Stormwater Reduction Strategies in South Coast Watersheds. Group Project Brief. Donald Bren School of Environmental Science & Management, University of California, Santa Barbara: URL: <http://www.bren.ucsb.edu/research/documents/StormwaterBrief.pdf> (Stand: n.a.; Zugriff: 02.12.2013).
- Belton, V. & Stewart, T. J. 2002: Multiple Criteria Decision Analysis. An Integrated Approach. Kluwer Academic Publishers, Norwell. 372 S.
- Bertiller, R.; Schwick, C.; Jaeger, J. 2007: Landschaftszerschneidung Schweiz. Zerschneidungsanalyse 1885-2002 und Folgerungen für die Verkehrs- und Raumplanung. ASTRA-Bericht, Bern. 142 S.

- BfN (Deutsches Bundesamt für Naturschutz) 2010: Urbane Wälder. Bezug zur Nationalen Biodiversitätsstrategie. URL: http://www.bfn.de/0304_urbane-waelder-pdm.html (Stand: 30.04.2010; Zugriff: 15.10.2013).
- BfN (Deutsches Bundesamt für Naturschutz) 2011: Eingriffsregelung. URL: http://www.bfn.de/0306_eingriffsregelung-ablauf.html (Stand: 26.07.2011; Zugriff: 21.10.2013).
- BFS (Bundesamt für Statistik) 1992: GEOSTAT. Benutzerhandbuch. /Ausgabe 11.2001. Bern.
- BFS (Bundesamt für Statistik) 2001: Bodennutzung im Wandel. Arealstatistik Schweiz. Neuchâtel. 104 S.
- BFS (Bundesamt für Statistik) 2010: Landschaft Schweiz im Wandel. Siedlungswachstum in der Schweiz. Neuchâtel. URL: <http://www.bfs.admin.ch/bfs/portal/de/index/news/publikationen.html?publicationID=4052> (Stand: 28.10.2010; Zugriff: 29.10.2013).
- BFS (Bundesamt für Statistik) 2011: Arealstatistik Schweiz. Zustand und Entwicklung der Landschaft Schweiz. Ausgabe 2011/12. Neuchâtel. URL: <http://www.bfs.admin.ch/bfs/portal/de/index/infotek/publ.html?publicationID=4319> (Stand: n.a.; Zugriff: 16.11.2013).
- BFS (Bundesamt für Statistik) 2012: Statistik der Bevölkerung und der Haushalte (STATPOP) 2011. GEOSTAT-Datenbeschreibung.
- BFS (Bundesamt für Statistik) 2013a: Die Bodennutzung in der Schweiz. Resultate der Arealstatistik. Neuchâtel. URL: http://www.bfs.admin.ch/bfs/portal/de/index/dienstleistungen/publikationen_statistik/publikationskatalog.html?publicationID=5397 (Stand: 22.11.2013; Zugriff: 22.01.2014).
- BFS (Bundesamt für Statistik) 2013b: Bevölkerungsstand und –struktur. Räumliche Verteilung: Agglomerationen, Stadt und Land. Ständige Wohnbevölkerung im städtischen und ländlichen Raum. URL: http://www.bfs.admin.ch/bfs/portal/de/index/themen/01/02/blank/key/raeumliche_verteilung/agglomerationen.html (Stand: n.a.; Zugriff: 27.11.2013).
- BIP (Biodiversity Indicators Partnership) 2011: Guidance for National Biodiversity Indicator Development and Use. UNEP World Conservation Monitoring Centre, Cambridge, UK. 40 S.
- Blume, H.-P.; Brümmer, G. W.; Horn, R.; Kandeler, E.; Kögel-Knabner, I.; Kretschmar, R.; Stahr, K. & Wilke, B.-M. 2010: Scheffer/Schachtschabel. Lehrbuch der Bodenkunde. 16. Auflage. Spektrum Akademischer Verlag, Heidelberg. 569 S.
- BMVBS (Bundesministerium für Verkehr, Bau und Stadtentwicklung) (Hrsg.) 2010: Stadtumbau vor neuen Herausforderungen. 4. Statusbericht der Bundestransferstelle Stadtumbau Ost. Berlin. 116 S.
- BMVBS/BBR (Bundesministerium für Verkehr, Bau und Stadtentwicklung/Bundesamt für Bauwesen und Raumordnung) (Hrsg.) 2007: 5 Jahre Stadtumbau Ost – eine Zwischenbilanz. Zweiter Statusbericht der Bundestransferstelle. Berlin. 113 S.
- BMVBS/BBR (Bundesministerium für Verkehr, Bau und Stadtentwicklung/Bundesamt für Bauwesen und Raumordnung) (Hrsg.) 2009: Renaturierung als Strategie nachhaltiger Stadtentwicklung. Ergebnisse des Forschungsprojektes. Werkstatt: Praxis, Heft 62, Bonn. 122 S.
- Bolund, P. & Hunhammar, S. 1999: Ecosystem services in urban areas. *Ecol Econ* **29**, 293-301.
- Bonan, G. B. 2002: Ecological Climatology. Cambridge University Press, Cambridge. 690 S.
- Boonstra, J. 1994: Estimating Peak Runoff Rates. In: Ritzema, H. P. (Hrsg.): Drainage Principles and Applications. ILRI Publications 16, 111-145.
- Bourassa, S. C.; Hoesli, M. & Sun, J. 2004: What's in a view? *Environ Plan A* **36**, 1427-1450.

- Boyd, J. & Banzhaf, S. 2007: What are ecosystem services? The need for standardized environmental accounting units. *Ecol Econ* **63**, 616-626.
- Brabyn, L. & Mark, D. M. 2011: Using viewsheds, GIS, and a landscape classification to tag landscape photographs. *Appl Geogr* **31**, 1115-1122.
- Breuste, J. (Eds.) 1996: Stadtökologie und Stadtentwicklung. Das Beispiel Leipzig. Analytica, Berlin. 352 S.
- Brunner, J.; Jäggli, F.; Nievergelt, J. & Peyer K. 1997: Kartieren und Beurteilen von Landwirtschaftsböden. Schriftenreihe FAL 24, Zürich.
- Bruns, E. & Köppel, J. 2003: Handlungsempfehlung zur Bewertung und Bilanzierung von Eingriffen im Freistaat Sachsen. Im Auftrag des Sächsischen Ministeriums für Umwelt und Landwirtschaft (SMUL). Fassung Mai 2009, Dresden. 84 S.
- Bruse, M. 2003: Stadtgrün und Stadtklima. Wie sich Grünflächen auf das Stadtklima auswirken. *LÖBF-Mitteilungen* **1**, 66-70.
- Buchecker, M.; Degenhardt, B. & Kienast, F. 2012: Was für Muster finden sich im Naherholungsverhalten der Schweizer? Grundlagen für ein Stiefkind der Planung. *Inf.bl Landsch* **86**, 1-5.
- Buchecker, M.; Kienast, F.; Degenhardt, B.; Widmer, S. & Moritzi, M. 2013: Naherholung räumlich erfassen. *Merkbl Prax* **51**, 1-8.
- Burger, J. 2000: Integrating Environmental Restoration and Ecological Restoration: Long-Term Stewardship at the Department of Energy. *Environ Manage* **26**, 469-478.
- Burghardt, W. 2006: Soil sealing and soil properties related to soil sealing. In: Frossard, E.; Blum, W. E. H. & Warkentin, B. P. (Hrsg.): Function of Soils for Human Societies and the Environment. Geological Society Special Publication 266. Geological Society, London, 117-124.
- Burkhard, B.; Petrosillo, I. & Costanza, R. 2010: Ecosystem services. Bridging ecology, economy and social sciences. *Ecol Complexity* **7**, 257-259.
- Burkhard, B.; Kroll, F.; Nedkov, S. & Müller, F. 2012: Mapping ecosystem service supply, demand and budgets. *Ecol Indic* **21**, 17-29.
- Burrough, P. A. & McDonnell, R. 2005: Principles of geographical information systems. Oxford University Press, New York. 333 S.
- BUWAL (Bundesamt für Umwelt, Wald und Landschaft) 2001: Grundlagenbericht für die Richtlinie „Planung und Bau von Wildtierpassagen an Verkehrswegen“. URL: <http://www.bafu.admin.ch/biodiversitaet/10372/10396/10397/index.html?lang=de> (Stand: 08.08.2006; Zugriff: 25.02.2014).
- BUWAL (Bundesamt für Umwelt, Wald und Landschaft) 2004: Wegleitung Grundwasserschutz. Vollzug Umwelt. Bern. 141 S..
- Byrne, L. B. 2007: Habitat structure. A fundamental concept and framework for urban soil ecology. *Urban Ecosyst* **10**, 255-274.
- Caldwell, D. R. ; Mineter, M. J.; Dowers, S. & Gittings, B. M. 2003: Analysis and Visualization of Visibility Surfaces. Proceedings of the 7th International Conference on GeoComputation. University of Southampton, UK. 9.-10. September 2003.
- Canters, F.; Batelaan, O.; Van de Voorde, T.; Chormanski, J. & Verbeiren, B. 2011: Use of impervious surface data obtained from remote sensing in distributed hydrological modelling of urban areas. In: Yang, X. (Hrsg.): Urban Remote Sensing. Monitoring, Synthesis and Modeling in the Urban Environment. John Wiley & Sons Ltd, Chichester, UK, 255-273.

- Choumert, J. & Salanié, J. 2008: Provision of Urban Green Spaces. Some Insights from Economics. *Landsc Res* **33**, 331-345.
- Chow, V. T.; Maidment, D. R. & Mays, L. W. 1988: Applied Hydrology. Civil Engineering Series. McGraw-Hill International Editions. 537 S.
- CH2011 2011: Swiss Climate Change Scenarios CH2011, herausgegeben von C2SM, MeteoSwiss, ETH, NCCR Climate und OcCC, Zürich. 88 S.
- CH2014-Impacts 2014: Toward Quantitative Scenarios of Climate Change Impacts in Switzerland, herausgegeben von OCCR, BAFU, MeteoSwiss, C2SM, Agroscope und ProClim. Bern. 136 S.
- Cordillot, F. & Klaus, G. 2011: Gefährdete Arten in der Schweiz. Synthese Rote Listen, Stand 2010. Bundesamt für Umwelt, Bern. Umwelt-Zustand Nr. 1120. 111 S..
- CSCF (Centre Suisse de Cartographie de la Faune) 2014: Melanargia galathea. CSCF-karch. Verbreitungskarten Tierarten. URL : <http://lepus.unine.ch/carto/index.php?nuesp=31249&rivieres=on&lacs=on&hillsh=on&year=1990> (Stand: 18.03.2014; Zugriff: 18.03.2014).
- Daily, G. C. & Matson, P. A. 2008: Ecosystem services. From theory to implementation. *Proc Natl Acad Sci U.S.A.* **105**, 9455-9456.
- DAMG/BEV/EAMG/PTB (Amt für Standardisierung, Messwesen und Warenprüfung der DDR; Bundesamt für Eich- und Vermessungswesen, Österreich; Eidg. Amt für Mass und Gewicht, Schweiz; Physikalisch-Technische Bundesanstalt, BRD) (Hrsg.) 1977: SI Das Internationale Einheitssystem. Übersetzung der vom Internationalen Büro für Mass und Gewicht herausgegebenen Schrift „Le Système International d’Unités (SI)“. Anhang 1. 3. Auflage. Springer Fachmedien, Wiesbaden. 58 S.
- Dams, J.; Batelaan, O.; Nossent, J. & Chormanski, J. 2009: Improving hydrological model parameterisation in urbanised catchments: Remote sensing derived impervious surface cover maps. In: Feyen, J.; Shannon, K. & Neville, M. (Hrsg.): Water and Urban Development Paradigms. Towards an Integration of Engineering, Design and Management Approaches. CRC Press, Leiden, 712 S..
- Dams, J.; Dujardin, J.; Reggers, R.; Bashir, I.; Canters, F. & Barelaan, O. 2013: Mapping impervious surface change from remote sensing for hydrological modeling. *J Hydrol* **485**, 84-95.
- DCNR (Pennsylvania Department of Conservation and Natural Resources) 2006: Brownfields to Green Spaces. URL: http://www.dcnr.state.pa.us/cs/groups/public/documents/document/d_001041.pdf (Stand: n.a.; Zugriff: 07.11.2013).
- Degenhardt, B.; Kienast, F. & Buchecker, M. 2010: Einflussfaktoren des Naherholungsverhaltens im periurbanen Raum. *Schweiz Z Forstwes* **161**, 75-80.
- Degenhardt, B.; Buchecker, M. & Kienast, F. 2012: Auswertungsprotokoll für Parameter 31b. Potenzielle Naherholungsgebiete um Siedlungen. LABES. Bundesamt für Umwelt BAFU.
- De Groot, R. S. 2006: Function-analysis and valuation as a tool to assess land use conflicts in planning for sustainable, multi-functional landscapes. *Landsc Urban Plan* **75**, 175-186.
- De Groot, R. S.; Alkemade, R.; Braat, L.; Hein, L. & Willemen, L. 2010: Challenges in integrating the concept of ecosystem services and values in landscape planning, management and decision making. *Ecol Complexity* **7**, 260-272.
- Deshmukh, D. S.; Chaube, U. C.; Hailu, A. E.; Gudeta, D. A. & Kassa, M. T. 2013: Estimation and comparison of curve numbers based on dynamic land use cover change, observed rainfall-runoff data and land slope. *J Hydrol* **492**, 89-101.

- De Sousa, C. A. 2003: Turning brownfields into green space in the City of Toronto. *Landsc Urban Plan* **62**, 181-198.
- De Sousa, C. A. 2004: The greening of brownfields in American cities. *Journal of Environmental Planning and Management* **47**, 579-600.
- De Sousa, C. A. 2005: Policy Performance and Brownfield Redevelopment in Milwaukee, Wisconsin. *Prof Geogr* **57**, 312-327.
- De Sousa, C. A. 2006: Unearthing the Benefits of Brownfield to Green Space Projects: An Examination of Project Use and Quality of Life Impacts. *Local Environment: The International Journal of Justice and Sustainability* **11**, 577-600.
- De Vries, S.; Verheij, R. A. ; Groenewegen, P. P. & Spreeuwenberg, P. 2003: Natural environments – healthy environments? An exploratory analysis of the relationship between greenspace and health. *Environ Plan A* **35**, 1717-1731.
- Di Giulio, M.; Holderegger, R. & Tobias, S. 2009: Effects of habitat and landscape fragmentation on humans and biodiversity in densely populated landscapes. *Environ Manage* **90**, 2959-2968.
- Döring, R. & Ott, K. 2001: Nachhaltigkeitskonzepte. *Zfwu* **2/3**, 315-339.
- Doick, K.J.; Sellers, G.; Hutchings, T. R. & Moffat, A. J. 2006: Brownfield sites turned green: realising sustainability in urban revival. In: Brebbia, C. A. & Mander, U. (Hrsg.): *Brownfields III. Prevention, Assessment, Rehabilitation and Development of Brownfield Sites*. WIT Press, Southampton, 131-172.
- Doick, K. J. & Hutchings, T. R. 2007: Greenspace Establishment on Brownfield Land. The Site Selection and Investigation Process. Information Note. Forestry Commission, Edinburgh. 1-20.
- Doick, K. J.; Sellers, G.; Castan-Broto, V. & Silverthorne, T. 2009: Understanding success in the context of brownfield greening projects: The requirement for outcome evaluation in urban greenspace success assessment. *Urban Forestry & Urban Greening* **8**, 163-178.
- Drayton, R. S.; Wilde, B. M. & Harris, J. H. K. 1992: Geographical Information System Approach to distributed Modelling. *Hydrol Process* **6**, 361-368.
- Earth Observatory 2008: Urban Heat Island. Baltimore, MD. URL: <http://earthobservatory.nasa.gov/IOTD/view.php?id=36227> (Stand: 20.12.2008; Zugriff: 24.11.2013).
- EC (European Commission) 2012a: Arbeitsunterlagen der Kommissionsdienststellen. Leitlinien für bewährte Praktiken zur Begrenzung, Milderung und Kompensierung der Bodenversiegelung. URL: <http://ec.europa.eu/environment/soil/pdf/guidelines/DE%20-%20Sealing%20Guidelines.pdf> (Stand: 15.5.2012; Zugriff: 19.11.2012).
- EC (European Commission) 2012b: Soil Sealing. In-depth Report. *Science for Environment Policy*. URL: <http://ec.europa.eu/environment/integration/research/newsalert/pdf/IR2.pdf> (Stand: Mai 2012, Zugriff: 22.10.2013).
- EEA (European Environment Agency) 2006: Urban sprawl in Europe. The ignored challenge. EEA Report 10, Kopenhagen, 56 S.
- EEA (European Environment Agency) 2010: The European Environment. State and Outlook 2010. Land Use. Kopenhagen, 48 S.
- EEA (European Environment Agency) 2013: Imperviousness. Copernicus Land Monitoring Services. URL: <http://land.copernicus.eu/pan-european/high-resolution-layers/imperviousness/view> (Stand: 09.12.2013; Zugriff: 27.01.2014).
- Eichholzer, M.; Lüthy, J. & Gutzwiller, F. 1999: Epidemiologie des Übergewichts in der Schweiz. Resultate der Schweizerischen Gesundheitsbefragung 1992/93. *Schweiz Med Wochenschr* **129**, 353-361.

- Eigenbrod, F.; Bell, V. A.; Davies, H. N.; Heinemeyer, A.; Armsworth, P. R. & Gaston, K. J. 2011: The impact of projected increases in urbanization on ecosystem services. *Proc R Soc B* **278**, 3201-3208.
- EKD (Eidgenössische Kommission für Denkmalpflege) (Hrsg.) 2007: Leitsätze zur Denkmalpflege in der Schweiz. vdf Hochschulverlag, Zürich. 103 S.
- ELCOM (Eidgenössische Elektrizitätskommission) 2012: Strompreise 2013. Im Durchschnitt sinken die Tarife für Haushalte und Gewerbebetriebe um 1 Prozent. URL: <http://www.admin.ch/aktuell/00089/?lang=de&msg-id=45883> (Stand: 07.09.2012; Zugriff: 06.01.2014).
- Emaresi, G.; Pellet, J.; Dubey, S.; Hirzel, A. H. & Fumagalli, L. 2009: Landscape genetics of the Alpine newt (*Mesotriton alpestris*) inferred from a strip-based approach. *Conserv Genet* **12**, 41-50.
- Escobar, M. M.; Hollaender, R. & Weffer, C. P. 2013: Institutional durability of payments for watershed ecosystem services: Lessons from two case studies from Colombia and Germany. *Ecosystem Services* **6**, 46-53.
- ESRI 2014: Kostenentfernung (Spatial Analyst). ArcGIS-Hilfe (10.2 und 10.2.1). URL: <http://resources.arcgis.com/de/help/main/10.2/index.html#/009z00000018000000> (Stand: 24.02.2014; Zugriff: 18.03.2014).
- Ewald, K. C. 2001: The neglect of aesthetics in landscape planning in Switzerland. *Landsc Urban Plan* **54**, 255-266.
- FAL (Eidgenössische Forschungsanstalt für Agrarökologie und Landbau) 1996: Bodenkarte Baden mit Erläuterungen. Landeskarte der Schweiz 1:25'000 Blatt 1070.
- Fisher, B. & Turner, R. K. 2008: Ecosystem services. Classification for valuation. *Biol Conserv* **141**, 1167-1169.
- Foley, J. A.; DeFries, R.; Asner, G. P.; Barford, C.; Bonan, G.; Carpenter, S. R.; Chapin, F. S.; Coe, M. T.; Daily, G. C.; Gibbs, H. K.; Helkowski, J. H.; Holloway, T.; Howard, E. A.; Kucharik, C. J.; Monfreda, C.; Patz, J. A.; Prentice, I. C.; Ramankutty, N. & Snyder, P.K. 2005: Global Consequences of Land Use. *Science* **309**, 570-574.
- Francis, C. A.; Hansen, T. E. ; Fox, A. A. ; Hesje, P. J. ; Nelson, H. E. ; Lawseth, A. E. & English, A. 2012: Farmland conversion to non-agricultural uses in the US and Canada: current impacts and concerns for the future. *International Journal of Agricultural Sustainability* **10**, 8-24.
- Franke, J.; Goldberg, V.; Eichelmann, U.; Freydank, E. & Bernhofer, C. 2004: Statistical analysis of regional climate trends in Saxony, Germany. *Clim Res* **27**, 145-150.
- Frei, C. 2003: Starkniederschläge. In: OcCC (Organe consultatif sur les changements climatiques): Extremereignisse und Klimaänderung, Bern. 88S.
- Frei, C. 2004: Die Klimazukunft der Schweiz. Eine probabilistische Projektion. URL: <https://www.google.ch/search?q=Die+Klimazukunft+der+Schweiz+%E2%80%93+eineprobabilistische+Projektion>. (Stand: November 2004; Zugriff: 21.01.2014).
- Frick, J. 2012: Auswertungsprotokoll für Parameter 24. Wahrgenommene Schönheit der Landschaft. LABES. Bundesamt für Umwelt BAFU.
- Frye, C. 2007: About the Geometrical Interval classification method. ArcGIS Resources. URL: <http://blogs.esri.com/esri/arcgis/2007/10/18/about-the-geometrical-interval-classification-method/> (Stand: 18.10.2007; Zugriff: 12.03.2014).

- Gemeinde Glarus Nord 2013: Gemeinderichtplan. Richtplantext. Verabschiedet durch den Gemeinderat am 25.09.2013. URL:
http://www.glarus-nord.ch/xml_1/internet/de/application/d215/d725/d1081/f1085.cfm (Stand: n.a.; Zugriff: 04.03.2014).
- Germino, M. J.; Reiners, W. A.; Blasko, B. J.; McLeod, D. & Bastaian, C. T. 2001: Estimating visual properties of Rocky Mountain landscapes using GIS. *Landsc Urban Plan* **53**, 71-83.
- Geyer, H. 2007: Praxiswissen BWL. Crash-Kurs für Führungskräfte und Quereinsteiger. Praxisratgeber. Haufe Verlag, Freiburg. 623 S.
- Gossen, H. H. 1889: Entwicklung der Gesetze des menschlichen Verkehrs, und der daraus fließenden Regeln für menschliches Handeln. Verlag von R.L. Prager, Berlin. 277 S.
- Gren, I.-M. 1995: Costs and benefits of restoring wetlands: two Swedish case studies. *Ecol Eng* **4**, 153-162.
- Grêt-Regamey, A.; Bishop, I. D. & Bebi, P. 2007: Predicting the scenic beauty value of mapped landscape changes in a mountainous region through the use of GIS. *Environ Plan B – Plan Des* **34**, 50-67.
- Groisman, P. Y.; Knight, R. W. & Karl, T. 2001: Heavy Precipitation and High Streamflow in the Contiguous United States: Trends in the Twentieth Century. *Bull Am Meteorol Soc* **82**, 219-246.
- Grün Stadt Zürich 2005: Freiraumversorgung der Stadt Zürich. Methodenbeschrieb und Anwendung. Zürich. 24 S.
- Grunewald, K. & Bastian, O. 2013a: Ökosystemdienstleistungen (ÖSD) – mehr als ein Modewort? In: Grunewald, K. & Bastian, O. (Hrsg.): Ökosystemdienstleistungen. Konzept, Methoden und Fallbeispiele. Springer-Verlag, Berlin, Heidelberg, 1-11.
- Grunewald, K. & Bastian, O. (Hrsg.) 2013b: Ökosystemdienstleistungen. Konzept, Methoden und Fallbeispiele. Springer-Verlag, Berlin, Heidelberg. 332 S.
- Guo, Z.; Zhang, L. & Li, Y. 2010: Increased dependence of humans on ecosystem services and biodiversity. *PLoS ONE* **5**, 1-8.
- Haase, D. 2009: Effects of urbanisation on the water balance – A long-term trajectory. *Environ Impact Assess Rev* **29**, 211-219.
- Hadadin, N. 2013: Evaluation of several techniques for estimating stormwater runoff in arid watersheds. *Environ Earth Sci* **69**, 1773-1782.
- Haerberli, W.; Keller, F.; Krüsi, B.; Egli, M.; Rothenbühler, C.; Meilwes, J. & Gruber, S. 2007: GISALP. Raum-zeitliche Informationen über schnelle Klimaänderungen in hochalpinen Umweltsystemen als strategisches Werkzeug für Analyse, Kommunikation, partizipative Planung und Management im Tourismusgebiet Oberengadin. Schlussbericht des Teilprojektes GISALP NFP48 (Nationales Forschungsprogramm „Landschaften und Lebensräume der Alpen“). Vdf-Verlag, Zürich. 213 S.
- Haines-Young, R. & Potschin, M. 2010: Proposal for a common international classification of ecosystem goods and services (CICES) for integrated environmental and economic accounting. Report to the EEA, 21. March 2010. 23 S.
- Haines-Young, R. & Potschin, M. 2011: Common International Classification of Ecosystem Services (CICES): 2011 Update. European Environment Agency. Discussion paper for the expert meeting in December 2011. 14 S.
- Hard, G. 1970: Die “Landschaft” der Sprache und die “Landschaft” der Geographen. Semantische und forschungslogische Studien zu einigen zentralen Denkfiguren in der deutschen geographischen Literatur. Dümmler Verlag, Bonn. 278 S.

- Held, T. & Minsch, J. 2013: Schweizgespräch. Von der Lust und Freude am Politischen. Eine Denk-Allmend für den Flugplatz Dübendorf. Bristol-Stiftung, Haupt, Zürich, Bern. 145 S.
- Hepperle, E. & Stoll, T. 2006: Ressourcenplan Boden. Ein Konzept zum planerisch-nachhaltigen Umgang mit Bodenqualität. Umwelt-Wissen Nr. 0633. Bundesamt für Umwelt. Bern. 298 S.
- Hernández-Morcillo, M.; Plieninger, T. & Bieling, C. 2013: An empirical review of cultural ecosystem service indicators. *Ecol Indic* **29**, 434-444.
- Höke, S.; Lazar, S. & Kaufmann-Boll, C. 2010: Kompensationsmassnahmen für Eingriffe in Böden. Entwicklung neuer Bodenmanagement-Strategien, Teil 1 im EU-Projekt URBAN SMS (Projekt-Nr. 6.56). h.g. vom Amt für Umweltschutz, Stadt Stuttgart. 52 S.
- Hofmann, R. 1998: Schall und Lärm. In: Cercle Bruit (Hrsg.): Lärm. Eine Publikation des Cercle Bruit Schweiz. URL : <http://www.laerm.ch/de/laerm-ruhe/publikationen/publikationen-zum-laerm/publikation-laerm/publikation-laerm.html#inhalt> (Stand: n.a.; Zugriff: 12.03.2014).
- Hoins, U. & Hunziker, W. 2006: Bodenschutz ist auch Hochwasserschutz. *Umweltpraxis* **46**, 35-38.
- Huang, M.; Gallichand, J.; Wang, Z. & Goulet, M. 2006: A modification to the Soil Conservation Service curve number method for steep slopes in the Loess Plateau of China. *Hydrol Process* **20**, 579-589.
- Hunziker, M & Buchecker, M. 1999: Bedürfnisorientierte Landschaftsentwicklung im Gebirgsraum. Ergebnisse sozialwissenschaftlicher Untersuchungen. *Forum für Wissen* **2**, 57-64.
- Imhoff, M. L.; Bounoua, L.; DeFries, R.; Lawrence, W. T.; Stutzer, D.; Tucker, C. J. & Ricketts, T. 2004: The consequences of urban land transformation on net primary productivity in the United States. *Remote Sens Environ* **89**, 434-443.
- Infospecies 2013: Richtlinien betreffend Eigentum, Weitergabe und Verwendung von Beobachtungsdaten. URL: http://www.infospecies.ch/de/assets/content/2013_Deontologie%20Infos%20Species_DE.pdf (Stand: 01.2013; Zugriff: 23.04.2014).
- Ingram, J. C.; Wilie, D.; Clements, T.; McNab, R. B.; Nelson, F.; Baur, E. H.; Sachedina, H. T.; Peterson, D. D. & Foley, C. A. H. 2014: Evidence of Payments for Ecosystem Services as a mechanism for supporting biodiversity conservation and rural livelihoods. *Ecosystem Services* **7**, 10-21.
- Jacobs, S.; Keune, H.; Vrebo, D.; Beauchard, Ol. Villa, F. & Meire, P. 2013 : Ecosystem Service Assessment : Science or Pragmatism ?. In : Jacobs, S. ; Dndoncker, N. & Keune, H. (Hrsg.): Ecosystem Services. Global Issues, Local Practices. Elsevier, Oxford. 157-165.
- Jaeger, J. A. G. 2000: Landscape division, splitting index, and effective mesh size: new measures of landscape fragmentation. *Landsc Ecol* **15**, 115-130.
- Jaeger, J. A. G.; Bertiller, R. & Schwick, C. 2007: Landschaftszerschneidung Schweiz. Zerschneidungsanalyse 1885-2002 und Folgerungen für die Verkehrs- und Raumplanung. Kurzfassung. Bundesamt für Statistik, Neuchâtel. 36 S.
- Jeanneret, F. & Vautier, P. 1977: Klimaeignungskarte für die Landwirtschaft in der Schweiz, M 1:200'000, EDMZ, Bern.
- Jehle, R. & Sinsch, U. 2007: Wanderleistung und Orientierung von Amphibien. Eine Übersicht. *Z Feldherpetol* **14**, 137-152.
- Jones, K. B.; Zurlini, G.; Kienast, F.; Petrosillo, I.; Edwards, T.; Wade, T. G.; Li, B. & Zaccarelli, N. 2013: Informing landscape planning and design for sustaining ecosystem services from ecisting spatial patterns and knowledge. *Landsc Ecol* **28**, 1175-1192.

- Kabisch, N. & Haase, D. 2013: Green spaces of European cities revisited for 1990-2006. *Landsc Urban Plan* **110**, 113-122.
- Kägi, B.; Stalder, A. & Thommen, M. (2002): Wiederherstellung und Ersatz im Natur- und Landschaftsschutz. BUWAL (Bundesamt für Umwelt, Wald, und Landschaft) (Hrsg.). Leitfaden Umwelt Nr. 11, Bern. 123 S.
- Kalnay, E. & Cai, M. 2003: Impact of urbanization and land-use change on climate. *Nature* **423**, 528-531.
- Kantonsrat ZH 2008: Auszug aus dem Protokoll des Regierungsrates des Kantons Zürich. Sitzung vom 27. Februar 2008. 278. Anfrage (Entsiegelung und Rekultivierung unbenutzter Liegenschaften). URL: <http://www.kantonsrat.zh.ch/Geschaeft/Geschaeft.aspx?ID=d3744224-d08a-407a-b9e4-681de7ca674d> (Stand: 27.02.2008; Zugriff: 15.08.2013).
- Karch (Koordinationsstelle für Amphibien- und Reptilienschutz in der Schweiz) 2014: Amphibienarten der Schweiz. URL: http://www.karch.ch/karch/page-26903_de.html (Stand: n.a.; Zugriff: 17.04.2014).
- Karl, T. R.; Knight, R. W. & Plummer, N. 1995: Trends in high-frequency climate variability in the twentieth century. *Nature* **377**, 217-220.
- Katz, R. W.; Parlange, M. B. & Naveau, P. 2002 : Statistics of extremes in hydrology. *Adv Water Resour* **25**, 1287-1304.
- Kennedy, C.; Cuddihy, J. & Engel-Yan, J. 2007: The Changing Metabolism of Cities. *J Ind Ecol* **11**, 43-59.
- Kienast, F.; Bolliger, J.; Potschin, M.; de Groot, R. S.; Verburg, P. H.; Heller, I.; Wascher, D. & Haines-Young, R. 2009: Assessing Landscape Functions with Broad-Scale Environmental Data. Insights Gained from a Prototype Development for Europe. *Environ Manage* **44**, 1099-1120.
- Kienast, F.; Degenhardt, B.; Weilenmann, B.; Wäger, Y.; Buchecker, M. 2012: GIS-assisted mapping of landscape suitability for nearby recreation. *Landsc Urban Plan* **105**, 385-399.
- Kienast, F.; Frick, J. & Steiger, U. 2013: Neue Ansätze zur Erfassung der Landschaftsqualität. Zwischenbericht Landschaftsbeobachtung Schweiz (LABES). Umwelt-Wissen 1325, Bundesamt für Umwelt, Bern und Eidgenössische Forschungsanstalt für Wald, Schnee und Landschaft, Birmensdorf. 75 S.
- Koschke, L.; Fürst, C.; Frank, S. & Makeschin, F. 2012: A multi-criteria approach for an integrated land-cover-based assessment of ecosystem services provision to support landscape planning. *Ecol Indic* **21**, 54-66.
- Kragt, M. E. & Robertson, M. J. 2014: Quantifying ecosystem services trade-offs from agricultural practices. *Ecol Econ* **102**, 147-157.
- Law, N. L.; Capiella, K. & Novotny, M. E. 2009: The Need for Improved Pervious Land Cover Characterization in Urban Watersheds. *J Hydrol Eng* **14**, 305-308.
- Leifeld, J. 2006: Soils as sources and sinks of greenhouse gases. In: Frossard, E.; Blum, W. E. H. & Warkentin, B. P. (Hrsg.): Function of Soils for Human Societies and the Environment. Geological Society Special Publication 266. London: Geological Society, 23-44.
- Lenda, M. & Skórka, P. 2010: Patch occupancy, number of individuals and population density of the Marbled White in a changing agricultural landscape. *Acta Oecol* **36**, 497-506.
- Lenhardt, P. P.; Schäfer, R. B.; Theissinger, K. & Brühl, C. A. 2013: An expert-based landscape permeability model for assessing the impact of agricultural management on amphibian migration. *Basic Appl Ecol* **14**, 442-451.

- Lerner, S. & Poole, W. 1999: The economic benefits of parks and open space. How land conservation helps communities grow smart and protect the bottom line. The Trust for Public Land, San Francisco. URL: <http://www.alachuacounty.us/Depts/EPD/Documents/Land/Files/Economic%20Benefits%20of%20Parks.pdf> (Stand: n.a.; Zugriff: 11.11.2013).
- Liu, G. C.; Colbert, J. T.; Wilson, J. S.; Yamada, I. & Hoch, S. C. 2007: Examining Urban Environment Correlates of Childhood Physical Activity and Walkability Perception with GIS and Remote Sensing. In: Jensen, R. R.; Gatrell, J. D. & McLean, D. D. (Hrsg.): Geo-Spatial Technologies in Urban Environments. Policy, Practice and Pixels. 2nd edition. Berlin: Springer-Verlag, 121-139.
- Llausàs, A. & Nogué, J. 2012: Indicators of landscape fragmentation. The case for combining ecological indices and the perceptive approach. *Ecol Indic* **15**, 85-91.
- LUBW (Landesanstalt für Umweltschutz Baden-Württemberg) 2000: Erhebung von Entsiegelungspotenzial in Kommunen. Studie und Verfahrensleitung am Beispiel der Stadt Ettlingen. Bodenschutz 7, Karlsruhe. 63 S.
- LUBW (Landesanstalt für Umweltschutz Baden-Württemberg) 2003a: Kommunales Flächenmanagement. Bodenschutz 8, 2. Veränderte Auflage, Karlsruhe. 105 S.
- LUBW (Landesanstalt für Umweltschutz Baden-Württemberg) 2003b: Kommunales Flächenmanagement. Strategie und Umsetzung. Bodenschutz 13, 1. Auflage. Karlsruhe. 33 S.
- LUBW (Landesanstalt für Umwelt, Messungen und Naturschutz Baden-Württemberg) 2011: Das Schutzgut Boden in der naturschutzrechtlichen Eingriffsregelung. Arbeitshilfe. 2. Überarbeitete Auflage. Karlsruhe. 28 S.
- Luce, C. H. 1997: Effectiveness of Road Ripping in Restoring Infiltration Capacity of Forest Roads. *Restor Ecol* **5**, 265-270.
- Mann, S. 2008: Was beeinflusst die Flächenversiegelung? *AGRARForschung* **15**, 184-189.
- Mann, E. & Zingg, E. 2009: Stand und Dynamik der Flächenversiegelung in der Schweiz. *RuR* **67**, 45-53.
- Map.geo.gl.ch 2014: Kantonales Geoportal Glarus. Datenviewer. URL: <http://map.geo.gl.ch/Public?visibleLayers=Pixelkarte%2025%20grau,CH-Rahmen> (Stand: 16.05.2014; Zugriff: 26.05.2014).
- Marti, F. 2010: Schachbrett (*Melanargia galathea*). Naturlexikon des Naturzentrums Glarnerland. URL: <http://www.naturzentrumglarnerland.ch/glarner-naturlexikon/s/schachbrett> (Stand: 24.04.2010; Zugriff: 25.03.2014).
- Mathey, J. & Rink, D. 2010: Urban wastelands – a chance for biodiversity in cities? Ecological aspects, social perceptions and acceptance of wilderness by residents. In: Müller, N.; Werner, P. & Kelcey, J. G. (Hrsg.): Urban Biodiversity and Design. John Wiley & Sons, 406-424.
- Matsuoka, R. H. & Kaplan, R. 2008: People needs in the urban landscape. Analysis of Landscape And Urban Planning contributions. *Landsc Urban Plan* **84**, 7-19.
- Mattikalli, N. M.; Devereux, B. J. & Richards, K. S. 1996 : Prediction of river discharge and surface water quality using an integrated geographical information system approach. *Int J Remote Sens* **17**, 683-701.
- McCuen, R. H. (1989): Hydrologic analysis and design. Second Edition. Prentice Hall, Englewood Cliffs, New Jersey. 814 S.
- MEA (Millennium Ecosystem Assessment) 2003: Ecosystems and Human Well-Being. A Framework for Assessment. Island Press, Washington, DC. 245 S.

- MEA (Millennium Ecosystem Assessment) 2005: *Ecosystems and Human Well-Being. Synthesis*. Island Press, Washington, DC. 137 S.
- MeteoSchweiz (Bundesamt für Meteorologie und Klimatologie) 2013: Gitterdaten. RhiresD. URL: <http://www.meteoschweiz.admin.ch/web/de/services/datenportal/gitterdaten/precip/rhiresd.html> (Stand: 01.03.2013; Zugriff: 27.01.2014).
- MeteoSchweiz (Bundesamt für Meteorologie und Klimatologie) 2014a: Aktuelle Projekte. Extremniederschläge. URL: http://www.meteoswiss.admin.ch/web/de/forschung/projekte_aktuell/climate/extremniederschlaege.html (Stand: 27.01.2014; Zugriff: 27.01.2014).
- MeteoSchweiz (Bundesamt für Meteorologie und Klimatologie) 2014b: Klima Schweiz. Klima-Extreme. URL: http://www.meteoswiss.admin.ch/web/de/klima/klima_schweiz/wiederkehrwerte.html (Stand: 14.01.2014; Zugriff: 28.01.2014).
- Miller, D. 2001: A method for estimating changes in the visibility of land cover. *Landsc Urban Plan* **54**, 91-104.
- Moffat, A. & Hutchings, T. R. 2007: Greening Brownfield Land. In: Dixon, T.; Raco, M.; Catney, P. & Lerner, D. N. (Hrsg.): *Sustainable Brownfield Regeneration. Liveable Places from Problem Spaces*. Oxford: Blackwell Publishing Ltd., 143-176.
- Müller, F. & Burkhard, B. 2012: The indicator side of ecosystem services. *Ecosystem Services* **1**, 26-30.
- Mutz, R.; Janowsky, D. V. & Becker, G. 2002: Cyclical Visitor-Behavior Patterns of Urban Forest Recreation Environment and their Determinants. A Statistical View. In: Amberger, A.; Brandenburg, C. & Muhar, A. (Hrsg.): *Monitoring and Management of Visitor Flows in Recreational and Protected Areas. Conference Proceedings*. Universität Wien, 218-224.
- Nedkov, S. & Burkhard, B. 2012: Flood regulating ecosystem services. Mapping supply and demand, in the Etropole municipality, Bulgaria. *Ecol Indic* **21**, 67-79.
- Nowak, D. J.; Crane, D. E. & Stevens, J. C. 2006: Air pollution removal by urban trees and shrubs in the United States. *Urban For Urban Greening* **4**, 115-123.
- OcCC (Beratendes Organ für Fragen der Klimaänderung) 2003: *Extremereignisse und Klimaänderung. Wissensstand und Empfehlungen des OcCC*. Bern. URL: <http://www.proclim.ch/4dcgi/occc/de/Report?274> (Stand: n.a.; Zugriff: 21.01.2014).
- Ode, A. & Fry, G. 2006: A model for quantifying and predicting urban pressure on woodland. *Landsc Urban Plan* **77**, 17-27.
- Odermatt, A. & Wachter, D. 2004: *Schweiz – eine moderne Geographie*. 4. Auflage, Zürich: Verlage Neue Zürcher Zeitung.
- ÖREB (Kataster der öffentlich-rechtlichen Eigentumsbeschränkungen) 2014: Lärmempfindlichkeitsstufen. URL: <http://www.cadastre.ch/internet/oerebk/de/home/topics/objects/noise.html> (Stand: n.a.; Zugriff: 17.01.2014).
- Pediaditi, K.; Doick, K. J. & Moffat, A. J. 2010: Monitoring and evaluation practice for brownfield, regeneration to greenspace initiatives. A meta-evaluation of assessment and monitoring tools. *Landsc Urban Plan* **97**, 22-36.
- Pitt, R.; Lantrip, J.; Harrison, R.; Henry, C. L. & Xue, D. 1999: Infiltration through disturbed urban soils and compost-amended soil effects on runoff quality and quantity. Research Report. U.S. Environmental Protection Agency, Cincinnati.

- Plienger, T.; Dijks, S.; Oteros-Rozas, E. & Bieling, C. 2013: Assessing, mapping, and quantifying cultural ecosystem services at community level. *Land Use Policy* **33**, 118-129.
- Poggio, L.; Gimona, A.; Brown, I.; Castellazzi, M. & Aalders, I. 2013: Changes in Land Use Capability and Impacts on Ecosystem Functions. In: Hepperle, E.; Dixon-Gough, R.; Maliene, V.; Mansberger, R.; Paulsson, J. & Pödör, A. (Hrsg.): *Land Management: Potential, Problems and Stubling Blocks*. 1. Auflage. European Academy of Land Use and Development (EALD). Vdf Hochschulverlag, Zürich, 141-150.
- Ponce, V. M. & Hawkins, R. H. 1996: Runoff Curve Number: Has it reached Maturity? *J Hydrol Eng* **1**, 11-19.
- Prokop, G.; Jobstmann, H.; Schönbauer, A. 2011: Overview of best practices for limiting soil sealing or mitigating its effects in EU-27. *European Communities*. S. 227.
- Rall, E. L. & Haase, D. 2011: Creative intervention in a dynamic city: A sustainability assessment of an interim use strategy for brownfields in Leipzig, Germany. *Landsc Urban Plan* **100**, 189-201.
- Rannow, S.; Loibl, W.; Greiving, S.; Gruehn, D. & Meyer, B. C. 2010: Potential impacts of climate change in Germany. Identifying regional priorities for adaptation activities in spatial planning. *Landsc Urban Plan* **98**, 160-171.
- Ray, N.; Lehmann, A. & Joly, P. 2002: Modeling spatial distribution of amphibian populations: A GIS approach based on habitat matrix permeability. *Biodivers Conserv* **11**, 2143-2165.
- RE (Professur für Raumentwicklung, ETH Zürich) (Hrsg.) 2010: Siedlungsflächenpotenziale für eine Siedlungsentwicklung nach innen – Modellvorhaben Raum⁺Schwyz. Zürich. 95 S.
- Rey Benayas, J. M.; Newton, A. C.; Diaz, A. & Bullock, J. M. 2009: Enhancement of Biodiversity and Ecosystem Services by Ecological Restoration. A Meta-Analysis. *Science* **325**, 1121-1124.
- Rink, D. & Arndt, T. 2011: Urbane Wälder: Ökologische Stadterneuerung durch Anlage urbaner Waldflächen auf innerstädtischen Flächen im Nutzungswandel. Ein Beitrag zur Stadtentwicklung. Leipzig, Helmholtzzentrum für Umweltforschung (UFZ-Bericht 03/2011).
- Rössler, S. 2008: Green space development in shrinking cities: opportunities and constraints. *Urbaniziv* **19**, 147-152.
- Rühli, F.; Henneberg, M. & Woitek, U. 2008: Variability of Height, Weight, and Body Mass Index in a Swiss Armed Forces 2005 Census. *Am J Phys Anthropol* **137**, 457-468.
- Saaty, T. L. 1977: A Scaling Method for Priorities in Hierarchical Structures. *J Math Psychol* **15**, 234-281.
- Santamouris, M. 2013: Using cool pavements as a mitigation strategy to fight urban heat island. A review of the actual developments. *Renew Sust Energ Rev* **26**, 224-240.
- Scherer, V.; Ferber, U.; Stahl, V.; Böhm, C.; Schenkel, R.; Feger, K.-H.; Wahren, F. T. & Schwärzel, K. 2012: BodeninFORMATIONssystem für Bodenschutzbehörden. Schriftenreihe des LfULG Freistaat Sachsen, Heft 5/2012. 118 S.
- Schimansky, C. 2003: Die Problematik des Freiflächenverbrauchs in Deutschland. Bodenschutz vor Versiegelung aus rechtlicher Sicht. Lexxion Verlag, Berlin. 262 S.
- Schmidt, B. R. & Zumbach, S. 2005: Rote Liste der gefährdeten Amphibien der Schweiz. Bundesamt für Umwelt, Wald und Landschaft, Bern und Koordinationsstelle für Amphibien- und Reptilienschutz in der Schweiz, Bern (Hrsg.). BUWAL-Reihe: Vollzug Umwelt. 48 S.
- Schulte, A.; Schütt, B. & Möller, S. 2007: Wasserkreislauf und Wasserhaushalt. In: Gebhardt, H.; Glaser, R.; Radtke, U. & Reuber, P. (Hrsg.): *Geographie. Physische und Humangeographie*. Heidelberg: Spektrum Akademischer Verlag, 452-466.

- Schwick, C. 2009: Auswertungsprotokoll für Parameter 9. Zerschneidungsgrad: Strassen bis 2. Klasse. LABES. Bundesamt für Umwelt BAFU.
- Scottish Executive 2013: Scottish Vacant and Derelict Land Survey 2012. Statistical Bulletin. Planning Series PLG/2013/1. URL: <http://www.scotland.gov.uk/Publications/2013/01/2295> (Stand: 30.01.2013; Zugriff: 04.11.2013).
- SECO (Staatssekretariat für Wirtschaft) 2014: Regional- und Raumordnungspolitik. Neue Regionalpolitik NRP. URL: <http://www.seco.admin.ch/themen/05116/05119/index.html?lang=de> (Stand: n.a.; Zugriff: 13.05.2014).
- Segura Morán, L.; Kienast, F. & Hersperger, A. M. 2013: Conflicts between the production of renewable energy and other landscape services in Switzerland. Final Report. Nicht veröffentlichte Arbeit an der Eidg. Forschungsanstalt WSL, Birmensdorf. 69 S.
- Seidel, N. 2008: Untersuchung der Wirkung verschiedener Landnutzungen auf Oberflächenabfluss und Bodenerosion mit einem Simulationsmodell. Dissertation an der Fakultät für Geowissenschaften, Geotechnik und Bergbau. TU Bergakademie Freiberg.
- Sellers, G.; Hutchings, T. R. & Moffat, A. J. 2006: Learning from experience. Creating sustainable urban greenspaces from brownfield sites. In: Brebbia, C. A. & Mander, U. (Hrsg.): Brownfields III. Prevention, Assessment, Rehabilitation and Development of Brownfield Sites. Southampton: WIT Press, 163-172.
- Semlitsch, R. D. 2008: Differentiating Migration and Dispersal Processes for Pond-Breeding Amphibians. *J Wildl Manage* 72, 260-267.
- SenStadt (Senatsverwaltung für Stadtentwicklung und Umwelt Berlin) 2012: Versiegelung. URL: http://www.stadtentwicklung.berlin.de/umwelt/umweltatlas/dc102_01.htm#A2 (Stand: 2012; Zugriff: 12.11.2013).
- SenStadt (Senatsverwaltung für Stadtentwicklung und Umwelt Berlin) 2013: Entsiegelungspotenziale. URL: <http://www.stadtentwicklung.berlin.de/umwelt/umweltatlas/i116.htm> (Stand: 2013; Zugriff: 06.11.2013).
- Seppelt, R.; Fath, B.; Burkhard, B.; Fisher, J. L.; Grêt-Regamey, A.; Lautenbach, S.; Pert, P.; Hotes, S.; Spangenberg, J.; Verburg, P. H. & Van Oudenhoven, A. P. E. 2012: Form follows function? Proposing a blueprint for ecosystem service assessments based on reviews and case studies. *Ecol Indic* 21, 145-154.
- Sevenant, M. & Antrop, M. 2007: Settlement models, land use and visibility in rural landscapes: Two case studies in Greece. *Landsc Urban Plan* 80, 362-374.
- Sharpley, A. N. & Williams, J. R. 1990: EPIC-Erosion/Productivity Impact Calculator. 1. Model Documentation. U.S. Department of Agriculture Technical Bulletin No. 1768. US Government Printing Office, Washington, DC. 235 S.
- Shutes, R. B. E. 2001: Artificial wetlands and water quality improvement. *Environ Int* 26, 441-447.
- Siebielec, G.; Lazar, S.; Kaufmann, C. & Jaensch, S. 2010: Handbook for measures enhancing soil function performance and compensating soil loss during urbanization process. Urban SMS – Soil Management Strategy project, 37 S.
- Siikamäki, J. & Wernstedt, K. 2008: Turning Brownfields into Greenspaces: Examining Incentives and Barriers to Revitalization. *Journal of Health Politics, Policy and Law* 33, 559-593.
- SMUL (Sächsisches Staatsministerium für Umwelt und Landwirtschaft) 2000: Vollzug der naturschutzrechtlichen Eingriffsregelung. Optimierung der Kompensationsverpflichtung. Entsiegelungserlass vom 11.12.2000, Dresden.

- Socher, W. 2011: Innenentwicklung in der Landeshauptstadt Dresden. In: Siemer, B. & Weith, T. (Hrsg.): *Perspektive Flächenmanagement. Wissen und effiziente Lösungen für Umbruchregionen*. Waxmann Verlag, Münster. 29-36.
- Spreafico, M. & Weingartner, R. 2005: Hydrologie der Schweiz. Ausgewählte Aspekte und Resultate. Berichte des BWG, Serie Wasser Nr. 7, Bern. 137 S.
- Staub, C.; Ott, W.; Heusi, F.; Klingler, G. Jenny, A.; Häcki, M. & Hauser, A. 2011: Indikatoren für Ökosystemleistungen: Systematik, Methodik und Umsetzungsempfehlungen für eine wohlfahrtsbezogene Umweltberichterstattung. Bundesamt für Umwelt, Bern. Umwelt-Wissen Nr. 1102. 106 S.
- Stuber, A. 2008: Qualität von Natur und Landschaft: Instrument zur Bewertung. Handbuch für die Feldaufnahmen und die Auswertung. Anhang zur Mitteilung des BAFU als Vollzugsbehörde „Pärke von nationaler Bedeutung. Richtlinie für Planung, Errichtung und Betrieb von Pärken“. Umwelt-Vollzug Nr. 0802. Bundesamt für Umwelt, Bern. 47S.
- Sundermeier, A. 1997: Methoden zur Analyse der Vegetationsstruktur. In: Traxler, A. (Hrsg.): Handbuch des vegetationsökologischen Monitorings. Teil A: Methoden. Monographien Band 89A. Umweltbundesamt Wien, 123-158.
- Swisstopo (Bundesamt für Landestopographie) 2014: DHM25. URL: <http://www.swisstopo.admin.ch/internet/swisstopo/de/home/products/height/dhm25.html> (Stand: n.a.; Zugriff: 17.02.2014).
- Thalmann, J. 2012: Ökosystemleistungen im Siedlungsraum: Analyse des Potentials der Lebensraumqualität für vier Verdichtungsszenarien in Schlieren. Masterarbeit. Geographisches Institut der Universität Zürich.
- Thélin, G. & Roth, U. 2010: Landschaftsbeobachtung Schweiz (LABES). Konzept für ein langfristiges Monitoring. *Forum für Wissen* **2010**, 13-24.
- TMLFUN (Thüringer Ministerium für Landwirtschaft, Forsten, Umwelt und Naturschutz) 2009: Brachen im ländlichen Raum. Neue Ideen auf ungenutzten Flächen. URL: http://www.thueringen.de/imperia/md/content/landentwicklung/flaechenhaushaltspolitik/broschuere_brachflaechen.pdf (Stand: Oktober 2009; Zugriff: 15.08.2013).
- TMLFUN (Thüringer Ministerium für Landwirtschaft, Forsten, Umwelt und Naturschutz) 2011: Förderung der Revitalisierung von Brachflächen. Förderrichtlinie des Thüringer Ministeriums für Landwirtschaft, Forsten, Umwelt und Naturschutz. URL: http://www.thueringen.de/imperia/md/content/landentwicklung/flaechenhaushaltspolitik/rili_revitalisierung_vom_05.12.2011.pdf (Stand: 05.12.2011; Zugriff: 15.10.2013).
- TMLFUN (Thüringer Ministerium für Landwirtschaft, Forsten, Umwelt und Naturschutz) 2013: Revitalisierung von Brachflächen. URL: <http://www.thueringen.de/th8/foerderprogramme/brachflaechen/index.aspx> (Stand: 19.06.2013; Zugriff: 15.10.2013).
- Tobias, S. 2013: Preserving Ecosystem Services in Urban Regions: Challenges for Planning and Best Practice Examples from Switzerland. *Integr Environ Assess Manag* **9**, 243-251.
- Tobias, S. 2014: Zukunftsbilder für die Landschaft in vier periurbanen Regionen der Schweiz. WSL Berichte, Heft 7. 69 S.
- Tobias, S.; Jung, C.; Conen, F. & Alewell, C., im Druck: Kreislaufwirtschaft im Bodenverbrauch: ein richtiger Weg zur nachhaltigen Bodennutzung. In: Jung, C.; Pfeleiderer, G.; Seelmann, K. & Elger, B., im Druck: Verantwortung für die Umwelt. Sammelband zur Ringvorlesung im FS 2013 an der Universität Basel.

- Tratalos, J.; Fuller, R. A.; Warren, P. H.; Davies, R. G. & Gaston, K. J. 2007: Urban form, biodiversity potential and ecosystem services. *Landsc Urban Plan* **83**, 308-317.
- Tschannen, P. & Frick, M. 2002: Der Verursacherbegriff nach Artikel 32d USG. Gutachten zuhanden des Bundesamtes für Umwelt, Wald und Landschaft (BUWAL). Insitut für öffentliches Recht der Universität Bern, 26 S. URL: <http://www.bafu.admin.ch/altlasten/12148/12185/index.html?lang=de> (Stand: 01.11.2012; Zugriff: 13.02.2014).
- Tscharntke, T.; Seffan-Dewenter, I.; Kruess, A. & Thies, C. 2002: Characteristics of insect populations on habitat fragments. A mini review. *Ecol Res* **17**, 229-239.
- UM (Umweltministerium Baden-Württemberg) 2006: Das Schutzgut Boden in der naturschutzrechtlichen Eingriffsregelung. Arbeitshilfe. Stuttgart. 23 S.
- USDA (United States Department of Agriculture) 1986: Urban Hydrology for Small Watersheds. Technical Release 55, Second Ed. Washington.
- US EPA (Environmental Protection Agency) 2008: Reducing urban heat islands. Compendium of strategies. Chapter 2: Trees and vegetation. URL: <http://www.epa.gov/heatisland/resources/compendium.htm> (Stand: 29.08.2013; Zugriff: 24.11.2013).
- Van Berkel, D. B. & Verburg, P. H. 2014: Spatial quantification and valuation of cultural ecosystem services in an agricultural landscape. *Ecol Indic* **37**, 163-174.
- Vandewoestijne, S.; Martin, T.; Liégeois, S. & Baguette, M. (2004) : Dispersal, landscape occupancy and population structure in the butterfly *Melanargia galathea*. *Basic Appl Ecol* **5**, 581-591.
- Venkateswaran, R. 2010: A Study of the Tourism Web Coverage in Switzerland. *Extended Abstract, GIScience 2010*, September, 14-17.
- Villella, J.; Sellers, G.; Moffat, A. J. & Hutchings, T. R. 2006 : From contaminated site to premier urban greenspace. Investigating the success of Thames Barrier Park, London. In: Brebbia, C. A. & Mander, U. (Hrsg.): *Brownfields III. Prevention, Assessment, Rehabilitation and Development of Brownfield Sites*. WIT Press, Southampton, 153-162.
- Vogt, C. A. & Marans, R. W. 2004 : Natural resources and open space in the residential decision process. A study of recent movers to grunge counties in the southeast Michigan. *Landsc Urban Plan* **69**, 255-269.
- Waldmann, B. 2003: Bauen und Denkmalschutz. In: Institut für Schweizerisches Internationales Baurecht (Hrsg.): *Schweizerische Baurechtstagung 2003*, Freiburg. Universität Freiburg (Schweiz). 109-141.
- Wedding, G. C. & Crawford-Brown, D. 2007: Measuring site-level success in brownfield redevelopments: A focus on sustainability and green building. *Environ Manage* **85**, 483-495.
- Weng, Q. 2001: Modeling Urban Growth Effects on Surface Runoff with the Integration of Remote Sensing and GIS. *Environ Manage* **28**, 737-748.
- Werner, P. & Zahner, R. 2009: Biologische Vielfalt und Städte. Eine Übersicht und Bibliographie. BfN-Skripten 245. Bonn-Bad Godesberg. URL: <http://www.bfn.de/fileadmin/MDB/documents/service/Skript245.pdf> (Stand: n.a.; Zugriff: 21.01.2014).
- Wernli, R. 2005: Moderne Melioration Boswil (AG): multifunktionaler Ansatz zur Gemeindeentwicklung. *Geomatik Schweiz* **10**, 562-564.
- Wernli, R.; Dähler, C.; Vogler, J.; Wenger, S.; Peter, B.; Fritsch, M. & Huhmann, M. 2012: Freiwillige Bewirtschaftungsarrondierung (FBA). Wegleitung und Schlussbericht zur Freiwilligen Bewirtschaftungsarrondierung in der Gemeinde Zuzgen, Kanton Aargau. 20 S.

- Whitford, V.; Ennos, A. R. & Handley, J. F. 2001: „City form and natural process“ – indicators for the ecological performance of urban areas and their application to Merseyside, UK. *Landsc Urban Plan* **57**, 91-103.
- Wifö GL (Konaktsstelle für Wirtschaft Kanton Glarus) 2013: Industriebrachen Kanton Glarus. URL: http://www.glarus.ch/documents/Industriebrachen_GL_07_2013.pdf (Stand: 07.2013; Zugriff: 21.11.2013).
- Wild, S. M. 2013: Veränderung der Grünflächenqualität aufgrund der baulichen Verdichtung in der Stadt Zürich. Masterarbeit. Departement der Umweltsystemwissenschaften der ETH Zürich und Eidg. Forschungsanstalt WSL, Birmensdorf.
- Wipf, S.; Stoeckli, V. & Bebi, P. 2009: Winter climate change in alpine tundra: plant responses to changes in snow depth and snowmelt timing. *Clim Chang* **94**, 105-121.
- Wüest & Partner 2008: Brachen-Liste von Wüest & Partner, Zürich. URL: <http://www.industriebranche.ch/brachenbestand> (Stand: 11.2008; Zugriff: 04.09.2013).
- Wytenbach, M. 2012: Modellierung der Erholungseignung von Wegabschnitten für Wanderer. Untersuchungsgebiet Uetliberg. Masterarbeit. Institut für Umwelt und Natürliche Ressourcen der Züricher Hochschule für Angewandte Wissenschaften.
- Yang, P. P.-J.; Putra, S. Y. & Li, W. 2007: Viewsphere: a GIS-based 3D visibility analysis for urban design evaluation. *Environ Plan B – Plan Des* **34**, 971-992.
- Zoulia, I.; Santamouris, M. & Dimoudi, A. 2009 : Monitoring the effect of urban green areas on the heat island in Athens. *Environ Monit Assess* **156**, 275-292.

7.2 Gesetzliche Grundlagen

Deutschland

- BauGB (Baugesetzbuch) 1960: Deutsches Baugesetzbuch. URL: <http://www.gesetze-im-internet.de/bbaug/index.html> (Stand: 22.07.2011; Zugriff: 20.10.2013).
- BBodSchG (Bundes-Bodenschutzgesetz) 1998: Gesetz zum Schutz vor schädlichen Bodenveränderungen und zur Sanierung von Altlasten. URL: <http://www.gesetze-im-internet.de/bbodschg/> (Stand: 24.02.2012; Zugriff: 20.10.2013).

Schweiz

- BV (Bundesverfassung) 1999: Bundesverfassung der Schweizerischen Eidgenossenschaft. URL: <http://www.admin.ch/opc/de/classified-compilation/19995395/index.html> (Stand: 03.03.2013; Zugriff: 29.10.2013).
- DZV (Direktzahlungsverordnung) 2013: Verordnung über die Direktzahlungen an die Landwirtschaft. URL: <http://www.admin.ch/opc/de/classified-compilation/20130216/index.html#a57> (Stand: 01.01.2014; Zugriff: 31.01.2014).
- LSV (Lärmschutz-Verordnung) 1986: Lärmschutz-Verordnung der Schweizerischen Eidgenossenschaft. URL: <http://www.admin.ch/opc/de/classified-compilation/19860372/index.html> (Stand: 01.08.2010; Zugriff: 17.01.2014).
- NHG (Natur- und Heitaschutz-Gesetz) 1966: Bundesgesetz über den Natur- und Heimatschutz. URL: <http://www.admin.ch/opc/de/classified-compilation/19660144/index.html> (Stand: 01.10.2013; Zugriff: 08.04.2014).

- NHV (Natur- und Heimatschutz-Verordnung) 1991: Verordnung über den Natur- und Heimatschutz. URL: <http://www.admin.ch/opc/de/classified-compilation/19910005/index.html> (Stand: 01.01.2014; Zugriff: 08.04.2014).
- RPG (Raumplanungsgesetz) 1979: Bundesgesetz über die Raumplanung. URL: <http://www.admin.ch/opc/de/classified-compilation/19790171/index.html> (Stand: 01.11.2012; Zugriff: 29.10.2013).
- RPV (Raumplanungsverordnung) 2000: Raumplanungsverordnung. URL: <http://www.admin.ch/opc/de/classified-compilation/20000959/index.html> (Stand: 01.05.2014; Zugriff: 07.05.2014).
- USG (Umweltschutzgesetz) 1983: Bundesgesetz über den Umweltschutz. URL: <http://www.admin.ch/opc/de/classified-compilation/19830267/index.html#a32d> (Stand: 01.11.2013; Zugriff: 13.02.2014).
- WaG (Waldgesetz) 1991: Bundesgesetz über den Wald. URL: <http://www.admin.ch/opc/de/classified-compilation/19910255/index.html> (Stand: 01.07.2013, Zugriff: 24.10.2013).

7.3 Auskunftspersonen

- Aeschbacher, S.: Abteilung Raumplanung. Amt für Raumentwicklung des Kantons Zürich. Schriftliche Mitteilung vom 24.09.2013.
- Bader, S., Dr.: Abteilung Klima. Bundesamt für Meteorologie und Klimatologie MeteoSchweiz. Schriftliche Mitteilung vom 16.12.2013.
- Bürgi, C.: Statistisches Amt des Kantons Zürich. Schriftliche Mitteilung vom 26.09.2013.
- Dobler, K.: Abteilung Kantonsplanung. Amt für Gemeinden und Raumordnung (AGR) Kanton Bern. Schriftliche Mitteilung vom 20.09.2013.
- Duss, A.: Abteilung Raumentwicklung, Wirtschaftsförderung und Geoinformation (rawi) Kanton Luzern. Schriftliche Mitteilung vom 02.10.2013.
- Hagen, C.: Abteilung Raumentwicklung Kanton Aargau. Schriftliche Mitteilung vom 23. und 24.09.2013 sowie 03.10.2013.
- Liechti, K., Dr.: Wissenschaftliche Mitarbeiterin Eidg. Forschungsanstalt WSL, Birmensdorf. Organisationseinheit Gebirgshydrologie & Massenbewegung – Hydrologische Vorhersagen. Schriftliche Mitteilung vom 14.02.2014.
- Ruffner, P.: Fachbus Tools/Geodaten. Schweizerische Bundesbahnen (SBB). Schriftliche Mitteilung vom 10.10.2013.
- Schmidt, B., Dr.: Leitung der Gruppe Naturschutzbiologie der Amphibien am Institut für Evolutionsbiologie und Umweltwissenschaften sowie Mitarbeiter Fachbereich Amphibien an der Koordinationsstelle für Amphibien- und Reptilienschutz in der Schweiz. Schriftliche Mitteilung vom 04.04.2014 und 11.04.2014.
- Thommen, J.: Bereichsleitung Bau und Umwelt. Gemeinde Glarus Nord. Mündliche Mitteilung vom 04.03.2014.
- Tobias, S., Dr.: Gruppe Landschaftsökologie. Eidg. Forschungsanstalt für Wald, Schnee und Landschaft (WSL). Mündliche Mitteilung vom 12.02.2014.
- Vinzenz, M.: Leiter Sektion Ländliche Räume und Landschaft beim Bundesamt für Raumentwicklung. Mündliche Mitteilung an Silvia Tobias vom 02.09.2014.
- Zumbach, S.: Gesamtleitung und Leitung Fachbereich Amphibien bei der Koordinationsstelle für Amphibien- und Reptilienschutz in der Schweiz (karch). Mündliche Mitteilung vom 02.04.2014.

8 Anhang

A Brachenliste

Unique Key	Areal	Adresse	PLZ	Ort	Kanton	Eigentumsverhältnisse	Belasteter Standort	Denkmalschutz	Quelle
1	Reichhold-Chemie	Hauptstr. 96	5212	Hausen	AG	privat	ja	nein	C. Hagen (Kt. Aargau)
2	Ferrowohlen	Industriestrasse 21	5610	Wohlen	AG	privat	ja	nein	areale.ch
3	Alte Bürstenfabrik	Köllikerstrasse 32	5036	Oberentfelden	AG	Gemeinde	ja	teilweise	areale.ch
4	Gleis Nord (ehem. Hero-Areal)	Niederlenzer Kirchweg 6	5600	Lenzburg	AG	privat	ja	teilweise	areale.ch
5	ehem. HKZ	Industriestrasse 2	4800	Zofingen	AG	privat	ja	nein	areale.ch
6	Bebié/Sand	Klausenstr. 1	8783	Linthal	GL	privat	nein	teilweise	WiföGL (2013) / areale.ch
7	Spinnerei Linthal/Schöpfgruben	Bahnhofstr. 1	8783	Linthal	GL	privat	nein	nein	WiföGL (2013) / areale.ch
8	Cotlan/Sätliboden	Sätliboden	8782	Rüti	GL	privat	nein	gesamtes Areal	WiföGL (2013)
9	Tschächli	Hauptstr.	8782	Rüti	GL	privat	nein	gesamtes Areal	WiföGL (2013) / areale.ch
10	Extex AG	Untere Allmeind	8777	Betschwanden	GL	privat	nein	nein	WiföGL (2013) / areale.ch
11	Militärbaracken	Obmatt	8777	Betschwanden	GL	Schweizerische Eidgenossenschaft	nein	nein	WiföGL (2013) / areale.ch
12	Legler & Co/Allmend I	Maschinenstr.	8777	Diesbach	GL	privat	nein	teilweise	WiföGL (2013) / areale.ch
13	Legler & Co/Allmend II	Maschinenstr.	8777	Diesbach	GL	privat	nein	teilweise	WiföGL (2013) / areale.ch
14	Hefti-Areal/U. und Obere Fabrik	Hauptstr.	8775	Hätzingen	GL	privat	nein	teilweise	WiföGL (2013) / areale.ch
15	Komet Radio/Ennetlinth	Fabrikstr. 1	8756	Mitlödi	GL	privat	nein	teilweise	WiföGL (2013) / areale.ch
16	Mühlefur	Mühlefuhr	8755	Ennenda	GL	Gemeinde	nein	nein	WiföGL (2013) / areale.ch
17	Gewerbezentrum Ennenda Süd	Industrie Süd	8755	Ennenda	GL	privat	nein	nein	WiföGL (2013) / areale.ch
18	Hohlenstein Nord	Holenstein Nord	8750	Glarus	GL	privat	nein	teilweise	WiföGL (2013) / areale.ch
19	Hänggiturm/Tschachen	Glanerstr. 1	8755	Ennenda	GL	privat	nein	teilweise	WiföGL (2013) / areale.ch
20	Spälty AG/Lerchen I	Fabrikstr. 1	8750	Riedern	GL	privat	nein	nein	WiföGL (2013)
21	Spälty AG/Lerchen II	Lerchenstr. 22	8755	Netstal	GL	privat	nein	nein	WiföGL (2013) / areale.ch
22	Verbandsstoff-Fabrik/Löntschen	Landstr.	8755	Netstal	GL	privat	nein	teilweise	WiföGL (2013) / areale.ch
23	Sauter-Bachmann/Sandrüti	Erlensweg 2 + 4	8754	Netstal	GL	privat	nein	nein	WiföGL (2013)
24	Alte Spinnerei/Zinggen	Spinnereristr.	8753	Mollis	GL	privat	nein	teilweise	WiföGL (2013) / areale.ch
25	Zschokke	Molliserstr. 1	8752	Näfels	GL	privat	ja	nein	WiföGL (2013) / areale.ch
26	Spinnerei Oberurnen/Grütli	Landstr. 54	8868	Oberurnen	GL	privat	nein	nein	WiföGL (2013)
27	Jenny-Areal	Ziegelbrückstr.	8866	Ziegelbrücke	GL	privat	nein	teilweise	WiföGL (2013) / areale.ch
28	Tonwerk Passage I	Hauptstrasse	4415	Lausen	BL	privat	nein	nein	areale.ch
29	Tonwerk Passage II	Hauptstrasse	4416	Lausen	BL	privat	nein	nein	areale.ch
30	Usine Eisa	Route des Vanils	1669	Neirivue	FR	privat	ja	nein	areale.ch
31	Sofiparc SA	Route de Moutier 29-30	2800	Delémont	JU	privat	ja	nein	areale.ch
32	Abatoirs	Rue du Commerce	2300	La Chaux-de-Fonds	NE	Gemeinde	ja	gesamtes Areal	areale.ch
33	Stoffel	Fabrikstrasse	8887	Mels	SG	privat	ja	teilweise	areale.ch
34	Alte Spinnerei	Alte Spinnerei	8877	Murg	SG	privat	nein	teilweise	areale.ch
35	Spoerry & Co AG	Bergstrasse 31	8890	flums	SG	privat	ja	teilweise	areale.ch
36	SIG-Areal	Industrieplatz	8212	Neuhausen	SH	privat	ja	nein	areale.ch
37	Sägerei Thalmüli	Hintereggweg	8226	Schleitheim	SH	privat	nein	nein	areale.ch
38	Urbahn Bleiche	Spital-/Mühlenstrasse	8200	Schaffhausen	SH	privat	nein	nein	areale.ch
39	Gewerbepark Aarefeld	Mühleweg 3	4658	Däniken	SO	privat	ja	nein	areale.ch
40	Industrie Riedholz	Attisholzstrasse 10	4533	Riedholz	SO	privat	ja	teilweise	areale.ch
41	Industrie Luterbach	Attisholzstr./Fabrikstr.	4542	Luterbach	SO	privat	nein	nein	areale.ch
42	Herti SBB Lagerhallen	Industriestrasse	6440	Brunnen	SZ	privat	nein	nein	areale.ch
43	Ehem. Schallerplast	Alte Zugerstrasse 10	6403	Küsnacht am Rgi	SZ	privat	nein	nein	areale.ch
44	Turgovia Gewerbepark	Furnierstrasse	8574	Lengwil	TG	privat	ja	nein	areale.ch
45	Parcell 2047	Chemin de la Plaine	1560	Avenches	VD	privat	ja	nein	areale.ch
46	ZI Les Marais	Route d'Epinassey	1890	St. Maurice	VS	privat	nein	nein	areale.ch
47	Ancien Cimenterie	Route de la Cimenterie	1890	St. Maurice	VS	privat	ja	nein	areale.ch

48	SIG-Areal	Bahnhofstr./Rüdlingerstr.	8197	Rafz	ZH	privat	nein	nein	areale.ch
49	Flugplatz Mollis	Flugplatz	8753	Mollis	GL	Gemeinde	nein	n.a.	Wüest&Partner 2008
50	Flugplatz San Vittore	Flugplatz	6534	San Vittore	GR	Schweizerische Eidgenossenschaft	nein	n.a.	Wüest&Partner 2009
51	Flugplatz Quinto	Flugplatz	6777	Quinto	TI	Schweizerische Eidgenossenschaft	n.a.	n.a.	Wüest&Partner 2010
52	Flugplatz Ascona	Flugplatz	6612	Ascona	TI	Schweizerische Eidgenossenschaft	n.a.	n.a.	Wüest&Partner 2011
53	Flugplatz Dübendorf	Flugplatz	8600	Dübendorf	ZH	Schweizerische Eidgenossenschaft	nein	teilweise	Wüest&Partner 2012
54	Flugplatz Interlaken	Flugplatz	3800	Interlaken	BE	Schweizerische Eidgenossenschaft	ja	n.a.	Wüest&Partner 2013
55	Tampiteller	n.a.	6294	Ermensee	LU	privat	n.a.	n.a.	A. Duss (Kt. Luzern)
56	Ziegelei	n.a.	6280	Hochdorf	LU	privat	n.a.	n.a.	A. Duss (Kt. Luzern)
57	Cosmetic 1001	Lavendelweg 8	6280	Hochdorf	LU	privat	n.a.	n.a.	A. Duss (Kt. Luzern)
58	Lang Areal	n.a.	6260	Reiden	LU	privat	n.a.	n.a.	A. Duss (Kt. Luzern)
59	Aentlebuch.ch	Bahnhofstrasse 42	6160	Aentlebuch	LU	privat	ja	nein	areale.ch

n.a.: keine Angabe

B Gewichtungsmatrizen

Die Gewichtung erfolgte nach dem Vorgehen von Saaty (1977) durch paarweises Vergleichen der beitragenden Indikatoren. Folgende Skala galt für das Zuweisen der relativen Wichtigkeit (Tabelle nach Saaty (1977)):

Stärkegrad der Wichtigkeit	Definition	Erklärung
1	Gleiche Wichtigkeit	Zwei Faktoren tragen in gleichem Masse bei
3	Geringfügig grössere Wichtigkeit des einen Faktors	Die Erfahrung und Beurteilung favorisiert leicht den einen Faktor
5	Essentielle bzw. starke Wichtigkeit	Die Erfahrung und Beurteilung favorisiert stark den einen Faktor
7	Bewiesene Wichtigkeit	Der Faktor wird stark favorisiert und seine Dominanz wurde in der Praxis erwiesen
9	Absolute Wichtigkeit	Die Evidenz der Favorisierung des einen Faktors ist auf höchster Bekräftigungsstufe
2, 4, 6, 8	Werte zwischen den genannten Beurteilungen	Kommt bei notwendigen Kompromissen zur Anwendung

Die Gewichtung errechnete sich wie folgt aus den zugewiesenen relativen Wichtigkeiten:

$$\text{Gewichtung} = \frac{1}{\text{Summe der Wichtigkeiten einer Spalte}}$$

Landwirtschaftliche Produktionseignung

Schweizweite und punktuell vertiefende (Fallstudien) Abschätzung

	Klimaeignung	Bodeneignung	Bewirtschaftungseignung
Klimaeignung	1	2	2
Bodeneignung	½	1	1
Bewirtschaftungseignung	½	1	1
Total	2	4	4
Gewichtung	0.5	0.25	0.25

Die Höhergewichtung der Klimaeignung basiert auf der Aussage von Brunner et al. (1997), wonach das Klima den wichtigsten limitierenden Faktor für die landwirtschaftlichen Nutzung darstellt. Die einzelnen Parameter zur Abschätzung der Eignungswerte der Boden- und Bewirtschaftungseignung wurden alle gleich gewichtet.

Erholungsfunktionales Potenzial

Schweizweite Abschätzung

	Landschaftseigenschaften	Erreichbarkeit	Bedarf an Naherholungsflächen
Landschaftseigenschaften	1	½	1
Erreichbarkeit	2	1	2
Bedarf an Naherholungsflächen	1	½	1
Total	4	2.0	4
Gewichtung	0.25	0.5	0.25

Fallstudien

	Gewässernähe	Waldnähe	Stille	Erreichbarkeit	Naherholungsbedarf	Fernsicht
Gewässernähe	1	3	2	½	3	2
Waldnähe	1/3	1	1/5	1/5	1	1/5
Stille	½	5	1	½	5	1
Erreichbarkeit	2	5	2	1	5	2
Naherholungsbedarf	1/3	1	1/5	1/5	1	1/5
Fernsicht	½	5	1	½	5	1
Total	4 2/3	19	6 2/5	2.9	20	6 2/5
Gewichtung	0.214	0.053	0.156	0.345	0.05	0.156

Gemäss verschiedenen Quellen (Ode & Fry 2006; Degenhardt et al. 2010; Buchecker et al. 2012; Kienast et al. 2012) stellt die Distanz zur Erholungsfläche den wichtigsten Faktor für die effektive Nutzung dar. Dieser Parameter wurde entsprechend am höchsten gewichtet. Bei den Fallbeispielen wurde bezüglich der Landschaftseigenschaften die von Buchecker et al. (2013) erhobene Präferenz für ebendiese berücksichtigt.

Landschaftsästhetik als identifizierender und tourismusfördernder Faktor

Schweizweite Abschätzung

	Brachflächengrösse	LABES-Wert Indikator 24/ Modellwert Segura Morán (2012)
Brachflächengrösse	1	2
LABES-Wert Indikator 24	½	1
Total	1.5	3
Gewichtung	0.66	0.33

Fallbeistudien

	Brachflächen- grösse	Länge Wan- derwege	Wohnareale⁺ in Umgebung	Sichtbe- reich
Brachflächengrösse	1	1	1	1
Länge Wanderwege	1	1	1	1
Wohnareale⁺ in Umgebung	1	1	1	1
Sichtbereich	1	1	1	1
Total	4	4	4	4
Gewichtung	0.25	0.25	0.25	0.25

Wasserregulierungspotenzial*Schweizweite Abschätzung*

	Versiegelungsgrad	Häufigkeit Starkniederschläge
Versiegelungsgrad	1	1
Häufigkeit Starkniederschläge	1	1
Total	2	2
Gewichtung	0.5	0.5

In der Literatur ist keine Höhergewichtung des einen Indikator zu finden. Auch subjektiv kann keiner höher gewichtet werden. Aus diesem Grund ergab sich eine Gleichgewichtung der beiden Indikatoren.

Fallbeistudien

Das Potenzial zur Wasserregulierung wurde bei den punktuellen Vertiefungen mittels der CN-Methode beurteilt. Dabei ist keine Gewichtung der Faktoren vorgesehen.

Habitatpotenzial*Schweizweite Abschätzung*

	Distanz zu pot. Habitat	Zerschneidungsgrad
Distanz zu pot. Habitat	1	1
Zerschneidungsgrad	1	1
Total	2	2
Gewichtung	0.5	0.5

Fallstudien (Amphibien)

	Funddaten	Charakter umgebende Landschaft
Funddaten	1	1
Charakter umgebende Land- schaft	1	1
Total	2	2
Gewichtung	0.5	0.5

Der Parameter der Funddaten ist ebenfalls ein aggregierter Parameter aus der Wahrscheinlichkeit heutiger Funde (Gewichtung: 0.7) und den Rote Listen-Arten (Gewichtung: 0.3).

C Resultatetabellen

C1 Landwirtschaftliches Produktionspotenzial

a) Gesamtschweizerisches Wiederherstellungspotenzial

Brachfläche				Klimaeignung						Bodeneignung		Gesamtbeurteilung		
Unique Key	Brachename	Gemeinde	Kanton	Formfaktor	Klass.	Anteil LW [%]	Klass.	Klassierung	Klimeig_ID	Klassierung	Eignungsklasse	Klassierung	LW-Potenzial	Klasseneinteilung
1	Reichhold-Chemie	Hausen/Lupfig	AG	2.35	4	35.9	3	3.5	13	5	F2	4	4.4	4
2	Ferrowohlen	Wohlen	AG	1.01	5	30.9	3	4	13	5	G4	5	4.8	5
3	Alte Bürstenfabrik	Oberentfelden	AG	3.1	4	32.1	3	3.5	13	5	G2	4	4.4	4
4	Gleis Nord (chem. Hero-Areal)	Lenzburg	AG	1.72	5	10.9	1	3	13	5	F2	4	4.3	4
5	ehem. HKZ	Zofingen	AG	3.18	4	12.8	1	2.5	14	4	F2	4	3.6	4
6	Bebié/Sand	Linthal	GL	8.63	2	38.7	3	2.5	35	3	R5	1	2.4	2
7	Spinnerei Linthal/Schöpfgruben	Linthal	GL	2.89	4	26.8	3	3.5	35	3	R5	1	2.6	3
8	Cotlan/Sätliboden	Rüti	GL	6.37	3	46.1	3	3	35	3	R5	1	2.5	3
9	Tschächli	Rüti	GL	5.33	3	46.3	5	4	35	3	R5	1	2.8	3
10	Extex AG	Betschwanden	GL	11.5	2	48.3	5	3.5	35	3	R5	1	2.6	3
11	Militärbaracken	Betschwanden	GL	7.87	2	50.5	5	3.5	35	3	R5	1	2.6	3
12	Legler & Co/Allmend I	Diesbach	GL	6.61	3	54.2	5	4	35	3	R5	1	2.8	3
13	Legler & Co/Allmend II	Diesbach	GL	14.54	1	57.8	5	3	35	3	R5	1	2.5	3
14	Hefti-Areal/U. und Obere Fabrik	Hätzingen	GL	2.88	4	56.6	5	4.5	35	3	R5	1	2.9	3
15	Komet Radio/Ennetlinth	Mitlödi	GL	16.2	1	26.7	3	2	25	3	U7	1	2.3	2
16	Mühlefuhr	Ennenda	GL	5.38	3	56.8	5	4	25	3	U7	1	2.8	3
17	Gewerbezentrum Ennenda Süd	Ennenda	GL	2.66	4	48.6	5	4.5	25	3	U7	1	2.9	3
18	Holenstein Nord	Glarus	GL	16.31	1	36.4	3	2	25	3	U6	3	2.8	3
19	Hänggiturm/Tschachen	Ennenda	GL	11.4	2	23.0	1	1.5	25	3	U5	1	2.1	2
20	Spälty AG/Lerchen I	Riedern	GL	6.8	3	72.0	5	4	25	3	Q4	3	3.3	3
21	Spälty AG/Lerchen II	Netstal	GL	5.54	3	59.2	5	4	25	3	Q4	3	3.3	3
22	Verbandstoff-Fabrik/Löntschen	Netstal	GL	5.99	3	37.2	3	3	25	3	Q4	3	3.0	3
23	Sauter-Bachmann/Sandrüti	Netstal	GL	6.23	3	20.2	1	2	25	3	Q1	5	3.3	3
24	Alte Spinnerei/Zinggen	Mollis	GL	3.09	4	42.1	3	3.5	25	3	Q1	5	3.6	4
25	Zschokke	Näfels	GL	2.7	4	22.3	1	2.5	25	3	U5, U7, Q1*	3.2	2.9	3
26	Spinnerei Oberurnen/Grütli	Oberurnen	GL	4.49	3	45.5	3	3	25	3	Q3	2	2.8	3
27	Jenny-Areal	Ziegelbrücke	GL	2.3	4	33.8	3	3.5	25	3	Q3	2	2.9	3
28	Tonwerk Passage I	Lausen	BL	4.4	3	28.1	3	3	13	5	A3, A5, A6, F2*	3.1	4.0	4
29	Tonwerk Passage II	Lausen	BL	9.06	2	23.1	1	1.5	13	5	A3, A5, A6, F2*	3.1	3.7	4
30	Usine Eisa	Neirivue	FR	4.62	3	53.0	5	4	35	3	U4	3	3.3	3
31	Sofiparc SA	Delémont	JU	21.07	1	13.4	1	1	23	5	B5	5	4.0	4
32	Abatoirs	La Chaux-de-Fonds	NE	2.94	4	11.5	1	2.5	54	2	E1, E5, E6*	2.7	2.3	2
33	Stoffel	Mels	SG	4.14	3	38.3	3	3	25	3	U6	3	3.0	3
34	Alte Spinnerei	Murg	SG	3.01	4	14.6	1	2.5	25	3	U6	3	2.9	3
35	Spoerry&Co AG	Flums	SG	4.08	3	30.8	3	3	25	3	Q4	3	3.0	3
36	SIG-Areal	Neuhausen	SH	1.62	5	7.6	1	3	12	5	H1, H2, H3, F2*	4.3	4.3	4
37	Sägerei Talmüli	Schleitheim	SH	5.52	3	61.8	5	4	22	5	B3	3	4.3	4
38	Urbahn Bleiche	Schaffhausen	SH	5.62	3	0.0	1	2	12	5	H1	5	4.3	4
39	Gewerbepark Aarefeld	Däniken	SO	2.17	4	38.8	3	3.5	14	4	F2	4	3.9	4
40	Industrie Riedholz	Riedholz	SO	2.13	4	27.6	3	3.5	14	4	H6	4	3.9	4
41	Industrie Luterbach	Luterbach	SO	1.08	5	36.3	3	4	14	4	F2	4	4.0	4
42	Herti SBB Lagerhallen	Brunnen	SZ	4.74	3	32.5	3	3	15	3	Q1	5	3.5	4
43	Ehem. Schallerplast	Küssnacht am Rigi	SZ	6.43	3	53.7	5	4	25	3	O5	2	3.0	3
44	Turgovia Gewerbepark	Lengwil	TG	2.24	4	60.0	5	4.5	23	5	H1	5	4.9	5
45	Parcell 2047	Avenches	VD	2.73	4	55.8	5	4.5	12	5	F1	2	4.1	4
46	ZI Les Marais	St. Maurice	VS	1.94	4	43.1	3	3.5	13	5	Q1	5	4.6	5

47	Ancien Cimenterie	St. Maurice	VS	2.53	4	37.4	3	3.5	13	5	Q1, Q5, U1*	3.2	4.2	4
48	SIG-Areal	Rafz	ZH	1.69	5	79.1	5	5	12	5	F2	4	4.8	5
49	FP Mollis	Mollis	GL	0.73	5	35.2	3	4	25	3	Q1	5	3.8	4
50	FP San Vittore	San Vittore	GR	0.75	5	25.1	3	4	16	1	Y1	3	2.3	2
51	FP Quinto	Quinto	TI	0.76	5	16.9	1	3	45	2	Y1	3	2.5	3
52	FP Ascona	Ascona	TI	2.33	4	18.4	1	2.5	16	1	Z5	5	2.4	4
53	FP Dübendorf	Dübendorf	ZH	0.38	5	35.7	3	4	13	5	G1, G2, G3, L4*	3.2	4.3	4
54	FP Interlaken	Interlaken	BE	0.41	5	44.7	3	4	14	4	Q2	3	3.8	4
55	Tampiteller	Ermensee	LU	3.93	4	59.6	5	4.5	14	4	G2	4	4.1	4
56	Ziegelei	Hochdorf	LU	1.62	5	35.3	3	4	14	4	G1	2	3.5	4
57	Cosmetic 1001	Hochdorf	LU	5.6	3	27.7	3	3	14	4	G1	2	3.3	3
58	Lang Areal	Reiden	LU	2.83	4	62.5	5	4.5	14	4	G2	4	4.1	4
59	Aentlebuch.ch	Aentlebuch	LU	1.69	5	54.3	5	5	35	3	O5	2	3.3	3

* Flächengewichtete Beurteilung der Bodeneignung

b) Fallstudienanalyse

Brachfläche				Bewirtschaftungseignung							Klimaeignung		Bodeneignung		Gesamtbeurteilung	
Flächentyp	Flächenname	Gemeinde	Kanton	Formfaktor	Klass.	Neigung [%]	Klass.	angr. Hindernisse [Anz.]	angr. LW-Flächen [Anz.]	Klass.	Klassierung	Klimeig_ID	Klassierung	Code''''	Klassierung	LW_Eign_fin
Baufläche	Coop Verteilzentrum	Schafisheim	AG	2.2	5	1.5	5	2	2	3	4.3	13	5	b, o	4.5*	4.7
Brachfläche	Reichhold-Chemie	Hausen/Lupfig	AG	2.35	4	1.5	5	3	2	2.5	3.8	13	5	b, o	4.5*	4.6
Baufläche	Eternit AG	Niederurnen	GL	1.12	5	0.5	5	2	3	3.5	4.5	25	5	d, h, l, m, t, u	2.3*	4.2
Brachfläche	aktuelle Eternit AG	Niederurnen	GL	1.3	5	0.5	5	4	0	1	3.7	25	5	d, h, l, m, t, u	2.3*	4.0
Brachfläche	Gewerbezentrum Ennenda Süd	Ennenda	GL	2.66	4	1.4	5	4	0	1	3.3	25	5	d, h, l, m, t, u	2.3*	3.9
Brachfläche	Spinnerei Linthal/Schöpfgruben	Linthal	GL	2.89	4	3.3	5	4	1	1.5	3.5	35	3	d, h, l, m, t, u	2.3*	3.0

* Flächengewichtete Beurteilung der Bodeneignung

'''' Gemäss Tab 3-10

C2 Potenzial für eine erholungsfunktionale Nutzung

a) Gesamtschweizerisches Wiederherstellungspotenzial

Brachfläche				Nachfrage		Bestehendes Angebot		Landsch. Erholungswert		Gesamtbeurteilung	
Unique Key	Brachname	Gemeinde	Kanton	Bevölkerungszahl	Klassierung	Versiegelungsgrad	Klassierung	Erholungswert	Klassierung	Erholungspotenzial	Klasseneinteilung
1	Reichhold-Chemie	Hausen/Lupfig	AG	2338	2	15.5	3	18	1	2.0	2
2	Ferrowohlen	Wohlen	AG	8615	4	35.0	5	15	1	3.5	4
3	Alte Bürstenfabrik	Oberentfelden	AG	7676	3	27.0	4	14	1	2.8	3
4	Gleis Nord (ehem. Hero-Areal)	Lenzburg	AG	10129	4	45.3	5	33	2	3.8	4
5	ehem. HKZ	Zofingen	AG	10584	4	40.5	5	14	1	3.5	4
6	Bebié/Sand	Linthal	GL	839	1	6.3	1	70	4	1.8	2
7	Spinnerei Linthal/Schöpfgruben	Linthal	GL	880	1	6.1	1	57	3	1.5	2
8	Cotlan/Sätliboden	Rüti	GL	545	1	4.2	1	48	3	1.5	2
9	Tschächli	Rüti	GL	415	1	2.7	1	47	3	1.5	2
10	Extex AG	Betschwanden	GL	383	1	2.0	1	38	2	1.3	1

11	Militärbaracken	Betschwanden	GL	371	1	2.2	1	38	2	1.3	1
12	Legler & Co/Allmend I	Diesbach	GL	451	1	1.9	1	42	2	1.3	1
13	Legler & Co/Allmend II	Diesbach	GL	452	1	2.0	1	43	2	1.3	1
14	Hefti-Areal/U. und Obere Fabrik	Hätzingen	GL	933	1	3.2	1	43	2	1.3	1
15	Komet Radio/Ennetlinth	Mitlödi	GL	1084	1	5.9	1	65	4	1.8	2
16	Mühlefuhr	Ennenda	GL	994	1	6.1	1	38	2	1.3	1
17	Gewerbezentrum Ennenda Süd	Ennenda	GL	2737	2	11.3	2	63	3	2.3	2
18	Holenstein Nord	Glarus	GL	4374	2	18.2	3	64	3	2.5	3
19	Hänggiturm/Tschachen	Ennenda	GL	6238	3	25.3	4	79	4	3.5	4
20	Spälty AG/Lerchen I	Riedern	GL	3237	2	12.7	2	21	1	1.8	2
21	Spälty AG/Lerchen II	Netstal	GL	3247	2	12.7	2	22	1	1.8	2
22	Verbandstoff-Fabrik/Löntschen	Netstal	GL	2964	2	14.1	2	32	2	2.0	2
23	Sauter-Bachmann/Sandrüti	Netstal	GL	2802	2	15.2	3	58	3	2.5	3
24	Alte Spinnerei/Zinggen	Mollis	GL	4960	3	17.3	3	28	2	2.8	3
25	Zschokke	Näfels	GL	6318	3	23.6	4	77	4	3.5	4
26	Spinnerei Oberurnen/Grütli	Oberurnen	GL	2606	2	12.6	2	46	3	2.3	2
27	Jenny-Areal	Ziegelbrücke	GL	2504	2	12.7	2	62	3	2.3	2
28	Tonwerk Passage I	Lausen	BL	5010	3	20.2	3	42	2	2.8	3
29	Tonwerk Passage II	Lausen	BL	4780	3	23.0	4	43	2	3.0	3
30	Usine Eisa	Neirivue	FR	429	1	2.0	1	39	2	1.3	1
31	Sofiparc SA	Delémont	JU	8075	3	44.4	5	23	1	3.0	3
32	Abatoirs	La Chaux-de-Fonds	NE	15707	4	36.6	5	15	1	3.5	4
33	Stoffel	Mels	SG	5238	3	15.6	3	64	3	3.0	3
34	Alte Spinnerei	Murg	SG	694	1	3.3	1	95	4	1.8	2
35	Spoerry&Co AG	Flums	SG	3174	2	10.9	2	77	4	2.5	3
36	SIG-Areal	Neuhausen	SH	9719	4	24.8	4	172	5	4.3	4
37	Sägerei Talmüli	Schleitheim	SH	501	1	22.6	4	63	3	2.3	2
38	Urbahn Bleiche	Schaffhausen	SH	10727	4	52.3	5	79	4	4.3	4
39	Gewerbepark Aarefeld	Däniken	SO	2784	2	23.4	4	16	1	2.3	2
40	Industrie Riedholz	Riedholz	SO	1921	2	12.6	2	61	3	2.3	2
41	Industrie Luterbach	Luterbach	SO	3570	2	12.4	2	52	3	2.3	2
42	Herti SBB Lagerhallen	Brunnen	SZ	6710	3	21.9	4	86	4	3.5	4
43	Ehem. Schallerplast	Küssnacht am Rigi	SZ	231	1	11.3	2	22	1	1.3	1
44	Turgovia Gewerbepark	Lengwil	TG	1218	1	5.9	1	12	1	1.0	1
45	Parcell 2047	Avenches	VD	1231	1	11.1	2	12	1	1.3	1
46	ZI Les Marais	St. Maurice	VS	2605	2	13.0	2	43	2	2.0	2
47	Ancien Cimenterie	St. Maurice	VS	2737	2	14.5	3	38	2	2.3	2
48	SIG-Areal	Rafz	ZH	2209	2	10.8	2	12	1	1.8	2
49	FP Mollis	Mollis	GL	6664	3	11.9	2	27	2	2.5	3
50	FP San Vittore	San Vittore	GR	1181	1	5.4	1	43	2	1.3	1
51	FP Quinto	Quinto	TI	910	1	5.6	1	42	2	1.3	1
52	FP Ascona	Ascona	TI	13188	4	29.5	4	24	2	3.5	4
53	FP Dübendorf	Dübendorf	ZH	23898	5	27.2	4	3	1	3.8	4
54	FP Interlaken	Interlaken	BE	8890	4	16.3	3	25	2	3.3	3
55	Tampiteller	Ermensee	LU	2529	2	11.7	2	17	1	1.8	2
56	Ziegelei	Hochdorf	LU	5730	3	18.5	3	26	2	2.8	3
57	Cosmetic 1001	Hochdorf	LU	6492	3	25.2	4	46	3	3.3	3
58	Lang Areal	Reiden	LU	3759	2	14.9	3	18	1	2.0	2
59	Aentlebuch.ch	Aentlebuch	LU	1997	2	5.2	1	60	3	2.0	2

b) Fallstudienanalyse

Brachfläche				Nachfrage		Bestehendes Angebot		Landsch. Erholungswert							Gesamt	
Flächentyp	Flächenname	Gemeinde	Kanton	Bevölkerungszahl	Klassierung	Versiegelungsgrad [%]	Klassierung	Distanz Gewässer [m]	Klassierung	Distanz Wald [m]	Klassierung	Lärmwert [db(A)]	Klassierung	Sichtbare Fläche [ha]	Klassierung	Erholungspotenzial
Baufläche	Coop Verteilzentrum	Schafisheim	AG	427	1	28.6	4	518	1	225	1	59	2	939	1	1.3
Brachfläche	Reichhold-Chemie	Hausen/Lupfig	AG	1674	3	23.4	3	1	4	54	3	62	2	1252	2	2.8
Baufläche	Eternit AG	Niederurnen	GL	1201	2	13.7	1	0	5	369	1	49	4	3882	5	3.3
Brachfläche	aktuelle Eternit AG	Niederurnen	GL	3524	5	28.8	5	0	5	48	4	46	4	3254	4	4.5
Brachfläche	Gewerbezentrum Ennenda Süd	Ennenda	GL	2192	4	20.9	2	20	5	138	2	50	3	2130	3	3.6
Brachfläche	Spinnerei Linthal/Schöpfgruben	Linthal	GL	572	1	13.5	1	13	5	76	3	42	4	1131	2	2.6

C3 Landschaftsästhetik (Identifikation und Tourismus)

a) Gesamtschweizerisches Wiederherstellungspotenzial

Brachfläche				Brachflächengrösse				Wahrgenommene Schönheit		Tourismus		Gesamtbeurteilung Identifikation		Gesamtbeurteilung Tourismus	
Unique Key	Brachenname	Gemeinde	Kanton	Flächengrösse [m ²]	Klass.	Versiegelungsgrad [%]	Klassierung	LABES-Wert	Klassierung	Potenzialwert	Klassierung	Identifikation	Klasseneinteilung	Tourismus	Klasseneinteilung
1	Reichhold-Chemie	Hausen/Lupfig	AG	47796	2	63	2	4.0	3	63.21	1	2.7	3	1.3	1
2	Ferrowohlen	Wohlen	AG	168121	3	68	3	4.0	3	67.99	1	3.0	3	1.7	2
3	Alte Bürstenfabrik	Oberentfelden	AG	22858	2	86	2	4.0	3	86.12	1	2.7	3	1.3	1
4	Gleis Nord (ehem. Hero-Areal)	Lenzburg	AG	56257	3	84	3	3.8	4	84.41	2	3.7	4	2.3	2
5	ehem. HKZ	Zofingen	AG	45363	2	90	2	3.8	4	89.94	2	3.3	3	2.0	2
6	Bebi/Sand	Linthal	GL	3328	2	83	2	4.2	2	82.89	4	2.0	2	3.3	3
7	Spinnerei Linthal/Schöpfgruben	Linthal	GL	25438	2	70	2	4.2	2	70.20	4	2.0	2	3.3	3
8	Cotlan/Sätliboden	Rüti	GL	8967	2	80	2	4.2	2	80.00	4	2.0	2	3.3	3
9	Tschächli	Rüti	GL	6964	2	53	2	4.2	2	52.94	4	2.0	2	3.3	3
10	Extex AG	Betschwanden	GL	1741	1	75	1	4.2	2	75.00	4	1.7	2	3.0	3
11	Militärbaracken	Betschwanden	GL	3275	2	61	2	4.2	2	60.53	4	2.0	2	3.3	3
12	Legler & Co/Allmend I	Diesbach	GL	5627	2	75	2	4.2	2	75.30	4	2.0	2	3.3	3
13	Legler & Co/Allmend II	Diesbach	GL	849	1	99	1	4.2	2	99.00	4	1.7	2	3.0	3
14	Hefti-Areal/U. und Obere Fabrik	Hätzingen	GL	20979	2	51	2	4.2	2	51.40	4	2.0	2	3.3	3
15	Komet Radio/Ennetlinth	Mitlödi	GL	1654	1	84	1	4.2	2	84.00	4	1.7	2	3.0	3
16	Mühlefuhr	Ennenda	GL	5836	2	68	2	4.2	2	67.57	4	2.0	2	3.3	3
17	Gewerbezentrum Ennenda Süd	Ennenda	GL	22570	2	82	2	4.2	2	81.63	4	2.0	2	3.3	3
18	Holenstein Nord	Glarus	GL	1209	1	56	1	4.2	2	56.00	4	1.7	2	3.0	3
19	Hänggiturm/Tschachen	Ennenda	GL	1664	1	88	1	4.2	2	88.00	4	1.7	2	3.0	3
20	Spälty AG/Lerchen I	Riedern	GL	4394	2	61	2	4.2	2	61.27	3	2.0	2	2.7	3
21	Spälty AG/Lerchen II	Netstal	GL	8544	2	56	2	4.2	2	56.05	3	2.0	2	2.7	3
22	Verbandstoff-Fabrik/Löntschen	Netstal	GL	4837	2	77	2	4.2	2	77.38	3	2.0	2	2.7	3
23	Sauter-Bachmann/Sandrüti	Netstal	GL	4787	2	81	2	4.2	2	80.50	3	2.0	2	2.7	3
24	Alte Spinnerei/Zinggen	Mollis	GL	16889	2	55	2	4.2	2	55.00	3	2.0	2	2.7	3
25	Zschokke	Näfels	GL	30468	2	70	2	4.2	2	70.26	4	2.0	2	3.3	3
26	Spinnerei Oberurnen/Grütli	Oberurnen	GL	9763	2	56	2	4.2	2	56.38	3	2.0	2	2.7	3
27	Jenny-Areal	Ziegelbrücke	GL	58621	3	56	3	4.2	2	55.66	3	2.3	2	3.0	3
28	Tonwerk Passage I	Lausen	BL	21357	2	90	2	3.7	4	90.29	2	3.3	3	2.0	2
29	Tonwerk Passage II	Lausen	BL	3161	2	58	2	3.7	4	58.00	2	3.3	3	2.0	2

30	Usine Eisa	Neirivue	FR	8777	2	65	2	4.1	3	65.00	4	2.7	3	3.3	3
31	Sofiparc SA	Delémont	JU	512	1	85	1	4.0	3	85.00	2	2.3	2	1.7	2
32	Abatoirs	La Chaux-de-Fonds	NE	18600	2	78	2	4.5	1	78.32	2	1.3	1	2.0	2
33	Stoffel	Mels	SG	16531	2	47	2	4.3	2	46.64	4	2.0	2	3.3	3
34	Alte Spinnerei	Murg	SG	15107	2	61	2	4.3	2	61.03	4	2.0	2	3.3	3
35	Spoerry&Co AG	Flums	SG	18817	2	63	2	4.3	2	63.22	3	2.0	2	2.7	3
36	SIG-Areal	Neuhausen	SH	82395	3	78	3	4.1	3	77.71	4	3.0	3	3.7	4
37	Sägerei Talmüli	Schleitheim	SH	8268	2	40	2	4.6	1	40.41	2	1.3	1	2.0	2
38	Urbahn Bleiche	Schaffhausen	SH	4782	2	89	2	4.1	3	89.18	4	2.7	3	3.3	3
39	Gewerbepark Aarefeld	Däniken	SO	70955	3	67	3	3.3	4	67.23	1	3.7	4	1.7	2
40	Industrie Riedholz	Riedholz	SO	111684	3	74	3	4.1	3	74.23	2	3.0	3	2.3	2
41	Industrie Luterbach	Luterbach	SO	368876	4	61	4	3.6	4	61.36	2	4.0	4	2.7	3
42	Herti SBB Lagerhallen	Brunnen	SZ	19172	2	83	2	4.3	2	83.00	3	2.0	2	2.7	3
43	Ehem. Schallerplast	Küssnacht am Rigi	SZ	4833	2	78	2	3.7	4	78.17	2	3.3	3	2.0	2
44	Turgovia Gewerbepark	Lengwil	TG	64359	3	50	3	4.2	2	50.00	2	2.3	2	2.3	2
45	Parcell 2047	Avenches	VD	25463	2	68	2	4.0	3	68.10	2	2.7	3	2.0	2
46	ZI Les Marais	St. Maurice	VS	40456	2	61	2	4.4	1	61.25	3	1.3	1	2.7	3
47	Ancien Cimenterie	St. Maurice	VS	38056	2	72	2	4.4	1	71.68	3	1.3	1	2.7	3
48	SIG-Areal	Rafz	ZH	72176	3	36	2*	3.6	4	36.36	1	3.3	3	1.3	1
49	FP Mollis	Mollis	GL	1033357	4	6	3*	4.2	2	6.38	3	2.3	2	3.0	3
50	FP San Vittore	San Vittore	GR	570198	4	2	3*	4.4	1	1.65	3	1.7	2	3.0	3
51	FP Quinto	Quinto	TI	827166	4	15	3*	3.9	3	15.29	4	3.0	3	3.7	4
52	FP Ascona	Ascona	TI	84909	3	11	2*	3.7	4	11.40	2	3.3	3	2.0	2
53	FP Dübendorf	Dübendorf	ZH	2449465	4	22	3*	4.1	3	21.78	1	3.0	3	1.7	2
54	FP Interlaken	Interlaken	BE	1472484	4	18	3*	4.5	1	17.79	3	1.7	2	3.0	3
55	Tampiteller	Ermensee	LU	12201	2	63	2	4.4	1	62.55	2	1.3	1	2.0	2
56	Ziegelei	Hochdorf	LU	76184	3	79	3	4.4	1	79.40	1	1.7	2	1.7	2
57	Cosmetic 1001	Hochdorf	LU	6135	2	83	2	4.4	1	82.67	2	1.3	1	2.0	2
58	Lang Areal	Reiden	LU	27921	2	53	2	4.1	3	53.46	1	2.7	3	1.3	1
59	Aentlebuch.ch	Aentlebuch	LU	71580	3	59	3	4.5	1	59.22	3	1.7	2	3.0	3

* Verminderung der Eignungsklasse des Brachflächenindicators infolge des geringen Versiegelungsgrads

b) Fallstudienanalyse

Brachfläche				Dominanz		Sichtbereich				Wanderwege in Sichtbereich				Wohnareale innerhalb von 500m				Gesamt	
Flächentyp	Flächennamen	Gemeinde	Kanton	Flächen-grösse [ha]	Klassie-rung	Fläche [ha]	Bufferfläche (1km) [ha]	Anteil [%]	Klassie-rung	Soll-Weg-länge [m]	Ist-Weg-länge [m]	Anteil [%]	Klassie-rung	Pufferfläche [ha]	Soll-Fläche Wohnareal+ [ha]	Ist-Fläche Wohnareal+ [ha]	Anteil [%]	Klassie-rung	Ästhetikpo-tenzial
Bauflä- che	Coop Verteilzentrum	Schafis- heim	AG	37677	3	57	397	14	1	673	0	0	0	122	8	6	75	2	1.5
Brachflä- che	Reichhold-Chemie	Hau- sen/Lupfig	AG	47796	4	138	425	33	3	1628	1220	75	2	136	9	18	200	4	3.3
Bauflä- che	Eternit AG	Niederur- nen	GL	203990	4	250	562	45	3	4050	4746	171	4	213	8	27	338	5	4
Brachflä- che	aktuelle Eternit AG	Niederur- nen	GL	125839	4	153	478	32	3	2479	5257	212	5	167	5	35	700	5	4.3
Brachflä- che	Gewerbezentrum Ennenda Süd	Ennenda	GL	22570	2	156	375	42	3	2527	4132	164	4	110	4	11	275	5	3.5
Brachflä- che	Spinnerei Linthal/Schöpfgruben	Linthal	GL	25438	2	104	386	27	2	1685	3622	215	5	116	4	16	400	5	3.5

C4 Wasserregulierungspotenzial

Gesamtschweizerisches Wiederherstellungspotenzial

Unique Key	Brachfläche			2-jährliches Niederschlagsereignis		Bodenversiegelung		Gesamtbeurteilung	
	Brachename	Gemeinde	Kanton	Niederschlagsmenge [mm/d]	Klassierung	Versiegelungsgrad [%]	Klassierung	Hydr. Regulierung	Klasseneinteilung
1	Reichhold-Chemie	Hausen/Lupfig	AG	41	1	79.8	4	2.5	3
2	Ferrowohlen	Wohlen	AG	43	1	95.0	5	3.0	3
3	Alte Bürstenfabrik	Oberentfelden	AG	43	1	57.0	3	2.0	2
4	Gleis Nord (ehem. Hero-Areal)	Lenzburg	AG	41	1	88.5	5	3.0	3
5	ehem. HKZ	Zofingen	AG	42	1	82.7	5	3.0	3
6	Bebié/Sand	Linthal	GL	67	3	46.0	3	3.0	3
7	Spinnerei Linthal/Schöpfgruben	Linthal	GL	68	3	64.0	4	3.5	4
8	Cotlan/Sätliboden	Rüti	GL	68	3	27.5	2	2.5	3
9	Tschächli	Rüti	GL	67	3	26.4	2	2.5	3
10	Extex AG	Betschwanden	GL	66	3	10.0	1	2.0	2
11	Militärbaracken	Betschwanden	GL	66	3	10.0	1	2.0	2
12	Legler & Co/Allmend I	Diesbach	GL	66	3	8.7	1	2.0	2
13	Legler & Co/Allmend II	Diesbach	GL	66	3	8.7	1	2.0	2
14	Hefti-Areal/U. und Obere Fabrik	Hätzingen	GL	67	3	45.2	3	3.0	3
15	Komet Radio/Ennetlinth	Mitlödi	GL	67	3	62.1	4	3.5	4
16	Mühlefuhr	Ennenda	GL	65	3	13.6	1	2.0	2
17	Gewerbezentrum Ennenda Süd	Ennenda	GL	60	3	71.9	4	3.5	4
18	Holenstein Nord	Glarus	GL	60	3	13.5	1	2.0	2
19	Hänggiturm/Tschachen	Ennenda	GL	60	3	63.3	4	3.5	4
20	Spälty AG/Lerchen I	Riedern	GL	61	3	39.8	2	2.5	3
21	Spälty AG/Lerchen II	Netstal	GL	61	3	17.3	1	2.0	2
22	Verbandstoff-Fabrik/Löntschen	Netstal	GL	61	3	50.0	3	3.0	3
23	Sauter-Bachmann/Sandrüti	Netstal	GL	61	3	61.0	4	3.5	4
24	Alte Spinnerei/Zinggen	Mollis	GL	67	3	26.1	2	2.5	3
25	Zschokke	Näfels	GL	67	3	53.8	3	3.0	3
26	Spinnerei Oberurnen/Grütli	Oberurnen	GL	65	3	43.2	3	3.0	3
27	Jenny-Areal	Ziegelbrücke	GL	60	3	34.8	2	2.5	3
28	Tonwerk Passage I	Lausen	BL	39	1	77.3	4	2.5	3
29	Tonwerk Passage II	Lausen	BL	39	1	77.3	4	2.5	3
30	Usine Eisa	Neirivue	FR	46	2	14.4	1	1.5	2
31	Sofiparc SA	Delémont	JU	39	1	84.8	5	3.0	3
32	Abatoirs	La Chaux-de-Fonds	NE	47	2	70.4	4	3.0	3
33	Stoffel	Mels	SG	49	2	28.1	2	2.0	2
34	Alte Spinnerei	Murg	SG	58	3	67.2	4	3.5	4
35	Spoerry&Co AG	Flums	SG	51	2	19.0	1	1.5	2
36	SIG-Areal	Neuhausen	SH	39	1	83.1	5	3.0	3
37	Sägerei Talmüli	Schleitheim	SH	40	1	12.0	1	1.0	1
38	Urbahn Bleiche	Schaffhausen	SH	39	1	67.5	4	2.5	3
39	Gewerbepark Aarefeld	Däniken	SO	41	1	81.7	5	3.0	3
40	Industrie Riedholz	Riedholz	SO	45	2	64.5	4	3.0	3
41	Industrie Luterbach	Luterbach	SO	45	2	66.9	4	3.0	3
42	Herti SBB Lagerhallen	Brunnen	SZ	56	3	68.2	4	3.5	4
43	Ehem. Schallerplast	Küssnacht am Rigi	SZ	52	3	84.4	5	4.0	4
44	Turgovia Gewerbepark	Lengwil	TG	45	2	32.3	2	2.0	2
45	Parcel 2047	Avenches	VD	44	2	61.5	4	3.0	3
46	ZI Les Marais	St. Maurice	VS	44	2	61.3	4	3.0	3
47	Ancien Cimenterie	St. Maurice	VS	44	2	58.6	3	2.5	3
48	SIG-Areal	Rafz	ZH	41	1	51.7	3	2.0	2
49	FP Mollis	Mollis	GL	64	3	15.7	1	2.0	2

50	FP San Vittore	San Vittore	GR	97	4	0.0	1	2.5	3
51	FP Quinto	Quinto	TI	91	4	11.1	1	2.5	3
52	FP Ascona	Ascona	TI	125	5	20.2	2	3.5	4
53	FP Dübendorf	Dübendorf	ZH	44	2	31.5	2	2.0	2
54	FP Interlaken	Interlaken	BE	43	1	27.6	2	1.5	2
55	Tampiteller	Ermensee	LU	45	2	36.2	2	2.0	2
56	Ziegelei	Hochdorf	LU	45	2	78.6	4	3.0	3
57	Cosmetic 1001	Hochdorf	LU	45	2	79.1	4	3.0	3
58	Lang Areal	Reiden	LU	41	1	48.2	3	2.0	2
59	Aentlebuch.ch	Aentlebuch	LU	51	2	21.8	2	2.0	2

C5 Potenzial als Hochwasserretentionsfläche

Gesamtschweizerisches Wiederherstellungspotenzial

Unique Key	Brachfläche			Gesamtbeurteilung	
	Brachenname	Gemeinde	Kanton	Jährlichkeit [Jahre]	Klasse der Retentionseignung
1	Reichhold-Chemie	Hausen/Lupfig	AG	50	4
2	Ferrowohlen	Wohlen	AG	50	4
3	Alte Bürstenfabrik	Oberentfelden	AG	100	3
4	Gleis Nord (ehem. Hero-Areal)	Lenzburg	AG	50	4
5	ehem. HKZ	Zofingen	AG	100	3
6	Bebié/Sand	Linthal	GL	50	4
7	Spinnerei Linthal/Schöpfgruben	Linthal	GL	50	4
8	Cotlan/Sätliboden	Rüti	GL	50	4
9	Tschächli	Rüti	GL	50	4
10	Extex AG	Betschwanden	GL	50	4
11	Militärbaracken	Betschwanden	GL	50	4
12	Legler & Co/Allmend I	Diesbach	GL	50	4
13	Legler & Co/Allmend II	Diesbach	GL	50	4
14	Hefti-Areal/U. und Obere Fabrik	Hätzingen	GL	50	4
15	Komet Radio/Ennetlinth	Mitlödi	GL	50	4
16	Mühlefuhr	Ennenda	GL	50	4
17	Gewerbezentrum Ennenda Süd	Ennenda	GL	50	4
18	Holenstein Nord	Glarus	GL	50	4
19	Hänggiturm/Tschachen	Ennenda	GL	50	4
20	Spälty AG/Lerchen I	Riedern	GL	0	0
21	Spälty AG/Lerchen II	Netstal	GL	50	4
22	Verbandstoff-Fabrik/Löntschen	Netstal	GL	50	4
23	Sauter-Bachmann/Sandrüti	Netstal	GL	50	4
24	Alte Spinnerei/Zinggen	Mollis	GL	50	4
25	Zschokke	Näfels	GL	100	3
26	Spinnerei Oberumen/Grütli	Oberumen	GL	50	4
27	Jenny-Areal	Ziegelbrücke	GL	50	4
28	Tonwerk Passage I	Lausen	BL	0	0
29	Tonwerk Passage II	Lausen	BL	0	0
30	Usine Eisa	Neirivue	FR	0	0
31	Sofiparc SA	Delémont	JU	100	3
32	Abatoirs	La Chaux-de-Fonds	NE	0	0
33	Stoffel	Mels	SG	0	0
34	Alte Spinnerei	Murg	SG	50	4
35	Spoerry&Co AG	Flums	SG	50	4
36	SIG-Areal	Neuhausen	SH	250	2

37	Sägerei Talmüli	Schleitheim	SH	50	4
38	Urbahn Bleiche	Schaffhausen	SH	0	0
39	Gewerbepark Aarefeld	Däniken	SO	0	0
40	Industrie Riedholz	Riedholz	SO	50	4
41	Industrie Luterbach	Luterbach	SO	50	4
42	Herti SBB Lagerhallen	Brunnen	SZ	100	3
43	Ehem. Schallerplast	Küssnacht am Rigi	SZ	100	3
44	Turgovia Gewerbepark	Lengwil	TG	0	0
45	Parcell 2047	Avenches	VD	100	3
46	ZI Les Marais	St. Maurice	VS	250	2
47	Ancien Cimenterie	St. Maurice	VS	0	0
48	SIG-Areal	Rafz	ZH	0	0
49	FP Mollis	Mollis	GL	50	4
50	FP San Vittore	San Vittore	GR	100	3
51	FP Quinto	Quinto	TI	50	4
52	FP Ascona	Ascona	TI	100	3
53	FP Dübendorf	Dübendorf	ZH	100	3
54	FP Interlaken	Interlaken	BE	50	4
55	Tampiteller	Ermensee	LU	0	0
56	Ziegelei	Hochdorf	LU	100	3
57	Cosmetic 1001	Hochdorf	LU	100	3
58	Lang Areal	Reiden	LU	100	3
59	Aentlebuch.ch	Aentlebuch	LU	50	4

C6 Natürliche Vielfalt

a) Gesamtschweizerisches Wiederherstellungspotenzial

Unique Key	Brachfläche			Nähe zu potenziellem Habitat		Isolation der Fläche		Gesamtbeurteilung	
	Brachename	Gemeinde	Kanton	Distanz [m]	Klassierung	eff. Maschenweite [km ²]	Klassierung	Hydr. Regulierung	Klasseneinteilung
1	Reichhold-Chemie	Hausen/Lupfig	AG	524	3	10.58	2	2.5	3
2	Ferrowohlen	Wohlen	AG	1339	2	4.89	1	1.5	2
3	Alte Bürstenfabrik	Oberentfelden	AG	1477	1	13.96	2	1.5	2
4	Gleis Nord (ehem. Hero-Areal)	Lenzburg	AG	1293	2	4.91	1	1.5	2
5	ehem. HKZ	Zofingen	AG	1054	2	5.58	1	1.5	2
6	Bebié/Sand	Linthal	GL	665	3	688.10	5	4.0	4
7	Spinnerei Linthal/Schöpfgruben	Linthal	GL	487	3	688.10	5	4.0	4
8	Cotlan/Sätliboden	Rüti	GL	97	5	688.10	5	5.0	5
9	Tschächli	Rüti	GL	47	5	688.10	5	5.0	5
10	Extex AG	Betschwanden	GL	248	4	688.10	5	4.5	5
11	Militärbaracken	Betschwanden	GL	187	4	688.10	5	4.5	5
12	Legler & Co/Allmend I	Diesbach	GL	406	4	688.10	5	4.5	5
13	Legler & Co/Allmend II	Diesbach	GL	313	4	688.10	5	4.5	5
14	Hefti-Areal/U. und Obere Fabrik	Hätzingen	GL	185	4	688.10	5	4.5	5
15	Komet Radio/Ennetlinth	Mitlödi	GL	56	5	688.10	5	5.0	5
16	Mühlefuhr	Ennenda	GL	39	5	688.10	5	5.0	5
17	Gewerbezentrum Ennenda Süd	Ennenda	GL	239	4	688.10	5	4.5	5
18	Holenstein Nord	Glarus	GL	417	4	688.10	5	4.5	5
19	Hänggirturm/Tschachen	Ennenda	GL	55	5	688.10	5	5.0	5
20	Spälty AG/Lerchen I	Riedern	GL	1005	2	688.10	5	3.5	4
21	Spälty AG/Lerchen II	Netstal	GL	990	2	688.10	5	3.5	4
22	Verbandstoff-Fabrik/Löntschen	Netstal	GL	701	3	688.10	5	4.0	4
23	Sauter-Bachmann/Sandrüti	Netstal	GL	312	4	688.10	5	4.5	5

24	Alte Spinnerei/Zinggen	Mollis	GL	701	3	688.10	5	4.0	4
25	Zschokke	Näfels	GL	926	2	688.10	5	3.5	4
26	Spinnerei Oberurnen/Grütli	Oberurnen	GL	740	3	688.10	5	4.0	4
27	Jenny-Areal	Ziegelbrücke	GL	201	4	688.10	5	4.5	5
28	Tonwerk Passage I	Lausen	BL	638	3	10.68	2	2.5	3
29	Tonwerk Passage II	Lausen	BL	689	3	10.68	2	2.5	3
30	Usine Eisa	Neirivue	FR	115	5	267.83	4	4.5	5
31	Sofiparc SA	Delémont	JU	796	3	50.19	3	3.0	3
32	Abatoirs	La Chaux-de-Fonds	NE	153	5	31.14	2	3.5	4
33	Stoffel	Mels	SG	1021	2	749.97	5	3.5	4
34	Alte Spinnerei	Murg	SG	2159	1	749.97	5	3.0	3
35	Spoerry&Co AG	Flums	SG	2295	1	749.97	5	3.0	3
36	SIG-Areal	Neuhausen	SH	1131	2	44.16	3	2.5	3
37	Sägerei Talmüli	Schleitheim	SH	193	4	70.07	3	3.5	4
38	Urbahn Bleiche	Schaffhausen	SH	1418	1	44.16	3	2.0	2
39	Gewerbepark Aarefeld	Däniken	SO	941	2	12.89	2	2.0	2
40	Industrie Riedholz	Riedholz	SO	52	5	63.26	3	4.0	4
41	Industrie Luterbach	Luterbach	SO	238	4	2.72	1	2.5	3
42	Herti SBB Lagerhallen	Brunnen	SZ	463	3	379.87	4	3.5	4
43	Ehem. Schallerplast	Küssnacht am Rigi	SZ	919	2	17.19	2	2.0	2
44	Turgovia Gewerbepark	Lengwil	TG	443	3	3.37	1	2.0	2
45	Parcel 2047	Avenches	VD	591	3	6.03	1	2.0	2
46	ZI Les Marais	St. Maurice	VS	976	2	225.40	4	3.0	3
47	Ancien Cimenterie	St. Maurice	VS	1023	2	225.40	4	3.0	3
48	SIG-Areal	Rafz	ZH	1220	2	4.75	1	1.5	2
49	FP Mollis	Mollis	GL	530	3	688.10	5	4.0	4
50	FP San Vittore	San Vittore	GR	308	4	444.08	4	4.0	4
51	FP Quinto	Quinto	TI	669	3	382.52	4	3.5	4
52	FP Ascona	Ascona	TI	1046	2	664.74	5	3.5	4
53	FP Dübendorf	Dübendorf	ZH	910	2	1.93	1	1.5	2
54	FP Interlaken	Interlaken	BE	1903	1	427.18	4	2.5	3
55	Tampiteller	Ermensee	LU	894	2	6.44	1	1.5	2
56	Ziegelei	Hochdorf	LU	231	4	6.44	1	2.5	3
57	Cosmetic 1001	Hochdorf	LU	428	4	6.44	1	2.5	3
58	Lang Areal	Reiden	LU	1582	1	99.80	3	2.0	2
59	Aentlebuch.ch	Aentlebuch	LU	0	5	294.06	4	4.5	5

a) Fallstudienanalyse

Brachfläche				Funddaten					Landschaftselemente				Gesamt
Flächentyp	Flächenname	Gemeinde	Kanton	letztes Fundjahr	Klassierung	stark gefährdete Arten	Klassierung	Klassierung	Eignungsklasse	Fläche [m ²]	Anteil [%]	Klassierung	Habitatpotenzial
Baufläche	Coop Verteilzentrum	Schafisheim	AG	2013	5	ja aktuellste Fundjahrklasse	5	5	0	1217341	10.5	3.6	4.3
									1	470877	4.0		
									2	11384	0.1		
									3	1766972	15.2		
									4	4817020	41.4		
									5	3363805	28.9		
Brachfläche	Reichhold-Chemie	Hausen/Lupfig	AG	2006	3	ja aktuellste Fundjahrklasse	5	3.6	0	757657	6.3	3.8	3.7
									1	339925	2.8		
									2	147666	1.2		
									3	1069880	8.9		
									4	6667970	55.2		
									5	3091218	25.6		

Baufläche	Eternit AG	Niederurnen	GL	2012	5	ja ältere Fundjahrklasse	3	4.4	0	852163	6.0	3.8	4.1
									1	298018	2.1		
									2	297887	2.1		
									3	1159569	8.1		
									4	7899840	55.3		
									5	3766163	26.4		
Brachfläche	aktuelle Eternit AG	Niederurnen	GL	2012	5	ja ältere Fundjahrklasse	3	4.4	0	922488	7.2	3.8	4.1
									1	273942	2.1		
									2	191769	1.5		
									3	1088216	8.4		
									4	7134630	55.4		
									5	3275730	25.4		
Brachfläche	Gewerbezentrum Ennenda Süd	Ennenda	GL	2012	5	nein	0	3.5	0	491193	4.4	4.1	3.8
									1	237459	2.1		
									2	159536	1.4		
									3	784235	7.0		
									4	4801350	42.8		
									5	4757377	42.4		
Brachfläche	Spinnerei Linthal/Schöpfgruben	Linthal	GL	2012	5	nein	0	3.5	0	227320	2.0	4.3	3.9
									1	90221	0.8		
									2	170458	1.5		
									3	647439	5.7		
									4	4550940	39.8		
									5	5742705	50.2		

C7 Industrie und Gewerbe als konkurrierender Raumanpruch

Brachfläche				Nähe zu Autobahnanschluss		öV-Erschliessung	
Unique Key	Brachename	Gemeinde	Kanton	Distanz zu Autobahnanschluss [m]	Klassierung	öV-Güteklasse	Klassierung
1	Reichhold-Chemie	Hausen/Lupfig	AG	261	5	C	3
2	Ferrowohlen	Wohlen	AG	8287	3	C	3
3	Alte Bürstenfabrik	Oberentfelden	AG	3001	5	C	3
4	Gleis Nord (ehem. Hero-Areal)	Lenzburg	AG	2136	5	A	5
5	ehem. HKZ	Zofingen	AG	1609	5	B	4
6	Bebié/Sand	Linthal	GL	26738	1	keine Güteklasse	1
7	Spinnerei Linthal/Schöpfgruben	Linthal	GL	25896	1	D	2
8	Cotlan/Sätliboden	Rüti	GL	24861	1	D	2
9	Tschächli	Rüti	GL	23959	1	keine Güteklasse	1
10	Extex AG	Betschwanden	GL	23069	1	D	2
11	Militärbaracken	Betschwanden	GL	23117	1	D	2
12	Legler & Co/Allmend I	Diesbach	GL	22339	1	keine Güteklasse	1
13	Legler & Co/Allmend II	Diesbach	GL	22242	1	keine Güteklasse	1
14	Hefti-Areal/U. und Obere Fabrik	Hätzingen	GL	20475	1	D	2
15	Komet Radio/Ennetlinth	Mitlödi	GL	14267	3	D	2
16	Mühlefuhr	Ennenda	GL	12432	3	keine Güteklasse	1
17	Gewerbezentrum Ennenda Süd	Ennenda	GL	11568	3	D	2
18	Holenstein Nord	Glarus	GL	11149	3	D	2
19	Hänggiturm/Tschachen	Ennenda	GL	10302	3	D	2
20	Spälty AG/Lerchen I	Riedern	GL	8502	3	D	2
21	Spälty AG/Lerchen II	Netstal	GL	8056	3	keine Güteklasse	1
22	Verbandstoff-Fabrik/Löntschen	Netstal	GL	7494	3	D	2

23	Sauter-Bachmann/Sandrüti	Netstal	GL	7118	3	D	2
24	Alte Spinnerei/Zinggen	Mollis	GL	3780	5	keine Güteklasse	1
25	Zschokke	Näfels	GL	2557	5	C	3
26	Spinnerei Oberurnen/Grütli	Oberurnen	GL	1853	5	D	2
27	Jenny-Areal	Ziegelbrücke	GL	2960	5	A	5
28	Tonwerk Passage I	Lausen	BL	858	5	C	3
29	Tonwerk Passage II	Lausen	BL	841	5	C	3
30	Usine Eisa	Neirivue	FR	10325	3	D	2
31	Sofiparc SA	Delémont	JU	1881	5	A	5
32	Abatoirs	La Chaux-de-Fonds	NE	2778	5	B	4
33	Stoffel	Mels	SG	2369	5	D	2
34	Alte Spinnerei	Murg	SG	1757	5	D	2
35	Spoerry&Co AG	Flums	SG	1142	5	D	2
36	SIG-Areal	Neuhausen	SH	2024	5	B	4
37	Sägerei Talmüli	Schleitheim	SH	16892	1	keine Güteklasse	1
38	Urbahn Bleiche	Schaffhausen	SH	1158	5	A	5
39	Gewerbepark Aarefeld	Däniken	SO	8290	3	C	3
40	Industrie Riedholz	Riedholz	SO	5734	3	D	2
41	Industrie Luterbach	Luterbach	SO	4084	5	C	3
42	Herti SBB Lagerhallen	Brunnen	SZ	1190	5	B	4
43	Ehem. Schallerplast	Küssnacht am Rigi	SZ	1220	5	D	2
44	Turgovia Gewerbepark	Lengwil	TG	5006	3	D	2
45	Parcell 2047	Avenches	VD	1949	5	keine Güteklasse	1
46	ZI Les Marais	St. Maurice	VS	1266	5	keine Güteklasse	1
47	Ancien Cimenterie	St. Maurice	VS	1113	5	D	2
48	SIG-Areal	Rafz	ZH	8550	3	C	3
49	FP Mollis	Mollis	GL	5306	3	keine Güteklasse	1
50	FP San Vittore	San Vittore	GR	3407	5	D	2
51	FP Quinto	Quinto	TI	493	5	B	4
52	FP Ascona	Ascona	TI	1640	5	D	2
53	FP Dübendorf	Dübendorf	ZH	493	5	B	4
54	FP Interlaken	Interlaken	BE	1059	5	C	3
55	Tampiteller	Ermensee	LU	13767	3	D	2
56	Ziegelei	Hochdorf	LU	9065	3	D	2
57	Cosmetic 1001	Hochdorf	LU	8799	3	C	3
58	Lang Areal	Reiden	LU	2003	5	D	2
59	Aentlebuch.ch	Aentlebuch	LU	14162	3	C	3

D ArcGIS – Gewählte Einstellungen und Parameter für die Auswertung

Network Dataset Creation	
Model Global Turns?	Yes
Connectivity	End Point
Model Elevation?	None
Attributes	Length, Cost, Metres
Driving Direction Settings	No
Service Layer Properties	
Polygon Generation: Multiple Facilities Options	Merge by break value
Polygon Generation: Overlap Type	Disks
Analysis Settings: Direction	Towards Facility
Analysis Settings: Default Breaks	1000 (Length[Meters])

9 Selbständigkeitserklärung

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.

Datum

Unterschrift