

# Ökosystemleistungen im Siedlungsraum:

## Analyse des Potentials der Lebensraumqualität für vier Verdichtungsszenarien in Schlieren



GEO511 - Masterarbeit  
an der mathematisch-naturwissenschaftlichen Fakultät  
der Universität Zürich

vorgelegt von

**Jonas Thalmann**

Juli 2012

**Verfasser:**

Jonas Thalmann  
jonas.thalmann@uzh.ch

**Institut:**

Geographisches Institut  
Universität Zürich – Irchel  
Winterthurerstrasse 190  
8057 Zürich



Mathematisch-naturwissenschaftliche Fakultät  
Geographisches Institut der Universität Zürich  
Abteilung Geographische Informationssysteme (GIS)

---

# Ökosystemleistungen im Siedlungsraum: Analyse des Potentials der Lebensraumqualität für vier Verdichtungsszenarien in Schlieren

GEO511 - Masterarbeit

**Verfasser:**

Jonas Thalmann  
Unter-Sidhalde  
6010 Kriens

Matrikelnummer: 06-121-834  
jonas.thalmann@uzh.ch

**Abgabedatum:**

20. Juli 2012

**Betreuung:**

Prof. Dr. Robert Weibel  
Geographisches Institut der Universität Zürich

Dr. Ulrike Wissen Hayek  
Institut für Raum- und Landschaftsentwick-  
lung der ETH Zürich

Noemi Neuenschwander  
Institut für Raum- und Landschaftsentwick-  
lung der ETH Zürich

**Fakultätsvertretung:**

Prof. Dr. Robert Weibel  
Geographisches Institut der Universität Zürich



## Vorwort

Mein persönlicher Wunsch für das Verfassen der vorliegenden Masterarbeit war es, die Themenbereiche Geographische Informationssysteme (GIS) sowie Raum- und Landschaftsentwicklung miteinander zu verbinden und zu vertiefen.

Vorausgegangen sind zwei Praktikas bei der Dienststelle Raumentwicklung, Wirtschaftsförderung und Geoinformation (rawi) des Kantons Luzern sowie beim Amt für Raumentwicklung des Kantons Nidwalden, welche mein Interesse für die beiden Themenbereiche gefördert und mich dazu bewogen haben, jene Vertiefungsrichtungen im Masterstudium zu wählen.

Ausschlaggebend für die Wahl des Themas war die Ausschreibung der Arbeit am Lehrstuhl Planung von Landschaft und urbanen Systemen (PLUS), des Instituts für Raum- und Landschaftsentwicklung an der Eidgenössischen Technischen Hochschule Zürich (ETH).

Ich danke herzlich meinem Betreuer Herrn Professor Dr. Robert Weibel und meinen Betreuerinnen Frau Dr. Ulrike Wissen Hayek und Frau Noemi Neuenschwander für ihre kompetente, konstruktive und hilfsbereite Unterstützung.

Auch bedanke ich mich bei allen Experten und Expertinnen, welche durch ihr Fachwissen und ihre Hilfsbereitschaft die vorliegende Masterarbeit ermöglicht haben.

Kriens, 20. Juli 2012

Jonas Thalmann

## Zusammenfassung

Siedlungsfreiräume stiften der Bevölkerung auf vielfältige Weise Nutzen und tragen dadurch zur Lebensraumqualität bei. Dies wird durch sogenannte Ökosystemleistungen ermöglicht. Ökosystemleistungen sind ökologische Beiträge, die dem Menschen einen direkten Nutzen erbringen.

In den letzten Jahrzehnten erfolgte in der Schweiz eine starke Siedlungsausdehnung und Zersiedlung. Dem soll durch eine Siedlungsentwicklung nach Innen entgegengewirkt werden. Jedoch verstärkt sich dadurch der Druck auf bestehende Siedlungsfreiräume und es ist fraglich, ob das Potential von Ökosystemleistungen erhalten, bzw. die Lebensraumqualität auch in Zukunft gewährleistet werden kann.

Ziel der Arbeit ist es Indikatoren zu bestimmen sowie Berechnungsmethoden aufzuzeigen und durchzuführen, welche das Potential der von Siedlungsfreiräumen erbrachten Ökosystemleistungen wiedergeben. Dies soll Akteure aus dem Planungsumfeld dabei unterstützen, die wichtigsten Ökosystemleistungspotentiale einfach und schnell mit den vorhandenen Daten zu berechnen, um daraus planungsrelevante Aussagen ableiten zu können.

In dieser Arbeit wird der Fokus auf sechs Bereiche von finalen Ökosystemleistungen gelegt, welche die zentralen Qualitäten von Freiräumen im Siedlungsgebiet abdecken. Die Berechnungen der Potentiale erfolgen am Fallbeispiel der Stadt Schlieren und basieren auf einer Grünraumtypologie, welche mit den ausgewählten Indikatoren und Berechnungsmethoden verknüpft ist. Die Berechnung und Interpretation der Ergebnisse werden für den Ist-Zustand und für vier verschiedene Verdichtungsszenarien durchgeführt. Die Operationalisierung erfolgt mit Hilfe eines Geographischen Informationssystems (GIS).

Die bestimmten Indikatoren und Ansätze geben Akteuren aus der Planung eine Übersicht über das vorliegende Angebot, respektive Angebotsdefizit der Ökosystemleistungspotentiale. Sie helfen aufzuzeigen wo Handlungsbedarf besteht bzw. wo Schwerpunkte zur Verbesserung der Qualitäten zu setzen sind und wie, bzw. wo Verdichtung nach Innen geeignet durchzuführen ist, bei Erhaltung der wichtigsten Ökosystemleistungspotentiale.

Die Resultate ermöglichen sowohl räumlich quantitative als auch qualitative Aussagen über die Potentiale der Ökosystemleistungen. Darüber hinaus lassen sich die Ansätze auf zukünftige Siedlungsentwicklungsszenarien anwenden. So können Auswirkungen unterschiedlicher Entwicklungen auf die Ökosystemleistungspotentiale aufgezeigt, miteinander verglichen und bezüglich ihrer Qualität beurteilt werden.

Expertengespräche mit Akteuren aus dem Planungsumfeld haben aufgezeigt, dass die Indikatoren und Ansätze der erholungsfunktionalen Versorgung als besonders nützliches Planungsinstrument zu werten sind und Planungsentscheide beeinflussen können. Ebenfalls als geeignet erwiesen sich das Grünvolumen als Indikator für mikroklimatische und lufthygienische Qualitäten, die landwirtschaftliche Nutzungseignung als Indikator für die Nahrungsmittelproduktion ausserhalb des Siedlungsgebiets sowie die Berechnung der Sichtqualität als Indikator für identitätsstiftende Qualitäten.

Die Konnektivitätsberechnung von Leitarten zur Berechnung der Biodiversität wurde als nützliches Planungsinstrument beurteilt, falls der Fokus auf einer bestimmten Leitart liegt. Als eher ungeeignet befunden wurde die Berechnung des Oberflächenabflusses als Indikator der Regulierung des Wasserhaushalts, sowie die Hangneigung und der Umfang zur Fläche als Indikatoren der Nahrungsmittelproduktion im Siedlungsgebiet.

Im planerischen Entscheidungsprozess sind die als geeignet bewerteten Indikatoren und Ansätze in einer frühen Phase auf einer kommunalen oder regionalen Betrachtungsebene einsetzbar. Sie können zu einer qualitätsvollen Siedlungsentwicklung beitragen, welche die im Raumplanungsbericht 2005 vom Bund geforderte Innenverdichtung erzielt, gleichzeitig aber wichtige Ökosystemleistungspotentiale im Abwägungsprozess verschiedener Nutzeransprüche in Betracht zieht.

# Inhaltsverzeichnis

<b>1</b>	<b>Einleitung .....</b>	<b>1</b>
1.1	Problemstellung .....	1
1.2	Ziele .....	2
1.3	Hintergrund.....	3
<b>2</b>	<b>Theoretische Grundlagen und Stand der Forschung.....</b>	<b>4</b>
2.1	Ökosystemleistungen in Siedlungsräumen .....	4
2.1.1	Begriff der Ökosystemleistungen .....	4
2.1.2	Beitrag zur Lebensraumqualität .....	5
2.1.3	Relevante Ökosystemleistungen für Freiraumkonzepte in Siedlungsräumen.....	6
2.2	Integration von Ökosystemleistungen in Planungsinstrumenten.....	14
2.2.1	Nachhaltige Siedlungsentwicklung .....	14
2.2.2	Verwendung von GIS in der Siedlungsplanung .....	15
2.3	Quantifizierung von Ökosystemleistungspotentialen .....	17
2.3.1	Einflussgrößen, Indikatoren und Berechnungsmethoden .....	17
2.3.2	Regulierung des Wasserhaushalts .....	17
2.3.3	Erholungsfunktionale Versorgung .....	21
2.3.4	Regulierung des Mikroklimas und der Luftqualität .....	24
2.3.5	Produktion von Nahrungsmitteln .....	29
2.3.6	Soziale und identitätsstiftende Qualität.....	33
2.3.7	Biodiversität .....	36
2.4	Forschungslücken .....	40
<b>3</b>	<b>Methodik und Daten .....</b>	<b>42</b>
3.1	Untersuchungsgebiet .....	42
3.2	Datenlage .....	43
3.2.1	Grünraumtypologie .....	43
3.2.2	Software und Daten.....	46
3.3	Vorgehen bei der Auswahl von Indikatoren und Berechnungsmethoden .....	47
<b>4</b>	<b>Berechnungen der Ökosystemleistungspotentiale für den Status Quo .....</b>	<b>48</b>
4.1	Regulierung des Wasserhaushalts .....	48
4.2	Erholungsfunktionale Versorgung.....	53
4.3	Regulierung des Mikroklimas und der Luftqualität .....	61
4.4	Produktion von Nahrungsmitteln.....	65
4.5	Soziale und identitätsstiftende Qualität .....	69
4.6	Biodiversität.....	74

---

<b>5</b>	<b>Resultate für den Status Quo .....</b>	<b>80</b>
5.1	Regulierung des Wasserhaushalts .....	80
5.2	Erholungsfunktionale Versorgung.....	84
5.3	Regulierung des Mikroklimas und der Luftqualität .....	89
5.4	Produktion von Nahrungsmitteln.....	93
5.5	Soziale und identitätsstiftende Qualität .....	96
5.6	Biodiversität.....	101
<b>6</b>	<b>Berechnungen und Resultate für die Szenarien .....</b>	<b>105</b>
6.1	Hintergrund.....	105
6.2	Die vier Szenarien .....	107
6.3	Modellierung der Szenarien.....	108
6.4	Resultate für die Szenarien .....	110
6.4.1	Regulierung des Wasserhaushalts .....	110
6.4.2	Erholungsfunktionale Versorgung .....	111
6.4.3	Regulierung des Mikroklimas und der Luftqualität .....	112
6.4.4	Produktion von Nahrungsmitteln .....	113
6.4.5	Soziale und identitätsstiftende Qualität.....	114
6.4.6	Biodiversität .....	115
<b>7</b>	<b>Evaluierung.....</b>	<b>117</b>
<b>8</b>	<b>Diskussion .....</b>	<b>122</b>
8.1	Beantwortung der Forschungsfragen.....	122
8.2	Wertung der Ergebnisse.....	125
<b>9</b>	<b>Schlussfolgerungen und Ausblick .....</b>	<b>128</b>
9.1	Erreichtes und Erkenntnisse .....	128
9.2	Ausblick.....	130
	<b>Quellenverzeichnis .....</b>	<b>132</b>
	<b>Anhang .....</b>	<b>145</b>
<b>A</b>	<b>Ortsplan Schlieren.....</b>	<b>145</b>
<b>B</b>	<b>Grünraumtypologie.....</b>	<b>146</b>
<b>C</b>	<b>Widerstandswerte für den kleinen Wasserfrosch .....</b>	<b>155</b>
<b>D</b>	<b>Ergebniskarten der Szenarien.....</b>	<b>156</b>
<b>E</b>	<b>Daten-CD.....</b>	<b>164</b>

## Abbildungsverzeichnis

Abb. 1: Ökosystemleistungen und ihr Beitrag zum Wohlbefinden (well-being) und zur Lebensraumqualität des Menschen .....	6
Abb. 2: Verwendung von GIS in der Landschaftsplanung und –analyse .....	16
Abb. 3: Aufbau des HIRVAC-Modells.....	27
Abb. 4: Vereinfachte Volumen unterschiedlicher Vegetationsgeometrien.....	28
Abb. 5: Grünraumtypologie .....	44
Abb. 6: Berechnungsmodell des Oberflächenabflusses nach der CN-Methode .....	49
Abb. 7: Schematische Darstellung der wichtigsten Arbeitsschritte zur Berechnung des Versorgungsgrades mit Naherholungsflächen .....	54
Abb. 8: Schematische Darstellung der wichtigsten Arbeitsschritte zur Berechnung der maximalen Abkühlungstemperatur durch Grünräume .....	62
Abb. 9: Bezeichnung der Nachbarzellen.....	67
Abb. 10: Werte für die kostengünstigste Richtung von einer Zelle zur Quelle für die Erstellung eines Rückverknüpfungs-Rasters.....	78
Abb. 11: Oberflächenabfluss durch ein 20 mm Regenereignis in Schlieren .....	80
Abb. 12: Oberflächenabfluss durch ein 20 mm Regenereignis, ohne Gebäude.....	81
Abb. 13: Sensitivität des Oberflächenabflusses für unterschiedliche Vegetation.....	82
Abb. 14: Oberflächenabfluss für Böden mit einer Bodenklasse C .....	82
Abb. 15: Gebiete mit mittlerer bis erheblicher Hochwassergefährdung .....	83
Abb. 16: Versorgungsgrad der Wohnbevölkerung mit öffentlich zugänglichen Freiräumen für die Naherholung, in einer maximalen Entfernung von 400 m .....	84
Abb. 17: Versorgungsgrad der Beschäftigten mit öffentlich zugänglichen Freiräumen, in einer maximalen Entfernung von 200 m .....	85
Abb. 18: Hausumschwung pro Einwohner(-in) in Schlieren .....	86
Abb. 19: Versorgungsgrad der Wohnbevölkerung mit öffentlich zugänglichen Naherholungsräumen .....	87
Abb. 20: Kombinierte Betrachtung des Versorgungsgrades mit öffentlich zugänglichen Freiräumen und dem Anteil an Hausumschwung pro Person .....	88
Abb. 21: Maximale potentielle Temperaturabkühlung [K] unterschiedlicher Grünraumtypen für Schlieren, an einem warmen Sommertag .....	89
Abb. 22: CO <sub>2</sub> -Aufnahme durch Bäume.....	90
Abb. 23: Spezifisches Grünvolumen für Schlieren .....	91
Abb. 24: Maximale potentielle Abkühlung für durchschnittliche Kronenradien von 5 m (links) und 15 m (rechts).....	92
Abb. 25: Durchschnittliche Hangneigung für potentielle Landwirtschaftsflächen ohne Eignungsklasse .....	93
Abb. 26: Verhältnis Umfang zur Fläche für potentielle Flächen zur Nahrungsmittelproduktion .....	94
Abb. 27: Kombinierte Betrachtung der landwirtschaftlichen Eignung.....	95
Abb. 28: Sichtqualität des Nahraums, für einen Radius von 800 m .....	96
Abb. 29: Sichtqualität des Tiefenraums, für einen Radius zwischen 800 m und 3000 m.....	97

---

Abb. 30: Kombinierte Sichtqualität für den Nah- und Tiefenraum .....	97
Abb. 31: Entfernung zu ästhetischen Grünelementen .....	98
Abb. 32: Veränderung der Sichtqualität des Nahraumes, für unterschiedliche Radien .....	99
Abb. 33: Potentielle Verbreitung und Konnektivität von Habitaten des Schachbrettfalters..	101
Abb. 34: Konnektivität von Habitaten des kleinen Wasserfroschs .....	102
Abb. 35: Kostendistanzanalyse für Widerstandswerte nach Ryser (links) und Zumbach (rechts).....	103
Abb. 36: Korridor mit dem geringsten Widerstand zwischen zwei potentiellen Habitaten...	104
Abb. 37: Veränderung des Oberflächenabflusses .....	111
Abb. 38: Veränderung des Versorgungsgrads der Wohnbevölkerung.....	112
Abb. 39: Zunahme des absoluten Grünvolumens .....	113
Abb. 40: Verlust an Flächen zur Nahrungsmittelproduktion .....	114
Abb. 41: Fläche mit verringerter Sichtqualität des Nahraumes .....	115
Abb. 42: Veränderung der Kostendistanz für den kleinen Wasserfrosch .....	116
Abb. 43: Eignung der Indikatoren als Planungsinstrument nach Einschätzung der Experten	125
Abb. 44: Ortsplan Schlieren .....	145

## Tabellenverzeichnis

Tab. 1: Zusammenhang zwischen den Bereichen von Ökosystemleistungen, den Leistungskategorien und den notwendigen Basis-Qualitäten von Freiräumen .....	7
Tab. 2: Freiraumkategorien nach Ermer et al. ....	22
Tab. 3: Kategorien von Freiräumen nach Grün Stadt Zürich.....	22
Tab. 4: Klimatische Nutzungsgebiete im Kanton Zürich.....	30
Tab. 5: Nutzungseignungsklassen Kanton Zürich.....	32
Tab. 6: Gemeindedaten Schlieren .....	42
Tab. 7: Verwendete Datensätze.....	46
Tab. 8: Zugewiesene CN ausserhalb der Siedlung.....	51
Tab. 9: Zugewiesene CN im Siedlungsraum.....	52
Tab. 10: Funktionale Einteilung der Freiräume Schlierens.....	55
Tab. 11: Mindestgrösse eines Freiraums.....	56
Tab. 12: Parameter zur Erstellung eines Netzwerks in ArcGIS 10.0.....	57
Tab. 13: Kapazitätswerte für Freiraumtypen.....	58
Tab. 14: Hausumschwung pro Einwohner(-in) .....	59
Tab. 15: Einteilung der Nutzungseignung nach Hangneigungsklassen .....	67
Tab. 16: Landschaftselemente hinsichtlich des ästhetischen Potentials des Tiefenraumes .....	70
Tab. 17: Landschaftselemente hinsichtlich des ästhetischen Potentials des Nahraumes .....	71
Tab. 18: Standardhöhen Vegetation .....	72
Tab. 19: Landschaftselemente hinsichtlich des distanzbezogenen ästhetischen Potentials .....	73
Tab. 20: Lebensraum des kleinen Wasserfroschs .....	76
Tab. 21: Lebensraum des Schachbrettfalters.....	76
Tab. 22: Grundannahmen für die vier Szenarien .....	107
Tab. 23: Indikatoren zur Berechnung von Ökosystemleistungspotentialen im Siedlungsraum .....	122
Tab. 24: Beschreibung, Unterteilung und Definition der Grünraumtypologie .....	146
Tab. 25: Widerstandslegende .....	155
Tab. 26: Widerstandswerte kleiner Wasserfrosch .....	155



# 1 Einleitung

## 1.1 Problemstellung

Die Bundesverfassung legt fest, dass die Schweizer Raumplanung einer „zweckmässigen und haushälterischen Nutzung des Bodens und der geordneten Besiedlung des Landes“ zu dienen hat (BV 2001: Art.75). Jedoch ist in der Schweiz in den letzten Jahrzehnten eine starke Siedlungsausdehnung und Zersiedlung erfolgt. So belegt die Arealstatistik des Bundes, dass zwischen den Erhebungsjahren 1979/85 bis 1992/97 die Siedlungsflächen um 326 km<sup>2</sup> zugenommen haben (ARE 2005: 31). Die neusten Ergebnisse der Arealstatistik 2004/09, welche für 16 Kantone vorliegen, zeigen umgerechnet auf die Gesamtfläche der Schweiz eine weitere Siedlungsausdehnung um 260 km<sup>2</sup> (BFS 2010: 1).

Die Siedlungsausdehnung ist neben einem starken Bevölkerungswachstum auch auf steigende Flächenansprüche pro Einwohner(-in) zurückzuführen. Der Arealstatistik 2004/09 zufolge stieg die Siedlungsfläche pro Einwohner(-in) im Vergleich zur Erhebung 1992/97 um 4,6 m<sup>2</sup> auf 401,6 m<sup>2</sup> an. Dadurch wurde das Ziel des Bundes, eine Stabilisierung der Siedlungsfläche pro Einwohner(-in) herbeizuführen, verfehlt (BFS 2010: 2).

Negative Folgen der Siedlungsausdehnung widerspiegeln sich in steigenden ökologischen, ökonomischen und sozialen Kosten. Diese ergeben sich etwa durch den hohen Bodenverbrauch, zunehmende Mobilität und Distanzen zwischen Wohn- und Arbeitsort, oder durch einen erhöhten Druck auf ländliche, unverbauten Flächen (ARE 2005: 66).

Nach der Beurteilung des Bundes ist die Schweizer Siedlungsentwicklung der letzten Jahrzehnte als nicht nachhaltig einzustufen (ARE 2005: 66). Die nachhaltige Entwicklung ist in Artikel 2 der Bundesverfassung verankert und definiert sich als Entwicklung, die zur Befriedigung sowohl der heutigen als auch der zukünftigen Bedürfnisse beiträgt (ARE 2008: 5).

Um der fortschreitenden Siedlungsausdehnung entgegenzuwirken bzw. eine nachhaltige Entwicklung zu erreichen, soll die Siedlungsentwicklung der Schweiz vermehrt nach Innen gelenkt werden. Die Verdichtung nach Innen wird im Raumplanungsbericht 2005 des Bundes als eine der zentralen Zielsetzungen für die Siedlungsentwicklung der Schweiz genannt (ARE 2005: 30). Dabei gilt es, Verdichtungspotentiale innerhalb der Siedlung auszuschöpfen. Verdichtete Bauweise kann durch verschiedene Massnahmen erreicht werden, wie durch Nachverdichtung (z.B. mittels Neu- oder Umbau von Gebäuden), durch Flächenrecycling, (z.B. durch Bebauung oder Umnutzung von Brachflächen) oder durch die Schliessung von Baulücken (Siedentop 2010: 235f). Die Erhöhung von Ausnützungsziffern oder die Förderung von Mischnutzungen sind weitere Ansätze, verdichtete Bauweise zu realisieren (ARE 2005: 90).

Eine Siedlungsentwicklung nach Innen erhöht jedoch gleichzeitig den Druck auf bestehende Freiflächen im Siedlungsgebiet, da jede nicht bebaute Fläche innerhalb der Siedlung Potential für Verdichtung aufweist.

Freiräume im Siedlungsgebiet stiften der Bevölkerung auf vielfältige Weise Nutzen und tragen dadurch zur Steigerung der menschlichen Wohlfahrt und der Lebensraumqualität bei (Staub & Ott 2011: 22). Dies wird durch sogenannte *Ökosystemleistungen* ermöglicht, welche

von der Umwelt erbracht werden. Ökosystemleistungen definieren sich als ökologische Beiträge, die dem Menschen einen direkten Nutzen erbringen (Boyd & Banzhaf 2007: 619).

Die Bildung von Grundwasser, die temperaturabkühlende Wirkung der Vegetation im Sommer oder die Bereitstellung von Erholungsräumen sind einige Beispiele dafür. Die Erhaltung und Förderung von Freiräumen, die diese Leistungen erbringen können, ist deshalb von grosser Bedeutung. Dies insbesondere im dicht besiedelten urbanen Raum, wo die Nachfrage nach Ökosystemleistungen hoch ist.

Das vom Bund ernannte Ziel der Siedlungsentwicklung nach Innen bringt die Gefahr mit sich, dass gewisse Ökosystemleistungen in Zukunft nur noch in eingeschränktem Masse vollbracht werden können oder gar gänzlich ausfallen. Einbussen in der Lebensraumqualität bzw. erhöhte Kosten, um die eingeschränkten Ökosystemleistungen zu kompensieren, sind mögliche negative Folgen dieser Entwicklung.

Eine nachhaltige Siedlungsentwicklung, unter Berücksichtigung der durch Freiräume erbrachten Leistungen, kann dazu beitragen, die erwähnten negativen Folgen zu verringern und die Lebensraumqualität langfristig zu sichern und zu verbessern.

## 1.2 Ziele

*Ziel dieser Masterarbeit* ist es, geeignete Indikatoren zu bestimmen, sowie Berechnungsmethoden aufzuzeigen und anzuwenden, welche das Potential der von Freiräumen erbrachten Ökosystemleistungen wiedergeben.

Die Berechnungen und Analysen erfolgen am Fallbeispiel der Gemeinde Schlieren. Sie sollen darlegen, in welchem Masse Ökosystemleistungen heute und in Zukunft erbracht werden und wo Angebotslücken bestehen. Dazu erfolgt die Berechnung und Analyse für den Ist-Zustand sowie anhand vier verschiedener Verdichtungsszenarien.

Die gewonnenen Erkenntnisse über die Lebensraumqualität sollen Akteuren aus dem Planungsumfeld hilfreich sein zur Beurteilung, wo einerseits Verdichtung gefördert werden soll und andererseits wie viel Verdichtung, bei Bewahrung der Ökosystemleistungen, sinnvoll erscheint. Die Integration von Ökosystemleistungen in die planerische Entscheidungsfindung bildet die Basis für eine nachhaltige Siedlungsentwicklung, welche sowohl die soziale, wirtschaftliche als auch die ökologische Dimension berücksichtigt.

*Die Fragestellung der Arbeit lautet: Wie lässt sich das Potential der Lebensraumqualität von Siedlungsfreiräumen in Schlieren ermitteln und welche Aussagen über die Lebensraumqualität können daraus für den Status Quo und für zukünftige Verdichtungsszenarien abgeleitet werden?*

Die Berechnung der einzelnen Ökosystemleistungspotentiale wird durch die Auswahl ökologischer, sozialer und ökonomischer Indikatoren durchgeführt, welche mit einer Grünraumtypologie verknüpft sind. Dabei sollen geeignete generische Methoden angewandt werden, um die wichtigsten Ökosystemleistungspotentiale zu Planungszwecken zu ermitteln. Die Betrachtung auf systemischer Ebene ermöglicht die Anwendung der Berechnungsmethoden auf weitere Fallbeispiele.

In der Literatur finden sich verschiedene, nicht planungsbezogene Ansätze, Ökosystemleistungspotentiale zu berechnen (u.a. Bruse & Fleer 1998: 373f; Viviroli et al. 2007: 1209f). Hierbei steht jedoch die Berücksichtigung sämtlicher Parameter, für eine möglichst vollumfängliche und präzise Ermittlung der Leistung im Vordergrund. Dazu sind nebst hoch aufgelösten Daten auch ein hoher zeitlicher und finanzieller Aufwand erforderlich. Diese Ressourcen sind im Planungsalltag jedoch oftmals nicht vorhanden.

Die vorliegende Masterarbeit soll deshalb Planungsakteuren Möglichkeiten aufzeigen, wie Ökosystemleistungspotentiale im Siedlungsgebiet schnell und einfach quantifiziert und räumlich verortet werden können. Mit den vorgeschlagenen Indikatoren und Berechnungsansätzen sollen zudem Auswirkungen unterschiedlicher Siedlungsentwicklungsszenarien auf die Ökosystemleistungspotentiale aufgezeigt werden, um daraus die Grundlage für nachhaltige Planungsentscheide zu bilden.

*Schliesslich werden die Fragen beantwortet, ob die vorgeschlagenen Indikatoren und Berechnungsansätze als Planungsinstrument geeignet sind und inwiefern die gewonnenen Erkenntnisse über die Qualität der Ökosystemleistungen in der Planungspraxis nützlich sind bzw. Planungsentscheide dadurch beeinflusst werden.*

### **1.3 Hintergrund**

Die Masterarbeit erfolgt im Rahmen des Projekts „SUPat – Sustainable Urban Patterns“ des nationalen Forschungsprogramms NFP65 „Neue urbane Qualität“. Das Projekt setzt sich zum Ziel, „beispielhafte nachhaltige urbane Muster“ zu entwickeln ([www.supat.ethz.ch](http://www.supat.ethz.ch), 17.01.2012). Die Betrachtung erfolgt auf regionaler und lokaler Ebene, anhand des Fallbeispiels Limmattal.

Dabei sind unterschiedliche ökologische, soziale, ökonomische, ästhetische sowie städtebauliche Anforderungen zu berücksichtigen, die sich auf die städtische Qualität auswirken. Mittels einer Gebäude- und Grünraumtypologie sollen Ist-Zustand und zukünftige Entwicklungen abgebildet werden. Dazu enthält das Projekt eine Szenariostudie, welche vier mögliche zukünftige Entwicklungen für das Limmattal aufzeigt. Auswirkungen von Entwicklungen können dadurch simuliert, visualisiert und bezüglich ihrer Nachhaltigkeit beurteilt werden ([www.supat.ethz.ch](http://www.supat.ethz.ch), 17.01.2012).

Ergebnis des Projekts soll ein generisches Visualisierungs- und Bewertungssystem sein, welches Akteure aus Planung und Architektur, sowie weitere Anspruchsgruppen bei der Erarbeitung von Zielvorstellungen für eine nachhaltige Siedlungsentwicklung unterstützt ([www.supat.ethz.ch](http://www.supat.ethz.ch), 17.01.2012). Weitere Ausführungen zu den Szenarien sind in Kapitel 6 enthalten.

Ökosystemleistungen, als wichtiger Bestandteil einer nachhaltigen Siedlungsentwicklung, sind somit in das Visualisierungs- und Bewertungssystem zu integrieren. Dies erfordert die Quantifizierung der Ökosystemleistungen, wozu geeignete Indikatoren zu bestimmen sind.

## 2 Theoretische Grundlagen und Stand der Forschung

Dieses Kapitel bezweckt in einem ersten Teil (Abschnitt 2.1) den Begriff der Ökosystemleistungen zu definieren und aufzuzeigen, inwiefern Umweltleistungen zur Lebensraumqualität in Siedlungsräumen beitragen. Dazu wird die Bedeutung urbaner Freiräume für die Lebensraumqualität anhand sechs relevanter Kategorien von Ökosystemleistungen aufgezeigt.

In einem weiteren Schritt (Abschnitt 2.2) wird auf die Integration von Ökosystemleistungen in Planungsinstrumenten eingegangen. Zur Umsetzung einer nachhaltigen Siedlungsentwicklung müssen Leistungen identifiziert und erfasst werden. Dies erfordert die Berücksichtigung von Einflussgrößen, sowie die Bestimmung geeigneter Indikatoren und Berechnungsansätze.

Nebst den Indikatoren und Berechnungsansätzen sind zur Bestimmung von Ökosystemleistungspotentialen geeignete operationelle Werkzeuge zu wählen. Geographische Informationssysteme (GIS) sind dazu besonders geeignet, weshalb auf die Verwendung und Eignung von GIS in der Planung ebenfalls eingegangen wird.

Im letzten Teil des Kapitels (Abschnitt 2.3) werden Einflussgrößen, mögliche Indikatoren, bestehende Berechnungsansätze in der Forschung, sowie aktuelle Forschungslücken (Abschnitt 2.4) aufgezeigt.

### 2.1 Ökosystemleistungen in Siedlungsräumen

#### 2.1.1 Begriff der Ökosystemleistungen

In der Literatur finden sich unterschiedliche Definitionen von Ökosystemleistungen. Eine der international am häufigsten verwendeten Definitionen ist jene der von den Vereinten Nationen im Jahr 2005 veröffentlichten Studie, des Millennium Ecosystem Assessment (MEA) (MEA 2005: 1f).

Das MEA definiert Ökosystemleistungen als:

„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 2005: 3).

In jüngeren Definitionen, wie in Boyd und Banzhaf (2007: 619), sind Ökosystemleistungen dagegen nicht als Nutzen an sich definiert, sondern als nutzenstiftende ökologische Beiträge zum menschlichen Wohlergehen:

„Final ecosystem services are components of nature, directly enjoyed, consumed, or used to yield human well-being” (Boyd & Banzhaf 2007: 619).

Ökologische Leistungen, die dem Menschen einen direkten Nutzen bringen, werden als finale Ökosystemleistungen bezeichnet. Anders als in der Definition des MEA wird dabei zwischen Nutzen und Ökosystemleistungen unterschieden. Erholung z.B. ist demnach keine eigentliche Ökosystemleistung, sondern der Nutzen, welcher sich durch den Konsum verschiedener Leis-

tungen von Ökosystemen ergibt, wie beispielsweise guter Luftqualität (Boyd & Banzhaf 2007: 619). Die Definition von Fisher et al. (2009: 645) lehnt sich an jene von Boyd & Banzhaf (2007: 619) an:

„Ecosystem services are the aspects of ecosystems utilized (actively or passively) to produce human well-being“ (Fisher et al. 2009: 645).

Voraussetzung, als Ökosystemleistung bezeichnet zu werden, ist einzig die menschliche Nutzenstiftung (Fisher et al. 2009: 646). Hierbei gelten auch indirekt konsumierte oder genutzte Beiträge von Ökosystemen als Ökosystemleistungen. Diese werden als intermediäre Ökosystemleistungen bezeichnet und stehen für Zwischenleistungen, die für den Menschen keinen direkten Nutzen erbringen, jedoch zu den finalen Leistungen beitragen, wie z.B. die Bodenbildung (Staub & Ott 2011: 9). Der Begriff der Ökosystemfunktion dagegen beinhaltet alle natürlichen Prozesse und Strukturen, unabhängig von der menschlichen Nutzenstiftung (Loft & Lux 2010: 3).

In der Folge wird für den Begriff der Ökosystemleistung die Definition von Boyd & Banzhaf (2007: 619) verwendet, auf welche sich auch die Studie „Indikatoren für Ökosystemleistungen“ des Bundesamts für Umwelt (BAFU) bezieht (Staub & Ott 2011: 16f).

### **2.1.2 Beitrag zur Lebensraumqualität**

Den vorgestellten Definitionen von Ökosystemleistungen gemeinsam ist ihre anthropozentrische Perspektive (Staub & Ott 2011: 22). Die menschliche Nutzenstiftung durch Umweltleistungen und die damit verbundene Erhöhung der Lebensraumqualität stehen im Vordergrund.

Nach Brunotte et al. (2002: 322) wird Lebensraumqualität definiert als „Gesamtheit der Faktoren wie saubere Luft, reines Wasser, geringe Lärmbelastung oder die Möglichkeit des Naturerlebens, die das Wohlbefinden und die Zufriedenheit des Menschen in seiner Wohnumgebung ausmachen. Anders als der Begriff Lebensqualität, der durch die subjektive, individuelle Befriedigung der Grunddaseinsbedürfnisse bestimmt wird, bezieht sich Lebensraumqualität auf die ökologische Qualität der Umwelt“.

Ökosystemleistungen tragen auf unterschiedliche Weise zur Lebensraumqualität bei. Im Bericht des MEA (2005: 5) werden fünf positive Einflussbereiche von Ökosystemleistungen auf das Wohlbefinden (well-being) unterschieden: Sicherheit, materielle Werte, Gesundheit, die Förderung sozialer Beziehungen, sowie die Möglichkeit zur freien Wahl und zum freien Handeln des Menschen (Abb. 1).

Ein wichtiger Aspekt bezüglich des Beitrags von Ökosystemleistungen zur Lebensraumqualität ist die räumliche Betrachtungsskala. Die Bereitstellung von Ökosystemleistungen kann aus einem globalen Gesichtspunkt betrachtet werden, beispielsweise hinsichtlich des Klimawandels. Andererseits können Ökosystemleistungen auf einer regionalen oder lokalen Skala betrachtet werden. Massgebend ist dabei sowohl die räumliche Reichweite eines Problems, das durch Umweltleistungen beeinflusst wird, als auch inwiefern Leistungen vom produzierenden zum benötigten Standort transportiert werden können (Bolund & Hunhammar 1999: 295).

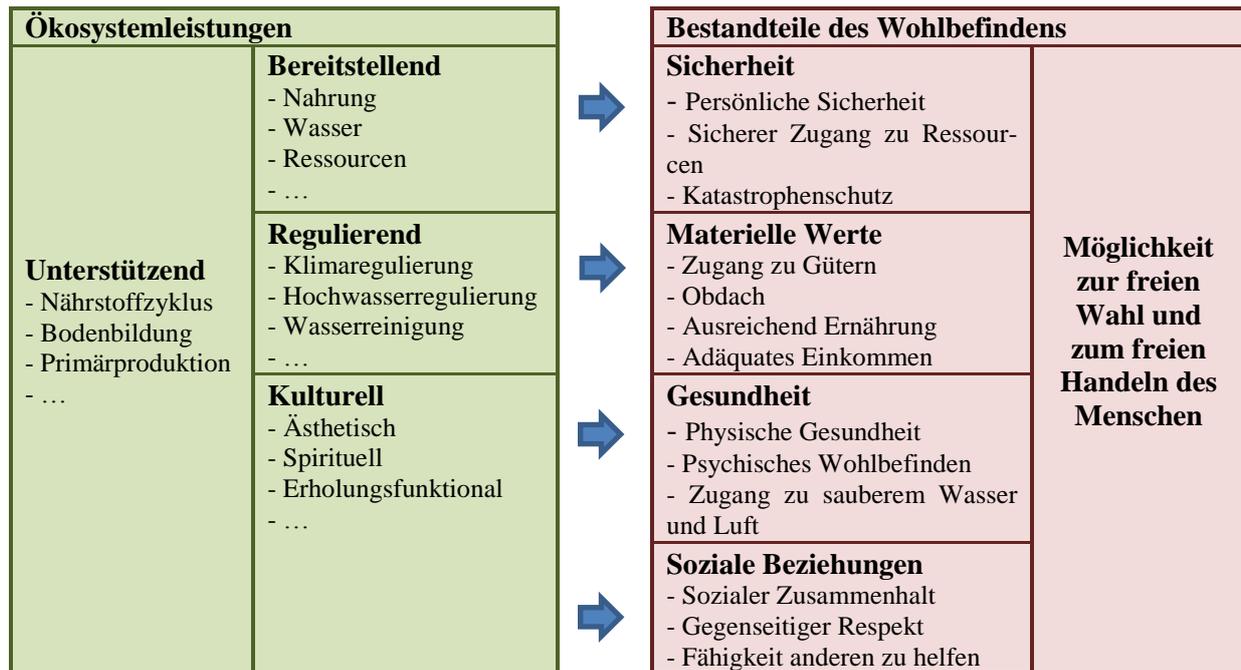


Abb. 1: Ökosystemleistungen und ihr Beitrag zum Wohlbefinden (well-being) und zur Lebensraumqualität des Menschen (nach MEA 2005: 5)

### 2.1.3 Relevante Ökosystemleistungen für Freiraumkonzepte in Siedlungsräumen

In der Schweiz leben rund drei Viertel der Bevölkerung in Städten und Agglomerationen (BFS 2010b). Die hohe Bebauungs-, Versiegelungs- und Nutzungsdichte, sowie ein erhöhtes Verkehrsaufkommen bringen jedoch eine Vielzahl an negativen Erscheinungen in Siedlungsräumen hervor. Dazu zählen u.a. eine erhöhte Lärm- und Schadstoffbelastung, die Beeinträchtigung des Wasserabflusses, die Produktion von Abfall oder die Bildung von städtischen Wärmeinseln. Dies führt zu einer Beeinträchtigung der Lebensraumqualität in Siedlungsräumen (Bolund & Hunhammar 1999: 295f).

Durch Frei- und Grünräume bereitgestellte Ökosystemleistungen können diesem Prozess entgegenwirken. Als Freiräume gelten dabei unbebaute Räume oder Flächen (Dorstätter & Klingler 2005: 6). In der Planung werden Freiräume auch mit dem Nicht-Bauland gleichgesetzt. Grünräume sind Freiräume mit unversiegelten Böden, welche natürliche Vegetation oder Kulturpflanzen aufweisen (Grêt-Regamey et al. 2012: 8). Jedoch werden die Begriffe Freiraum und Grünraum oft synonym verwendet, da nicht bebaute Flächen innerhalb einer Siedlung meist zumindest teilweise bepflanzt sind (Dorstätter & Klingler 2005: 6).

Basierend auf der Fokusstudie „Landschaftsqualität in Agglomerationen“ (Grêt-Regamey et al. 2012: 13f) und der Studie des Bundesamts für Umwelt (BAFU) „Indikatoren für Ökosystemleistungen“ (Staub & Ott 2011: 35f) lassen sich nach Hengsberger (2012: 12f) die Leistungen suburbaner Freiräume folgenderweise zusammenfassen:

- Informationsleistungen: Die Informationsleistungen von Freiräumen beinhalten die Bereitstellung von Erholungsräumen zur Förderung der Gesundheit. Sie tragen bei zur Wohnqualität und dienen als Aneignungs-, Identifikations-, Erlebnis-, Begegnungs- oder

Bewegungsraum. Der Landschaftsästhetik kommt dabei eine grundlegende Bedeutung durch die Erlebbarkeit und Aneignung von Landschaften zu.

- Habitatleistungen: Freiräume bieten Lebensräume für verschiedene Tier- und Pflanzenarten und dienen der Vernetzung von Habitaten.
- Produktionsleistungen: Leistungen bezüglich der Produktion betreffen die Landwirtschaft, die Waldwirtschaft, den Tourismus, die Rohstoff- und die Energieversorgung.
- Regulierungsleistungen: Sowohl Mikroklima, Luftqualität, Lärm, Naturgefahren, als auch der Wasserhaushalt werden durch Freiräume beeinflusst und reguliert.
- Trägerleistungen: Zu den Trägerleistungen, welche durch Freiräume erbracht werden, zählt die Bereitstellung von Verbindungs- und Verkehrsträgern. Ausserdem dienen Freiräume als Flächenressource und zur räumlich-funktionalen Gliederung.

Aus den genannten Leistungen lassen sich vier zentrale Qualitäten von Freiräumen ableiten (Hengsberger 2012: 19):

1. Vernetzte, strukturreiche und naturnahe Lebensräume für Flora und Fauna
2. Unversiegelte Freiflächen
3. Hohe Erreichbarkeit und Zugänglichkeit von Erholungsräumen
4. Identitätsstiftende Landschaftselemente und -räume

In dieser Arbeit soll der Fokus auf sechs Bereiche von Ökosystemleistungen gelegt werden, welche die oben genannten, zentralen Qualitäten von Freiräumen möglichst abdecken und für diese Arbeit von besonderem Interesse sind (Wissen Hayek, mündliche und schriftliche Mitteilung 28.09.2011). Diese sind in Tab. 1 dargestellt:

Tab. 1: Zusammenhang zwischen den Bereichen von Ökosystemleistungen, den Leistungskategorien und den notwendigen Basis-Qualitäten von Freiräumen (Bestätigung Wissen Hayek 29.06.2012)

Abgedeckte Leistungskategorien suburbaner Freiräume <sup>1</sup>	Bereiche von Ökosystemleistungen	Notwendige Basis-Qualitäten von Freiräumen
Informationsleistungen	▪ Erholungsfunktionale Versorgung	Erreichbarkeit und Zugänglichkeit von Erholungsräumen
	▪ Soziale und identitätsstiftende Qualität	Identitätsstiftende Landschaftselemente und -räume
Habitatleistungen	▪ Biodiversität	Vernetzte Lebensräume für Flora und Fauna
Produktionsleistungen	▪ Produktion von Nahrungsmitteln	Unversiegelte Freiflächen
Regulierungsleistungen	▪ Regulierung des Wasserhaushalts	Unversiegelte Freiflächen
	▪ Regulierung des Mikroklimas und der Luftqualität	

<sup>1</sup>Trägerleistungen können durch alle Bereiche von Ökosystemleistungen abgedeckt werden.

In der Folge wird auf jeden der sechs Bereiche eingegangen und aufgezeigt, welche Bedeutung diese für die Lebensraumqualität in Siedlungsräumen haben. Die genannten Bereiche sind miteinander verbunden und beeinflussen sich gegenseitig, wodurch sich auch Überlagerungen und Überschneidungen ergeben können.

### **Regulierung des Wasserhaushalts:**

Durch den hohen Anteil an versiegelten Flächen und der geringen Vegetationsbedeckung im Siedlungsgebiet wird der städtische Wasserhaushalt verändert. Versiegelung verringert einerseits die Infiltration von anfallendem Regenwasser in den Boden. Andererseits reduziert die Entfernung der Vegetationsdecke das Abfangen von Regenwasser (Interzeption), als auch die Verdunstung (Evapotranspiration) durch die Vegetation (Whiteford et al. 2001: 94).

Die Folgen undurchlässiger und vegetationsloser Flächen für den Wasserhaushalt zeigen sich in einem erhöhten Oberflächenabfluss, welcher durch die Kanalisation, Wasserauffangbecken oder Gewässer aufgenommen werden muss. Bei starken Niederschlägen resultieren erhöhte Spitzenabflüsse, wodurch die Überschwemmungsgefahr für Gebiete mit Hochwasserrisiko steigt (Haughton & Hunter 1994: 171). Auch kann der verstärkte Oberflächenabfluss die Erosionsgefahr erhöhen (Whiteford et al. 2001: 95).

Nach Bernatzky (1983, in: Bolund & Hunhammar 1999: 295) wird der Oberflächenabfluss auf vegetationsbedeckten Flächen um 85 bis 95 Prozent gesenkt, in vegetationsfreien Gebieten dagegen nur um 40 Prozent. Aufgrund ihres grossen Blattvolumens erweisen sich Bäume als besonders geeignet, Regenwasser zu verdunsten oder durch Interzeption abzufangen. Daneben wirkt eine Vegetationsdecke auch als Schutz vor Tropfenerosion und fördert so die Infiltration (Tyrväinen et al. 2004: 97).

Durch Versickerung von Wasser in den Boden können Schadstoffe im Wasser herausgefiltert werden. Impermeable Flächen jedoch verhindern diesen Prozess. Das anfallende Regenwasser fliesst über den Oberflächenabfluss ab und nimmt dadurch zusätzliche Schadstoffe auf, welche schliesslich ungesäubert in den Vorfluter einfliessen (Haughton & Hunter 1994: 171). Die Filterkapazität ist jedoch nicht bei allen Böden dieselbe, sondern abhängig von der mechanischen (z.B. Porendurchmesser), der chemischen (z.B. Gasaustausch) und biologischen (z.B. Bodenbakterien) Filterleistung des Bodens (Fischer & Joneck 2006: 210). Insbesondere Feuchtgebiete eignen sich dafür, Abwässer zu reinigen. Bis zu 96 Prozent des Stickstoff- und 97 Prozent des Phosphorgehalts können in Feuchtgebieten durch Pflanzen und Tiere abgebaut werden (Ewel 1997: 334).

Eine weitere Ökosystemleistung betrifft das Angebot an natürlichem Trinkwasser durch das Grund- und Oberflächenwasser. Infiltration fördert die Neubildung von Grundwasser. Göbel et al. (2004: 268) halten fest, dass versiegelte Flächen die Grundwasserneubildung erheblich behindern. Mittels künstlichen Infiltrationsinstallierungen kann diesem Prozess entgegen gewirkt werden. Dies birgt jedoch die Gefahr, dass sich der Grundwasserspiegel zu stark erhöht. Negative Auswirkungen wie Überschwemmungen von Kellern, Schäden an Gebäuden durch Auftrieb, Pflanzenschäden durch Vernässung oder die Verunreinigung des Grundwassers,

beispielsweise indem sich das steigende Grundwasser mit Deponien vermischt, können daraus resultieren (Göbel et al. 2004: 269).

Technische Massnahmen, um die Hochwassergefahr zu dämpfen verursachen Bau- und Unterhaltskosten z.B. für Hochwasserschutzbauten, Wasseraufbereitungsanlagen, Infiltrationsinstallationen oder Kanäle (Bolund & Hunhammar 1999: 297). Diese Kosten übertreffen in den meisten Fällen Pflege- und Unterhaltskosten, welche für Grünräume anfallen. Zur Senkung der Stickstoffbelastung errechnet etwa Gren (1995: 156), für Stockholm, Kosteneinsparungen von 20 Prozent bei der Wasserbehandlung durch Feuchtgebiete gegenüber Kläranlagen.

Eine Abschwächung der Evapotranspiration durch Pflanzen hat ausserdem zur Folge, dass weniger Wasser in die Atmosphäre gelangt, was sich in einer tieferen relativen Luftfeuchtigkeit und höheren Temperaturen widerspiegeln kann (Avisar 1996: 442). Auf die mikroklimatischen Auswirkungen wird später eingegangen.

### **Erholungsfunktionale Versorgung:**

Die World Health Organization (WHO) definiert menschliche Gesundheit als „state of complete physical, mental and social well-being and not merely the absence of disease or infirmity“ (WHO 1948: 2).

Erholungsflächen können zum physischen, mentalen und sozialen Wohlbefinden der Bevölkerung beitragen. Der menschliche Nutzen urbaner Freiräume wird etwa in Takano et al. (2002: 914f) aufgezeigt, indem ein positiver Zusammenhang festgestellt wird zwischen der Lebenserwartung und dem Zugang zu begehbaren städtischen Freiflächen. Auch besteht eine positive Korrelation zwischen dem Zugang zu Freiräumen und der Höhe des empfundenen Gesundheitszustandes (De Vries et al. 2003: 1720).

Zugang zu begehbaren Freiräumen, wie Parks, erhöht die physische Aktivität, was zu einer Verbesserung der körperlichen Verfassung beiträgt (Payne et al. 1998: 8). Eine verbesserte Luftqualität und die Abschwächung von Temperaturextremen durch Grünräume schaffen zudem eine gesundheitsfördernde Umgebung und tragen ebenso zu Erholung und einer Steigerung des physischen Wohlergehens bei (Whiteford et al. 2001: 92, 96). Freizeitaktivitäten in Grünräumen, wie z.B. Sammeln von Früchten, Fischen, Jagen oder das Beobachten von Tieren sind weitere Erholungsleistungen (Staub & Ott 2011: 82).

Nebst dem physischen wird auch das mentale Wohlergehen durch Freiräume gefördert. Im Vordergrund stehen dabei aktivitätsreduzierende Tätigkeiten (Classen et al. 2009: 16). Positive Auswirkungen sind u.a. die Reduktion mentaler Müdigkeit und Aggressionsabbau (Kuo & Sullivan 2001: 553f), Stress- und Krisenbewältigung (Ulrich et al. 1991: 222), die Sortierung von Gedanken und Gefühlen (Korpela et al. 2001: 573) und erhöhte Gelassenheit, Entspannung oder Friedlichkeit (Kaplan 1983, in: Chiesura 2004: 130).

Zudem wird eine verbesserte Aufnahme- und Konzentrationsfähigkeit bei Kindern festgestellt (Faber-Taylor et al. 2001: 63). Schutz vor Lärm oder ästhetisch-identitätsstiftende Qualitäten können bezüglich der Förderung psychischer und mentaler Gesundheit durch Freiräume als weitere Ökosystemleistungen genannt werden (Staub & Ott 2011: 82). Schliesslich erhöhen

Siedlungsfreiräume das soziale Wohlbefinden, indem sie als Treffpunkt verschiedener sozialer Aktivitäten dienen und dadurch den Sinn für soziale Zugehörigkeit stärken (Kim & Kaplan 2004: 327). Auf soziale und identitätsstiftende Qualitäten von Freiräumen wird später eingegangen.

### **Regulierung des Mikroklimas und der Luftqualität:**

Unterschiede im städtischen Klima gegenüber dem ländlichen Umland zeigen sich in höheren Temperaturen, erhöhter Trockenheit, verändertem Windfeld und einer erhöhten Schadstoffbelastung (Mathey et al. 2011: 13).

Dies beruht darauf, dass versiegelte, asphaltierte Flächen eine tiefere Albedo aufweisen als Vegetation (Whiteford et al. 2001: 92). Einfallende Sonnenenergie wird so während des Tages in Wärmeenergie umgewandelt und in der Bausubstanz gespeichert. Fehlende Evapotranspiration verhindert das Entweichen von Wärme in die Atmosphäre. Dadurch erwärmen sich die Oberflächen, was zu einem Anstieg der gefühlten Wärme führt (Bruse 2003: 67). Haughton & Hunter (1994, in: Bolund & Hunhammar 1999: 296) zufolge ist die durchschnittliche Temperatur US-amerikanischer Städte um 0,7 Kelvin höher als im Umland.

Ein hoher Bebauungsgrad erhöht allerdings auch die schattenspendende Wirkung durch Gebäude. An der Bodenoberfläche unterscheiden sich deshalb tagsüber die städtischen Temperaturen kaum von denjenigen im Umland (Bruse 2003: 67). In der Nacht aber wird die gespeicherte Wärme freigesetzt, wodurch die nächtliche Abkühlung der Luft abgeschwächt wird (Whiteford et al. 2001: 92). Im Winter liegen die städtischen Minimaltemperaturen höher und die Frostperiode ist verkürzt (Mathey et al. 2011: 25). In den Sommermonaten kann es zur Bildung einer städtischen Wärmeinsel kommen. Eine städtische Wärmeinsel charakterisiert sich nebst hohen Temperaturen durch Trockenheit und eine Abschwächung der Windgeschwindigkeit (Mathey et al. 2011b: 479).

Ein Temperaturanstieg aufgrund des Klimawandels kann die Häufigkeit, Intensität und räumliche Ausdehnung städtischer Wärmeinseln weiter begünstigen. Temperaturextreme wirken sich negativ auf die menschliche Gesundheit und das Wohlbefinden aus (Mathey et al. 2011: 13). So wurden im Sommer 2003 europaweit rund 55'000 Todesfälle auf die Hitze zurückgeführt (Jenderitzky 2007, in: Mathey et al. 2011: 13).

Vegetation dagegen reflektiert ein Grossteil der Sonnenstrahlen und reguliert die Temperatur durch die Evapotranspiration. Der kühlende Effekt durch Grünräume, vor allem in der Nacht, kann somit zur Abschwächung städtischer Wärmeinseln führen (Bongardt 2006, in: Mathey et al. 2011: 40). Selbst vegetationsloser, aber unversiegelter Boden kann zu einer Abkühlung beitragen, da Verdunstung aufgrund der Bodenfeuchtigkeit stattfindet (Bruse 2003: 67).

Das Spenden von Schatten durch Bäume bietet ebenfalls Schutz vor Hitze. Da Blätter schlecht in der Lage sind, Wärme zu speichern, findet auch nachts kaum Wärmeabfluss an die Atmosphäre statt. Gleichzeitig verringert die Dichte der Baumkrone den Austausch mit der Atmosphäre und somit die Auskühlung in Bodennähe. Dieser Prozess ist je nach Baumhöhe und Baumart unterschiedlich stark ausgeprägt (Bruse 2003: 67). Die kühlenden Effekte von Grünräumen im Sommer haben nebst positiven Auswirkungen auf die Gesundheit auch Auswir-

kungen auf den Energieverbrauch, indem Kosten durch Klimaanlage gesenkt werden können (Longcore et al. 2004: 182).

Durch die Evapotranspiration der Pflanzen erhöht sich weiter die relative Luftfeuchtigkeit (Givoni 1991: 290). Über die positiven Auswirkungen der relativen Luftfeuchtigkeit auf die menschliche Gesundheit sind jedoch unterschiedliche Angaben in der Literatur zu finden. So ist die Austrocknung der Schleimhäute bei tiefer Luftfeuchtigkeit umstritten (von Hahn 2007: 106). Beschwerden über trockene Augen oder gereizte Haut können durch befeuchtete Luft gemildert werden. Ebenfalls werden Staubpartikel durch feuchte Luft gereinigt. Dagegen ist die Lebensdauer von Krankheitserregern in feuchter Luft höher (von Hahn 2007: 106).

Das Mikroklima urbaner Gebiete charakterisiert sich ausserdem durch veränderte Windströmungen, im Vergleich zum Umland. Die Anordnung von Bauten kann dabei sowohl zu Orten mit erhöhter, als auch zu Orten mit verringerter Windgeschwindigkeit führen (Bruse 2003: 66). Durch die Temperaturdifferenz zwischen dem kühleren Umland oder innerstädtischen Grünflächen und den wärmeren, bebauten Flächen entstehen ausgleichende Luftströme (Flurwinde oder Tal- und Hangwinde), welche kühle Luft zu den warmen Orten befördern. Dieser Prozess ermöglicht eine Temperaturregulierung der städtischen Flächen, weshalb möglichst Ventilationsbahnen freigehalten oder geschaffen werden sollten (Gälzer 2001: 28).

Allerdings können je nach lokalen Verhältnissen oder der Anordnung von Bauten hohe Windgeschwindigkeiten in der Form von Winddüsen auftreten. Diese führen zu negativen Effekten, durch Aufwirbelung von Staub, Schneeverwehungen oder unangenehm tiefe Temperaturen im Winter (Gälzer 2001: 28). Durch die Bepflanzung mit Bäumen oder Sträuchern können Luftwirbel und Windgeschwindigkeit gesenkt werden. In den Wintermonaten senkt sich dadurch zudem der Energieverbrauch durch Heizen (Bolund & Hunhammar 1999: 296).

In Siedlungsräumen findet sich vielfach eine erhöhte Luftbelastung durch Schadstoffe wie Feinpartikel, Ozon oder Kohlenstoffdioxid (CO<sub>2</sub>). Diese werden vor allem durch den Strassenverkehr, aber auch durch den Energieverbrauch von Haushalten, Gewerbe und weiteren Quellen hervorgerufen (Bolund & Hunhammar 1999: 295). Luftschadstoffe werden durch Pflanzen über die Blattoberfläche aufgenommen oder darauf deponiert. Aufgrund ihrer grossen Blattmasse sind dafür vor allem Bäume von Relevanz. Hierbei ist die Ablagerung von Feinstaubpartikeln mit einem Durchmesser kleiner als 10 µm zu erwähnen, da diese besonders krebserzeugend wirken (Bruse 2003: 67).

Die Aufnahme von gasförmigen Schadstoffen durch die Vegetation, sowie die Produktion von Sauerstoff (O<sub>2</sub>), ist dagegen eher gering. Deren Wirkung auf die Luftqualität wird deshalb vielfach überschätzt (Gälzer 2001: 28). Ausnahme bildet die Speicherung und Aufnahme von CO<sub>2</sub>. Das Treibhausgas CO<sub>2</sub> wird mittels Photosynthese durch die Pflanzen aufgenommen und in Sauerstoff umgewandelt (Gälzer 2001: 28).

Bei der Auswirkung von Bäumen auf die Luftqualität ist zu unterscheiden zwischen Bäumen an Schadstoffquellen (z.B. an Strassen) und solchen ohne Schadstoffquelle (z.B. in Parks). Zwar sind Bäume in der Lage Schadstoffe aus der Luft heraus zu filtern, jedoch verhindern sie gleichzeitig den Luftaustausch mit der Atmosphäre. An Strassenzügen ist die vertikale Durchmischung von Schadstoffen aus der unteren Schicht mit sauberer Luft aus der Atmo-

sphäre von übergeordneter Bedeutung. Je dichter eine Baumkrone, desto mehr wird der Austausch verhindert. Die durchschnittliche Luftqualität wird somit durch Bäume an einer Schadstoffquelle nicht verbessert (Bruse 2003: 69).

Anders verhält es sich in Grünräumen ohne Emissionsquellen, wie Parks. Die höhere Blattmasse, die Rauigkeit der Bodenoberfläche, sowie die geringe Windgeschwindigkeit fördern die Deposition und Aufnahme von Luftschadstoffen. Allerdings ist die durch Bäume aufgenommene Schadstoffmenge, im Vergleich zur emittierten, nur geringfügig. Die gute Luft resultiert hauptsächlich aus der Abwesenheit von Schadstoffquellen (Bruse 2003: 69).

### **Produktion von Nahrungsmitteln:**

Nahrungsmittelproduktion wird durch unterschiedliche Ökosystemleistungen ermöglicht. Dazu zählen die Bodenfruchtbarkeit, der Nährstoffzyklus, die Bestäubung der Pflanzen durch Insekten, natürliche Düngung durch organische Stoffe oder das Spriessen und Wachstum der Pflanze durch Sonne und Regen (MEA 2005: 6f).

Die urbane Nahrungsmittelproduktion ist vielseitig. Nebst den agrarwirtschaftlich genutzten Flächen findet Anbau von Nahrungsmitteln, vor allem für den Eigengebrauch, auch in Privat- oder Familiengärten statt. Durch die Umnutzung innerstädtischer Flächen können ausserdem neue urbane Landwirtschaftsformen entstehen, beispielsweise das Gemeinschaftsgartenmodell in Berlin, auf dem Areal des ehemaligen Flughafens Tempelhof ([www.tempelhoferfreiheit.de](http://www.tempelhoferfreiheit.de), 03.03.2012). Nebst der Verwertung von Nahrungsmitteln ergeben sich durch die Nahrungsmittelproduktion somit auch erholungsfunktionale, soziale und identitätsstiftende Qualitäten.

Weiter kann die Nahrungsmittelproduktion zu einer Senkung von ökologischen, ökonomischen und sozialen Kosten beitragen (Peeters et al. 2008: 72). Die Distanzverringering zwischen den Konsumenten und den Produzenten ermöglicht eine Reduzierung des Energiebedarfs und Ausstosses von Schadstoffen, die durch den Transport anfallen. Tiefere ökonomische Kosten können sich, aufgrund der Nähe zum Konsumenten, durch den Wegfall von Transportkosten, eine bessere Vermarktung oder durch Verkürzung der Lieferkette ergeben (Peeters et al. 2008: 72).

Soziale Faktoren betreffen etwa die Bildungsfunktion, indem der Bevölkerung aufgezeigt wird, woher Nahrung kommt und wie sie produziert wird (Ackerman et al. 2011: 6). Deelstra & Girardet (1999: 54) stellen fest, dass urbane Nahrungsmittelproduktion das Umweltbewusstsein der Bevölkerung stärkt und gleichzeitig Verschwendung verringert (Ackerman et al. 2011: 6). Ausserdem senkt ein hoher Eigenversorgungsgrad die Abhängigkeit von externen Lieferanten (Grewal & Grewal 2011: 1).

Indirekt ergeben sich durch den Anbau von Nahrung weitere positive Auswirkungen, wie die Bodenkonservierung und Regulierung des Stoffzyklus, die Wasserhaushaltsregulierung, erholungsfunktionale Aspekte, soziale und identitätsstiftende Qualitäten, Erhaltung und Förderung der Biodiversität, sowie die Regulierung des Mikroklimas und der Luftqualität (Deelstra & Girardet 1999: 48f).

### **Soziale und identitätsstiftende Qualitäten:**

Immaterielle Leistungen durch Freiräume betreffen u.a. die Bedeutung als Identifikations- und Begegnungsraum. Für den Menschen wirken sich Identifikationsräume sowohl auf das physische als auch seelische Wohlbefinden aus (Grêt-Regamey et al. 2012: 14).

Identifikation widerspiegelt sich dabei in der Bindung zu einem Ort. Örtliche Bindung entsteht durch Interpretation, Wahrnehmung und Zuweisung von Bedeutung (Hunziker 2010: 33). Nach Brown et al. (2002, in: Brown & Raymond 2007: 90) erhöht sich die Lebensraumqualität mit zunehmender Bindung der Bevölkerung zu ihrer Umwelt. In diesem Zusammenhang werden in der Literatur auch die Begriffe „Place Identity“ oder „Place Attachment“ verwendet.

Place Identity ist Bestandteil der persönlichen Identität und definiert das Zugehörigkeitsgefühl zu einem Ort, welches durch die Interaktion mit diesem erzeugt wird (Hernandez et al. 2007: 310). Dagegen bezeichnet Place Attachment die Bindung an einen Ort, an welchem sich die Person sicher und wohl fühlt (Hernandez et al. 2007: 310). Allerdings werden die Begriffe zuweilen auch äquivalent verwendet und sollen generell auf die positive emotionale Bindung einer Person zu ihrer Umwelt verweisen (Williams & Vaske 2003, in: Brown & Raymond 2007: 90).

Als unattraktiv empfundene Räume, beispielsweise erlebnisarme oder unästhetisch gestaltete Wohnsiedlungen, verringern die örtliche Bindung und Identifikation. Dies kann dazu führen, dass Orte zu Pendler- und Schlafstädten verkommen, welche von Anonymität und einem Mangel an Aktivitäten geprägt sind (DIFU 2005: 3). Indem Landschaften und Landschaftselemente als Identifikationsräume wirken, können sie Gefühle der Zugehörigkeit stärken. Somit sind identitätsstiftende gleichzeitig mit sozialen Qualitäten von Freiräumen verknüpft (Maas et al. 2009: 586f).

Maas et al. (2009: 586f) stellen fest, dass der Anteil an Freiräumen in unmittelbarer Umgebung (1-3 km Entfernung) das Gefühl von Einsamkeit und den Mangel an sozialer Unterstützung verringert. Davon betroffen sind vor allem Kinder, ältere Menschen und Personen mit tiefem Einkommen (Maas et al. 2009: 594). Auch in Bühler et al. (2008, in: Grêt-Regamey et al. 2012: 41) wird auf die Bedeutung von Freiräumen für den sozialen Austausch und die soziale Teilhabe verschiedener Bevölkerungsschichten hingewiesen.

Der psychologische und soziale Nutzen von Freiräumen wird in Chiesura (2004: 129) verdeutlicht. Als Beweggründe für den Aufenthalt in einem Amsterdamer Park gaben Parkbesucher als Motive u.a. „Zeit mit Kindern verbringen“ oder „sich mit anderen Personen treffen“ an (Chiesura 2004: 132).

Freiräume tragen somit dazu bei, das Zugehörigkeitsgefühl zu einer Gemeinschaft zu stärken. Freiräume verfügen zudem über ein erhöhtes Integrationspotential und können als Begegnungsräume zur Förderung sozialer Interaktionen zwischen unterschiedlichen Bevölkerungsschichten beitragen (Dübendorfer 2002, in: Gasser & Hayoz 2005: 17).

**Biodiversität:**

Biodiversität, auch als biologische Vielfalt bezeichnet, wird definiert als:

„The variability among living organisms from all sources including, inter alia, terrestrial, marine and other aquatic ecosystems and the ecological complexes of which they are part; this includes diversity within species, between species and of ecosystems” (MEA 2005b: 18).

Biodiversität beinhaltet die gesamte Vielfalt an Arten, Populationen, Genen, Ökosystemen, Habitaten oder Landschaften. Sie bildet die Basis für sämtliche regulierenden, bereitstellenden, kulturellen und unterstützenden Ökosystemleistungen. So beeinflusst Biodiversität beispielsweise die Produktion von Biomasse, den Nährstoff- und Wasserkreislauf, das Klima oder sie wirkt sich auf Erholung und ästhetische Funktionen aus (MEA 2005b: 22).

Rapport (1995, in: Tzoulas et al. 2007: 10) bezeichnet Biodiversität als einen der wichtigsten Indikatoren für den Gesundheitszustand eines Ökosystems. Gesunde Ökosysteme weisen gleichzeitig auf eine hohe Qualität und Anzahl von Ökosystemleistungen hin (Cairns & Pratt 1995, in: Tzoulas et al. 2007: 12).

Biodiversität stärkt die Belastbarkeit und Robustheit eines Ökosystems gegen Umwelteinwirkungen, wie beispielsweise Naturkatastrophen (Bengtsson et al. 2002, in: Tzoulas et al. 2007: 10). Auch wird die Resistenz gegen Invasoren gestärkt, da artenreiche Ökosysteme dazu gezwungen sind, die vorhandenen Ressourcen effizienter zu nutzen (Loreau et al. 2002, in: Tzoulas et al. 2007: 10). Weiter zeichnen sich Ökosysteme mit einer hohen Biodiversität durch eine höhere Produktivitätsrate, Dynamik und Elastizität aus, als homogene Ökosysteme (Tilman 1997, in: Tzoulas et al. 2007: 10).

Kurzfristig hat eine Verringerung von Biodiversität zwar nur geringe Auswirkungen auf die Qualität der Ökosystemleistungen. Durch eine tiefere Belastbarkeit, Resistenz oder Elastizität von Ökosystemen werden Ökosystemleistungen jedoch mittel- und langfristig stark beeinträchtigt (MEA 2005b: 25).

## 2.2 Integration von Ökosystemleistungen in Planungsinstrumenten

### 2.2.1 Nachhaltige Siedlungsentwicklung

Mit der Unterzeichnung der Deklaration von Rio de Janeiro, an der UNO-Konferenz von 1992, und der Dokumente anlässlich des Weltgipfels für nachhaltige Entwicklung in Johannesburg (2002), hat sich die Schweiz einer nachhaltigen Entwicklung verpflichtet.

Danach wird unter Nachhaltigkeit eine Entwicklung verstanden, welche die heutigen Bedürfnisse der Menschen deckt, ohne die zukünftigen Möglichkeiten zur Befriedigung der Bedürfnisse zu gefährden (WCED 1987, in: ARE 2008: 5). Nachhaltigkeit berücksichtigt dabei die drei Zieldimensionen „ökologische Verantwortung“, „gesellschaftliche Solidarität“ und „wirtschaftliche Leistungsfähigkeit“. Hierzu ist auf alle drei Dimensionen gleichwertig Rücksicht zu nehmen (ARE 2008: 8).

Somit unterliegt auch die Siedlungs- und Raumentwicklung dem Prinzip der Nachhaltigkeit. Dies wird im Raumentwicklungsbericht 2005 (ARE 2005: 57) festgehalten. Danach hat die Siedlungsentwicklung einerseits die ökologischen Ansprüche an den Raum zu berücksichtigen, indem eine haushälterische Bodennutzung angestrebt, Kulturlandschaften gefördert und erhalten, sowie bestehende Naturräume geschützt werden. Andererseits sind gesellschaftliche Bedürfnisse zu decken, indem attraktive Siedlungs- und Erholungsräume mit hoher Qualität bereitgestellt und Schutz vor Naturgefahren geboten werden.

Weiter müssen Standortvoraussetzungen für die Wirtschaft geschaffen, ausreichende Infrastrukturausstattung bereitgestellt, sowie eine angemessene Erschliessung sichergestellt werden, um damit den wirtschaftlichen Ansprüchen an die Raumentwicklung gerecht zu werden. Hierzu ist auch der Verkehr auf Nachhaltigkeit auszurichten, indem die Umverteilung vom motorisierten Individualverkehr auf den öffentlichen Verkehr und den Langsamverkehr gefördert und negative Verkehrsauswirkungen, wie Schadstoffemissionen eingedämmt werden (ARE 2008: 19).

Wie bereits einleitend erwähnt, ist aufgrund des anhaltenden Bodenverbrauchs und der Zersiedelung die Schweizer Siedlungsentwicklung als nicht nachhaltig zu bezeichnen (ARE 2005: 66). Die haushälterische Bodennutzung ist deshalb verstärkt umzusetzen, indem der Bodenverbrauch pro Einwohner(-in) und Beschäftigte(-n) verringert und die Siedlungsausdehnung in die Landschaft eingeschränkt wird. Die Siedlungsentwicklung nach Innen und die Erneuerung bestehender Strukturen sollen der Bebauung neuer Gebiete bevorzugt werden. Hierzu soll durch die Umnutzung und Aufwertung bestehender Bauten, durch Schliessen von Baulücken und durch die Ausrichtung auf eine energieeffiziente Siedlungsentwicklung die gewünschte Nachhaltigkeit erreicht werden (ARE 2011: 13).

Probleme in der Umsetzung einer nachhaltigen Siedlungsentwicklung bestehen jedoch darin, dass unterschiedliche Sichtweisen und Kriterien zur anzustrebenden urbanen Qualität vorliegen. Um zu beurteilen, welche Siedlungsmuster als nachhaltig und somit zukunftsfähig weiterverfolgt werden sollen, sind deshalb gemeinsame Qualitätsziele aller Planungsakteure der verschiedenen Disziplinen festzulegen. Im Projekt SUPat soll dies durch die Schaffung einer kollaborativen Plattform erreicht werden. Indem mögliche zukünftige Siedlungsmuster visualisiert, analysiert, verändert und mit Indikatoren für die Qualität verknüpft werden, sollen Zielvorstellungen für eine langfristig tragfähige Siedlungsentwicklung erarbeitet werden. (Workshop SUPat, 15.2.2012).

### **2.2.2 Verwendung von GIS in der Siedlungsplanung**

Die Berücksichtigung von Ökosystemleistungen als integraler Bestandteil einer nachhaltigen Entwicklung ist von hoher Bedeutung. Dazu ist es allerdings notwendig, die vorhandenen Qualitäten der Leistungen abschätzen zu können, um daraus Massnahmen abzuleiten. Für die Bewertung und Quantifizierung von Ökosystemleistungen zu siedlungsplanerischen Zwecken ist die Wahl geeigneter operationeller Instrumente zu treffen. Hierzu eignen sich Geographische Informationssysteme (GIS).

Mit Hilfe von GIS können räumliche Daten erfasst, gespeichert, verwaltet, manipuliert, berechnet und analysiert werden (Blaschke & Lang 2007: 39). Die Aufarbeitung räumlicher Daten bietet dadurch einerseits die Möglichkeit, Daten zu dokumentieren und zu visualisieren. Die Visualisierung bringt den Vorteil, komplexe oder grosse Datenmengen in Form von Karten zu präsentieren und dadurch einfach verständlich zu machen. Insbesondere in der Planung, wo Exponenten unterschiedlicher Fachrichtungen miteinander in Kontakt treten, ist die einfach verständliche Visualisierung von hoher Bedeutung (Schwarz-von Raumer 1999: 9).

Weiter bieten Geographische Informationssysteme eine Vielzahl an Werkzeugen, welche Fähigkeiten zur Verknüpfung und zur Analyse von räumlichen Daten bieten. Um die Analyse von Daten zu ermöglichen, liegt eine Fülle von geostatistischen Auswertungswerkzeugen vor. Diese beinhalten Analysen über die Distanz, der räumlichen Anordnung, Form oder die Fläche (Schwarz-von Raumer 1999: 9). Funktionen, wie räumliche Verschnitte, Puffergenerierung oder räumliche Selektionen sind Beispiele dafür.

Für die Siedlungsplanung sind räumliche Informationen unerlässlich. In einem GIS können diese Informationen mit einem geringen Aufwand bereitgestellt und analysiert werden (Blaschke & Lang 2007: 40). Die unterschiedlichen Anwendungsfelder von GIS in der Landschafts- und Siedlungsplanung sind in Abb. 2 dargestellt:

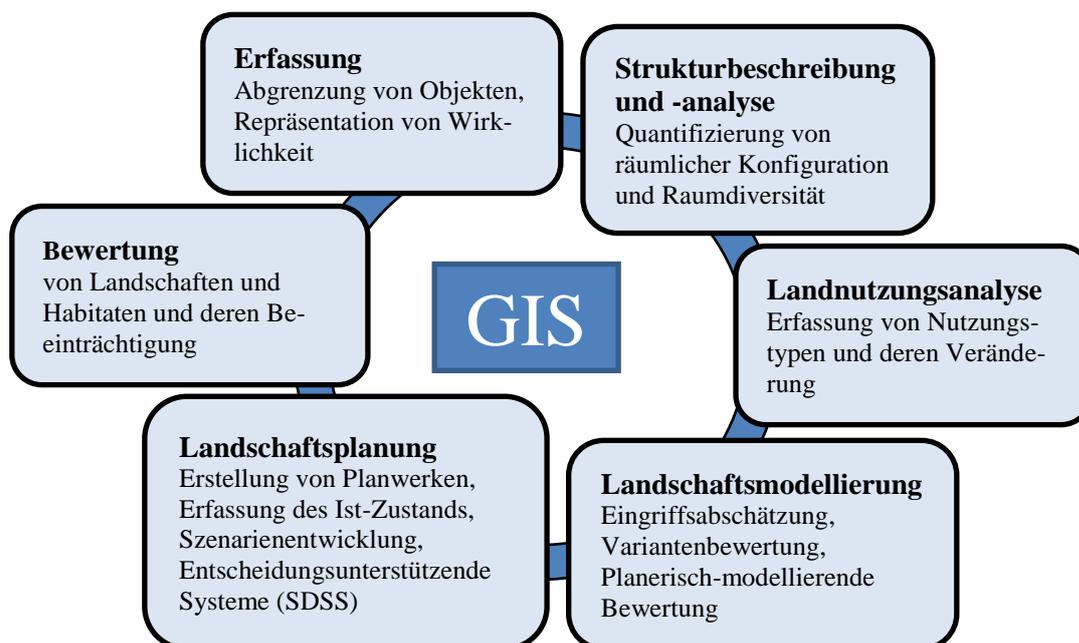


Abb. 2: Verwendung von GIS in der Landschaftsplanung und -analyse (Blaschke & Lang 2007: 41)

## 2.3 Quantifizierung von Ökosystemleistungspotentialen

### 2.3.1 Einflussgrössen, Indikatoren und Berechnungsmethoden

Um die Quantifizierung von Ökosystemleistungspotentialen in Siedlungsräumen zu ermöglichen, sind die Einflussgrössen zu identifizieren, welche auf die Umweltleistungen einwirken. Daraus können Indikatoren abgeleitet werden, nach welchen sich die Leistungen berechnen lassen. Einflussgrössen können dabei auch gleichzeitig als Indikatoren dienen. Schliesslich sind geeignete Berechnungsmethoden festzulegen.

Nachfolgend werden für alle sechs Bereiche von Ökosystemleistungen die wichtigsten Einflussgrössen, sowie mögliche Indikatoren aufgeführt. Hierzu ist die Studie „Indikatoren für Ökosystemleistungen“ des Bundesamts für Umwelt (BAFU) zu erwähnen, in welcher Umweltindikatoren für die Schweiz festgelegt wurden (Staub & Ott 2011: 16f).

Die Studie enthält, basierend auf der Definition von Boyd & Banzhaf (2007: 619), ein Inventar mit Indikatoren für 23 finale Ökosystemleistungen. Die Verwendung von finalen Ökosystemleistungen ergibt den Vorteil, dass Redundanzen bei der Erfassung vermieden werden können (Staub & Ott 2011: 26). Die Ökosystemleistungen sind so ausgewählt, dass diese sich möglichst gut in die vom MEA (2005: 3) definierten vier Bereiche (regulierende, bereitstellende, unterstützende und kulturelle Leistungen) einpassen (Staub & Ott 2011: 27).

Weiter werden geeignete Berechnungsmethoden aufgezeigt, mit denen Ökosystemleistungspotentiale bestimmt werden können. Aufgrund der Fülle vorhandener Methoden wird jedoch lediglich auf die wichtigsten Ansätze eingegangen.

### 2.3.2 Regulierung des Wasserhaushalts

#### **Einflussgrössen und Indikatoren:**

Der Wasserhaushalt in Siedlungsräumen wird durch den Niederschlag, den Abfluss, die Evapotranspiration (Verdunstung) und die Speicheränderung bestimmt. Nach der Wasserbilanzgleichung gilt (Weingartner 2006: 7):

$$\text{Niederschlag} = \text{Abfluss} + \text{Evapotranspiration} + \text{Speicheränderung}$$

- Evapotranspiration:

Evapotranspiration (Verdunstung) umfasst einerseits Evaporation (Verdunstung auf unbelebten Oberflächen) und Transpiration (Verdunstung durch Pflanzen). Die potentielle Verdunstung wird durch das Klima bestimmt (Niederschlag, Temperatur und Nettostrahlung) und ist beispielsweise an tiefer gelegenen und südexponierten Stellen höher. Luftfeuchtigkeit, Wind und Luftdruck können die potentielle Verdunstung zusätzlich verstärken (Spreafico & Weingartner 2005: 41f).

Die tatsächliche Verdunstung liegt jedoch meist unter der potentiellen Verdunstung und wird vor allem von der Bodenbedeckung und dem Bodenwassergehalt beeinflusst. Versiegelte Flä-

chen beispielsweise trocknen nach einem Regen schnell aus, wodurch sich die Verdunstung verringert (Spreafico & Weingartner 2005: 42).

Bezüglich der Bodenbedeckung spielen vor allem Bäume eine Rolle. Mit steigendem Kronenvolumen erhöht sich die Verdunstung (Bunzel 1992, in: Arlt & Lehmann 2005: 44). Ein Buchenwald beispielsweise verdunstet rund 62 Prozent des anfallenden Niederschlags (Göhre 1949, in: Mathey et al. 2011: 40).

#### - Speicheränderung:

Gespeichertes Wasser beinhaltet die Wassermenge, welche nicht in Bewegung ist. Im Siedlungsgebiet wird Wasser einerseits gespeichert als Oberflächenwasser. Gespeichertes Oberflächenwasser umfasst an der Vegetationsoberfläche gebundenes Wasser, an der Bodenoberfläche gespeichertes Wasser (beispielsweise in Mulden oder Schnee) oder Wasser in stehenden Gewässern, wie Seen. Andererseits wird Wasser in Hohlräumen und Poren des Bodens, als Bodenfeuchtigkeit oder als Grundwasser gespeichert. Jene gespeicherte Wassermenge wird durch die Versickerung von Wasser (Infiltration) in den Boden beeinflusst (Baumgartner & Liebscher 1996, in: www.geodsz.com, 05.03.2012).

Sowohl die Infiltration, als auch die Speicherkapazität eines Bodens werden bestimmt durch die Vegetation, die Bodenwassersättigung (Grundwasserlevel), das Klima (Bodenfrost), die Bodeneigenschaften wie Art, Gefüge, Makroporenanteil, Durchlässigkeit und Profil, sowie durch anthropogene Einflussgrößen wie Versiegelung und Landnutzung (Baumgartner & Liebscher 1996, in: www.geodsz.com, 05.03.2012). Ausserdem wird die Infiltration durch den Steigungsgradienten beeinflusst, wobei steile Flächen die Versickerung von Wasser erschweren (Göbel et al. 2004: 270).

#### - Abfluss:

Der Abfluss kann unterteilt werden in Grundwasserabfluss, Zwischenabfluss (oberhalb einer stauenden Grenzschicht) und den Oberflächenabfluss. Übertrifft die anfallende Regenmenge die Verdunstungs-, Speicher- und Infiltrationsmenge, so fließt der anfallende Niederschlag als Oberflächenabfluss ab. Der Oberflächenabfluss unterteilt sich weiter in den Anteil, welcher direkt in einen Vorfluter fällt und in den Anteil, der auf dem Gelände abfließt (Ruth 2004: 7).

Die Höhe des Oberflächenabflusses wird vor allem von der Permeabilität bzw. der Infiltrationsrate des Bodens bestimmt. Je tiefer diese ausfallen, beispielsweise aufgrund versiegelter Böden, desto höher ist der Oberflächenabfluss (Horner et al. 1994: 17).

### **Berechnungsansätze:**

Eine Abschätzung der Wasserhaushaltsgrößen Verdunstung, Abfluss und der Speicheränderung kann mittels Computermodellen durchgeführt werden. Beispiele solcher Modelle sind PREVAH (Viviroli et al. 2007: 1209f), TOPMODEL (Sivapalan et al. 1987: 2266), GwNeu,

HYDRUS\_2D oder SPRING (Göbel et al. 2004: 270). Jedoch erfordert die Berechnung mit den genannten Modellen eine Vielzahl an Parametern, z.B. zu den Bodeneigenschaften.

Einfachere Ansätze führen über die Abschätzung der Verdunstung und Interzeption durch das Grünvolumen, da die Vegetation in engem Zusammenhang mit den Grössen der Wasserbilanz steht (Hecht 2006: 104). Basierend auf empirisch ermittelten Werten schätzen Pauleit & Duhme (2000: 11) die Auswirkungen urbaner Landnutzungsformen auf den Wasserhaushalt Münchens, über den Oberflächenabfluss und die Infiltrationsrate. Für die Berechnung der jährlichen Infiltrationsrate (prozentualer Anteil der Infiltration des jährlich anfallenden Niederschlags) werden etwa Werte von 5 Prozent für Asphaltflächen, 25 Prozent für Wald oder 60 Prozent für Kies verwendet (Pauleit & Duhme 2000: 11).

Ein international oft angewandtes und weiter entwickeltes Verfahren ist jenes der Curve-Number Methode des United States Soil Conservation Service (SCS 1972, in: Boonstra 1994: 122). Dieses findet etwa in Weng (2001: 737f); Whiteford et al. (2001: 94) als auch in Tratalos et al. (2007: 310) Anwendung.

Die Methode ermöglicht die Berechnung des Oberflächenabflusses ( $Q$ ) eines Niederschlagsereignisses ( $P$ ) pro Flächeneinheit. Der Gesamtabfluss eines Einzugsgebietes errechnet sich durch Multiplikation des Oberflächenabflusses mit der Einzugsgebietsfläche.

Die vom SCS entwickelte Formel lautet:

$$Q = \frac{(P - I)^2}{(P - I) + S} \text{ [mm]} \quad \text{für } P > I, \quad Q = 0 \text{ für } P < I$$

$I$  steht für den Anfangsverlust des maximalen potentiellen Speichervolumens ( $S$ ) eines Bodens. Nach den empirischen Feldmessungen des SCS gilt  $I = 0,2 * S$ . Für mitteleuropäische Verhältnisse wird nach Maniak (2005, in: Seidel 2008: 85) ein Anfangsverlust von 5 Prozent angenommen. Danach gilt  $I = 0,05 * S$ .

$S$  errechnet sich durch die Gleichung:

$$S = \frac{2540}{CN} - 25,4 \text{ [mm]}$$

$CN$  steht für Curve Number, die vom SCS durch Feldmessungen empirisch ermittelt wurde. Je höher eine  $CN$ , desto höher ist der Oberflächenabfluss.  $CN = 100$  gilt für vollständig undurchlässige Flächen. Die  $CN$  wird von folgenden vier Faktoren bestimmt (Boonstra 1994: 124f):

#### 1. Landnutzung und Bodenbedeckung:

Betrifft die Art der Bodenbedeckung (z.B. Wald) oder die Landnutzung auf der jeweiligen Fläche.

#### 2. Zustand der Bodenfeuchtigkeit vor einem Regenereignis:

Je nach Zustand der Bodenfeuchtigkeit vor einem Regenereignis (engl. Antecedent moisture condition (AMC)) werden vom SCS drei Klassen unterschieden:

- I      Trockene Böden
- II     Böden mit durchschnittlicher Bodenfeuchtigkeit
- III    Nasse, gesättigte Böden

Die Klassierung basiert auf der Regenmenge, welche fünf Tage vor dem Regenereignis anfällt. Die SCS-Methode unterscheidet zudem eine Winter- und Sommerperiode, da Vegetation und ungefrorener Boden anfallendes Regenwasser besser aufnehmen können.

### 3. Hydrologische Kondition:

Die hydrologische Kondition betrifft die Art der landwirtschaftlichen Nutzung (z.B. Monokulturen oder Rotationen) und die Bearbeitung des Bodens (z.B. Terrassierung). Die hydrologische Kondition wird von schlecht, mittel bis gut klassiert. Größen, mit welchen die hydrologische Kondition geschätzt wird, sind z.B. der Bedeckungsgrad mit Vegetation, Betrag ganzjähriger Vegetationsbedeckung, Anteil an Vegetationsrückständen oder die Oberflächenrauigkeit (USDA 1986: 2).

### 4. Die hydrologische Bodenklassierung:

Zur Klassierung werden die Böden in vier Bodentypen eingeteilt. Diese Einteilung basiert auf der Untersuchung von über 4'000 Böden in den USA. Folgende Bodentypen werden unterschieden (Chow et al. 1988: 149):

A: Böden mit einer hohen Infiltrationsrate. Dazu zählen gut drainierte, tiefgründige Böden aus Sand, Löss oder aggregiertem Silt. Die minimale Infiltrationsrate liegt zwischen 7,6 – 11,4 mm/h.

B: Böden mit moderaten Infiltrationsraten. Diese beinhalten oberflächlichen Löss oder sandigen Lehm. Die minimale Infiltrationsrate beträgt 3,8 – 7,6 mm/h.

C: Böden mit tiefer Infiltrationsrate. Dazu gehören Böden mit tonigem Lehm, oberflächlichem, sandigem Lehm, Böden mit niedrigem organischem Gehalt oder hohem Tongehalt. Die minimale Infiltrationsrate liegt zwischen 1,3 – 3,8 mm/h.

D: Böden mit sehr tiefen Infiltrationsraten. Beispielsweise stark durchnässte Böden mit hohem Tongehalt oder salzige Böden. Die minimale Infiltrationsrate beträgt 0 – 1,3 mm/h.

Für die Bestimmung der *CN* wird eine vom SCS entwickelte Tabelle beigezogen, in der unterschiedlichen Landnutzungsformen *CN*-Werte zugewiesen sind. Da die *CN* durch Hangneigungen < 5 Prozent kaum beeinflusst wird und die meisten Böden der USA diese Steigung nicht übertreffen, wird die Hangneigung vom SCS nicht berücksichtigt (Boonstra 1994: 126).

Basierend auf empirisch ermittelten Werten im Lössplateau Nordchinas, wurde durch Huang et al. (2006: 580f) eine Formel hergeleitet, welche den Einfluss der Hangneigung auf die *CN* aufzeigt. Die Formel zeigt den korrigierten *CN*-Wert ( $CN_{2slp}$ ), in Abhängigkeit zur Steigung (*slp*), für einen Boden mit durchschnittlicher Bodenfeuchtigkeit ( $CN_2$ ):

$$CN_{2slp} = CN_2 \frac{322,79 + 15,63 \text{ slp}}{\text{slp} + 323,52}$$

### 2.3.3 Erholungsfunktionale Versorgung

#### **Einflussgrössen und Indikatoren:**

##### - Distanz und Erreichbarkeit:

Die erholungsfunktionale Versorgung wird von der Distanz zu einem bestimmten Freiraum beeinflusst. Je näher ein Freiraum zum Wohn- oder Arbeitsort liegt, desto häufiger wird dieser besucht (Grahn 1994, in: van Herzele & Wiedemann 2002: 111).

Nach Schipperijn et al. (2010: 31) jedoch muss eine kurze Distanz zu Wohngebieten nicht zwingend mit einer höheren Besucherzahl des Freiraumes einhergehen. Kurze Distanzen sind vor allem für jene Personen entscheidend, welche in ihrer Mobilität eingeschränkt sind, wie Kinder, ältere Einwohner oder gesundheitlich Angeschlagene (Schipperijn et al. 2010: 31).

Die Festlegung von Sollwerten, mit welchen die maximale Distanz zu einem Erholungsraum berechnet werden kann, findet sich etwa in van Herzele & Wiedemann (2002: 111). Danach sollen für den Besuch eines Freiraums nicht mehr als fünf Gehminuten respektive 400 m aufgewendet werden. Dieser Sollwert wird für Einwohner auch von Grün Stadt Zürich (2006: 92f) verwendet, wobei zusätzlich für Beschäftigte eine maximale Distanz von 200 m festgelegt wird.

Die zeitliche Distanz zu einem Freiraum ist abhängig von der Erreichbarkeit. Hindernisse und Barrieren auf dem Weg zu einem Freiraum müssen deshalb berücksichtigt werden (Grün Stadt Zürich 2005: 8). Nebst physischen Hindernissen gilt Sicherheit im und auf dem Weg zu einem Freiraum als wichtige Vorbedingung, damit ein Freiraum überhaupt besucht wird (van Herzele & Wiedemann 2002: 111).

Sind die Grundbedingungen Distanz und Sicherheit erfüllt, entscheiden qualitative Faktoren, wie Einheitlichkeit, Wartung, Naturnähe, historischer Charakter oder die Mentalität der Parkbesucher darüber, ob ein Freiraum aufgesucht wird (van Herzele & Wiedemann 2002: 115). In der Nutzung von Parks sind ausserdem geschlechts- und altersspezifische Unterschiede feststellbar (Ostermann 2009: 122).

##### - Funktion und Verfügbarkeit

Freiräume haben unterschiedliche Funktionen und Eigenschaften und können deshalb nicht einheitlich betrachtet werden. Ermer et al. (1996, in: Pietsch & Hensel 2003: 84) unterscheiden drei Kategorien von Freiräumen (Tab. 2):

Tab. 2: Freiraumkategorien nach Ermer et al. (1996, in: Pietsch &amp; Hensel 2003: 84)

Kategorie A Allgemein zugängliche Freiräume	Kategorie B Bedingt zugängliche Freiräume	Kategorie C Private/halböffentliche Freiräume
<ul style="list-style-type: none"> <li>- Wohnungsnahe Freiräume, wie Stadtplätze, kleine Grünanlagen, Uferwege und Promenaden</li> <li>- Siedlungsnahe Freiräume, wie Ortsteilparks oder grössere Grünzüge</li> <li>- Übergeordnete Freiräume, wie Stadtteilparks oder Naherholungsanlagen</li> <li>- Naherholungsgebiete, wie Wälder, Gewässer, Uferbereiche oder Landwirtschaftsflächen</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Öffentliche Spielplätze</li> <li>- Sportplätze</li> <li>- Freibäder, Badeplätze</li> <li>- Kleingärten</li> <li>- Campingplätze</li> <li>- Friedhöfe</li> <li>- Sonderanlagen, wie Zoos oder Schlossparks</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Hausgärten</li> <li>- Freiflächen bei Geschosswohnungsbauten</li> <li>- Blockinnenhöfe</li> <li>- Private Spielplätze</li> </ul>

Eine ähnliche Unterteilung findet sich in Grün Stadt Zürich (2005: 6):

Tab. 3: Kategorien von Freiräumen nach Grün Stadt Zürich (2005: 6)

Allgemein zugängliche öffentliche Freiräume:	
Übergeordneter Freiraum:	Multifunktional nutzbarer Freiraum mit Einzugsbereichen über die Gemeindegrenzen hinaus.
Quartierbezogener Freiraum:	Multifunktional nutzbarer Freiraum für das Quartier, beispielsweise Parkanlagen und Plätze.
Zweckgebundener Freiraum:	Eingeschränkt öffentlich nutzbare Freiräume, wie Schulanlagen oder Friedhöfe.
Linearer Freiraum:	Freiraumachsen wie Flussufer oder Grünzüge, die auch dem Langsamverkehr dienen.
Offene Landschaft:	Wiesen und Felder mit einem Wegenetz, das sich für Spaziergänge eignet.
Waldsaum:	Ein 200 m breiter Streifen des Waldes ab Waldrand mit besonderen Aufenthaltsmöglichkeiten und Wegen für Spaziergänger.
Monofunktionale Freiräume:	
Freiräume mit einer einzigen bestimmten Funktion, wie Familiengärten oder Bäder. Jene Flächen sind zwar teilweise in öffentlichem Besitz, aber oft nicht allgemein zugänglich und nicht multifunktional nutzbar.	
Private und halböffentliche Freiräume:	
Privater Freiraum:	Freiräume, die private Gebäude umgeben und nur von einzelnen Parteien, beispielsweise von Besitzer oder von Mieter genutzt werden.
Halböffentlicher Freiraum:	Nicht für die öffentliche Nutzung bestimmte Freiflächen, wie Rasenflächen innerhalb einer Siedlung, die aber auch von den Bewohnern der Siedlung nachbarschaftlich genutzt werden.

Je nach Funktion eines Freiraums werden unterschiedliche Aufnahmekapazitäten angenommen. Diese zeigen die Anzahl Personen an, welche ein Freiraum gleichzeitig aufnehmen kann, ohne dass die Qualität für Erholung und die Ökologie beeinträchtigt werden (Grün Stadt Zürich 2005: 7). In der Literatur existieren unterschiedliche Kennwerte, mit welchen die Kapazität (Anzahl Personen pro Fläche) zu Erholungszwecken ausgewiesen werden kann (u.a. Gälzer 2001: 168; Grün Stadt Zürich 2005: 8).

- Grösse eines Freiraums:

Die Funktion eines Freiraums ist abhängig von dessen Grösse, wobei je nach Funktion eine minimale Fläche vorausgesetzt wird (MIRA-S 2000, in: van Herzele & Wiedemann 2002: 113). Die Bedeutung der Grösse eines betreffenden Erholungsraumes wird auch in Nordh et al. (2009: 229f) unterstrichen.

Generell steigt der Erholungsgrad mit zunehmender Fläche an. Jedoch können auch kleine Flächen ein hohes Erholungspotential aufweisen. Nordh et al. (2009: 229f) verweisen dabei auf beeinflussende Faktoren wie das Parkdesign, Parkkomponenten und Naturnähe. Beispielsweise ist die Faszination für eine Grünanlage vom Vorhandensein von Wasser oder von Vegetation abhängig (Nordh et al. 2009: 231f).

### **Berechnungsansätze:**

In Grün Stadt Zürich (2005: 4) wird der Versorgungsgrad der Bevölkerung durch öffentliche Freiräume zur Naherholung berechnet. Dabei wird festgelegt, dass dieser 100 Prozent beträgt, sofern pro Einwohner(-in) 8 m<sup>2</sup> öffentliche Freiflächen, in einem Umkreis von 400 m, respektive für Beschäftigte 5 m<sup>2</sup>, im Umkreis von 200 m, zur Verfügung stehen (Grün Stadt Zürich 2005: 4).

Einberechnet wird ebenfalls die Aufnahmekapazität eines Freiraums. Dabei wird berücksichtigt, dass Arbeitende die Freiflächen vor allem zu Mittagszeiten benutzen, während die Wohnbevölkerung diese über den ganzen Tag verteilt, sowie am Wochenende aufsucht. Die Aufnahmekapazität wird deshalb für Beschäftigte doppelt so hoch eingeschätzt wie für Einwohner (Grün Stadt Zürich 2005: 10).

Weiter werden Gleichzeitigkeitsfaktoren (Einwohneranteil, welcher gleichzeitig Freiflächen besucht) und Mindestgrössen eines Freiraumes definiert. Zugangshindernisse, wie Flüsse, Bahnlinien oder Autobahnen, sowie unpassierbare Areale sind weiter zu beachten. Schliesslich werden nur Gebiete berücksichtigt, welche eine gewisse Einwohnerdichte aufweisen (Grün Stadt Zürich 2005: 7f). Die Formel für die Berechnung des Versorgungsgrades lautet:

$$\text{Versorgungsgrad [in Prozent]} = \frac{\text{Freiraumangebot}}{\text{Gleichzeitige Freiraumnachfrage}} * 100$$

Pietsch & Hensel (2003: 83) berechnen den Versorgungsgrad mit Freiflächen für die Stadt Stendal. Diese Methodik lehnt sich an jene von Hackmann & de Lange (2001: 221f) an, welche den Versorgungsgrad der Bevölkerung durch Nahrungsmittel mittels einer Netzwerkanalyse

lyse berechnen. Dazu werden Freiräume der Kategorie A, nach Ermer et al. (1996, in Pietsch & Hensel 2003: 84), sowie Freiräume  $> 0,5$  Hektaren mit einbezogen.

Die Freiräume werden beurteilt nach folgenden Parametern:

- Zugänglichkeit und Erreichbarkeit unter Berücksichtigung von Barrieren wie Strassen oder Gewässer,
- Umweltbelastungen, welche auf die Erholungsräume einwirken, wie Lärmemissionen,
- Ausstattung (Erschliessung, Gestaltung und Pflegezustand),
- Aufnahmekapazität eines Freiraums,
- Altersstruktur der Wohnbereiche. Diese ist insofern relevant, da etwa Kinder einen kleineren Bewegungsradius haben als Erwachsene. Unterschiedliche alters- und nutzungsspezifische Freiraumansprüche werden den Richtwerten des Landschaftsprogramms Hamburg entnommen (Deutsche Olympische Gesellschaft 1976, in: Pietsch & Hensel 2003: 86).

Die verwendeten Soll- und Kennwerte bilden die Basis für die Berechnung, einerseits des Einzugsgebiets der Erholungsflächen und andererseits des Versorgungsgrades der Bevölkerung mit Erholungsflächen (Pietsch & Hensel 2003: 87).

### **2.3.4 Regulierung des Mikroklimas und der Luftqualität**

#### **Einflussgrössen und Indikatoren:**

Das örtliche Klima wird sowohl durch lokale, als auch übergeordnete regionale und globale Prozesse beeinflusst, wie die Wetterlage, die Windgeschwindigkeit und die Windrichtung (Mathey et al. 2011: 36). Klimatische Auswirkungen durch lokale Prozesse erfolgen einerseits durch Grünflächen innerhalb der Siedlung und andererseits durch die nächtliche Zufuhr von Kaltluft von ausserhalb des Siedlungsgebietes (Mathey et al. 2011: 37).

- Klimatische Wirkung durch das Umland:

Das Klima einer Siedlung wird durch die Zufuhr von Kaltluft aus dem Umland beeinflusst. Kaltluft entsteht in Abhängigkeit von der Bodenfeuchtigkeit, Art, Höhe und Dichte der Vegetation, von der Bodenbeschaffenheit, Exposition, Geländeform oder von saisonalen Grössen (VDI 2002, in: Mathey et al. 2011: 37).

Ausserdem wird Kaltluft auf Grünflächen erst ab einer Grösse von 10 Hektaren gebildet. Die Beeinflussung des städtischen Mikroklimas erfolgt durch den Abfluss der Kaltluft in die wärmeren, bebauten Gebiete. Dies geschieht durch Flur-, Hang- und Talwinde (VDI 2002, in: Mathey et al. 2011: 37). Der Transport der Kaltluft geschieht über hindernisfreie Flächen, wie Strassen oder niedrigbewachsene Grünflächen (Gälzer 2001: 28).

- Klimatische Wirkung durch innerstädtische Grünflächen:

Bei der Betrachtung der mikroklimatischen Auswirkungen von innerstädtischen Grünflächen wird unterschieden in die Wirkung aller Grünräume als Gesamtsystem und der Abkühlungs-

wirkung einzelner Grünräume. Die Wirkung aller Grünräume ist abhängig von deren räumlicher Verteilung, Vernetzung, sowie der Gesamtfläche (Mathey et al. 2011: 38).

Mathey et al. (2011: 85) zeigen dabei auf, dass die kühlende Wirkung eines grossen, zentral gelegenen Parks grösser ist, als die Wirkung vieler kleiner, über das Stadtgebiet verteilter Parks der gleichen Gesamtfläche. Diese Erkenntnis wird aber sogleich relativiert, da die Erreichbarkeit von kleinen, über das Stadtgebiet verteilter Grünflächen für die Bevölkerung besser ist (Mathey et al. 2011: 83). Nebst den eigentlichen Grünflächen können auch Dachbegrünung oder Gewässer das Mikroklima beeinflussen (Mathey et al. 2011: 47).

Bei der Betrachtung der mikroklimatischen Wirkung einzelner Grünräume sind folgende Parameter von Belang:

- **Oberflächentemperatur:**

Der nächtliche, kühlende Effekt von Grünräumen innerhalb einer städtischen Wärmeinsel (Park Cool Island (PCI)-Effekt) ist eine relationale Grösse, welche von der Ausprägung der Wärmeinsel abhängt (Mathey et al. 2011: 40). In versiegelten Gebieten ist der PCI-Effekt dabei höher als in durchgrüneten Stadtteilen (Bongardt 2006, in: Mathey et al. 2011: 40).

Die Oberflächentemperatur (Temperatur am Boden) ist abhängig von der Vegetationsbedeckung. Vor allem Bäume senken die Oberflächentemperatur durch Schattenwirkung und Evapotranspiration (Gill et al. 2007, in: Mathey et al. 2011: 40). Zusätzlich wird die Oberflächentemperatur von der Grösse eines Grünraumes bestimmt. Nach Kuttler (1993, in: Tyrväinen et al. 2004: 94) können signifikante Temperatureinflüsse jedoch nur für Grünräume grösser als eine Hektare nachgewiesen werden.

Der Wirkungsbereich einer Grünfläche auf die Umgebungstemperatur ist auf eine Distanz von 200 bis 400 m beschränkt (Eliasson 2000, in: Tyrväinen et al. 2004: 14). Dieser sogenannte Randeffekt ist abhängig von der Grösse der Grünfläche und von den horizontalen Austauschbedingungen mit der Atmosphäre (Mathey et al. 2011: 85).

- **Luftfeuchtigkeit:**

Durch die Evapotranspiration wird die relative Luftfeuchtigkeit erhöht. Wie bereits im Abschnitt 2.3.4 erwähnt, ist sie von der Bodenbedeckung abhängig. Für einen Baum durchschnittlicher Grösse (z.B. eine Buche) wird von einer täglichen Verdunstung von 500 Liter Wasser ausgegangen. Dies entspricht einem Wärmeentzug von ca. 1'255 Megajoule (Ermer et al. 1996, in: Mathey et al. 2011: 40).

- **Windgeschwindigkeit:**

In Grünräumen findet eine Verringerung der Windgeschwindigkeit statt. Diese Verringerung beträgt im Durchschnitt 0,8 m/s (Greiner & Gelbich 1972, in: Mathey et al. 2011: 40). In dicht bewachsenen Wäldern kann die Abschwächung bis zu 75 Prozent gegenüber unbewachsener Stellen betragen (Sukopp et al. 1979, in: Mathey et al. 2011: 40).

Die Beeinflussung von Windgeschwindigkeit oder Luftzirkulation ist jedoch komplex und zu einem Grossteil abhängig von der Anordnung und Struktur der Bauten und der Vegetation.

Bäume werden in der Stadtplanung lokal dazu verwendet, die Wirkung von Winddüsen herabzusetzen (Gälzer 2001: 28).

### **Berechnungsansätze:**

Laut Bruse (2003: 69) ist eine genaue Quantifizierung der Gesamtauswirkungen von Grünräumen auf das Mikroklima aufgrund der komplexen Beziehungen und Prozesse nicht möglich. Ansätze, die mikroklimatischen Effekte urbaner Grünräume zu berechnen, finden sich dennoch, z.B. in Bruse et al. (2002: 25f) oder in Katzschner et al. (2009: 18f).

Die Berechnung erfolgt hierbei mit dem dreidimensionalen Computermodell ENVI-Met 3.1 (Bruse & Fleer 1998: 373f). Das Modell beruht auf den Gesetzen der Strömungsmechanik, der Thermodynamik und der allgemeinen Atmosphärenphysik. Einflussgrößen des Bodens, der Vegetation und der Atmosphäre, beispielsweise Windturbulenzen und Strömungen, werden ebenfalls berücksichtigt (Bruse & Fleer 1998: 374f).

ENVI-Met eignet sich jedoch lediglich zur Simulierung kleiner Gebiete (z.B. eines Quartiers), da einerseits die Berechnungszeiten hoch sind und andererseits die Stadtmodelle (3D-Gebäudegeometrien, Vegetation oder Bodenbeschaffenheit) erst in einem Editor erstellt werden müssen. Zum Zeitpunkt dieser Arbeit war ENVI-Met mit ESRI-Formaten nicht kompatibel.

#### **- Oberflächentemperatur:**

In der Arbeit von Mathey et al. (2011: 51f) werden die mikroklimatischen Auswirkungen von urbanen Grünflächen durch Berechnung der Temperaturabkühlung aufgezeigt. Dazu wurden am Fallbeispiel Dresden 57 Stadtvegetationsstrukturtypen identifiziert und nach Grünflächenanteil, Vegetationsschicht (niedrig, mittel, hoch), Versiegelungsgrad und Grünvolumen eingeteilt. Basierend auf ENVI-Met (Bruse & Fleer 1998: 373f) wurden anschliessend für jeden Typen Simulationen durchgeführt.

Daraus zeigt bzw. bestätigt sich, dass Abkühlungseffekte einerseits vom Luftaustausch (der Windzirkulation, aufgrund der Gebäude- und Vegetationsstruktur), der Vegetation (Grünflächenanteil, Grünflächengrösse und Grünvolumen), sowie der Beschattung durch Gebäude und Bäume (Höhe und Struktur) bestimmt werden (Mathey et al. 2011: 69).

Für die Berechnung der mikroklimatischen Auswirkungen auf gesamtstädtischer Ebene diente das HIRVAC-Modell (High Resolution Vegetation Atmosphere Coupler) (u.a. Goldberg & Bernhofer 2001, in: Mathey et al. 2011: 69). HIRVAC integriert verschiedene Prozesse der Atmosphäre, der Vegetation und des Bodens (Abb. 3). Für die Vegetation berücksichtigt das Modell beispielsweise u.a. den Kronenschlussgrad, die Blattflächendichte oder den Blattflächenindex (Mathey et al. 2011: 69).

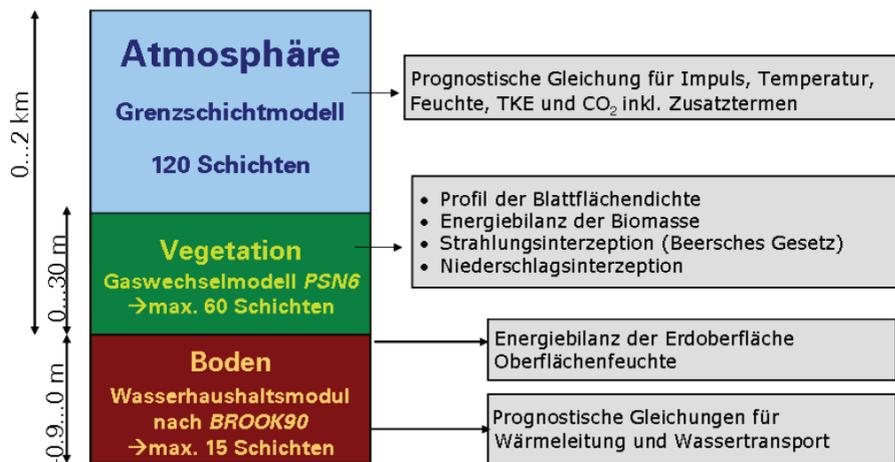


Abb. 3: Aufbau des HIRVAC-Modells (Goldberg & Bernhofer 2001, in: Mathey et al. 2011: 69)

Mit HIRVAC wurden anschliessend Simulationen durchgeführt. Als Referenzfläche diente ein trockener, unbewachsener Boden, an einem warmen, strahlungsreichen Sommertag. Als Lufthöhe eignete sich eine für den Menschen relevante Höhe von 1,5 m. Als Zeitpunkt wurde 14.00 Uhr gewählt, da dann die durchschnittliche Tageshöchsttemperatur erreicht wird (Mathey et al. 2011: 70).

Die Simulationsergebnisse zeigen einen deutlichen Zusammenhang zwischen dem Abkühlungseffekt, dem spezifischen Grünvolumen (GVD) und der Grösse eines Grünraumes. Daraus lässt sich eine Funktion ableiten, mit der die maximale Temperaturdifferenz ( $\Delta T_{\max, H}$ ) eines Grünraumes mit hoher Vegetation ( $> 3$  m), zur Referenzfläche, berechnet werden kann (Mathey et al. 2011: 70):

$$\Delta T_{\max, H} = 0,0284 * GVD^{0,487} * \text{Fläche}^{0,383} \text{ [K]}$$

Die Formel setzt jedoch voraus, dass das Grünvolumen gleichmässig über die Grünfläche verteilt ist. Für die Übertragbarkeit der Formel auf beliebige urbane Gebiete, ist diese Annahme nicht plausibel. Deshalb wurden zusätzlich niedrige Grünflächen ( $< 1$  m) mit einbezogen. Diese haben zwar geringere Auswirkungen auf die Temperatur, verfügen aber über einen hohen Gesamtflächenanteil. Erneute Simulationen mit HIRVAC ergaben folgende Funktion für die maximale potentielle Abkühlungstemperatur von niedriger Vegetation ( $\Delta T_{\max, N}$ ):

$$\Delta T_{\max, N} = 1,65 * (1 - e^{-\text{Fläche}/97736}) \text{ [K]}$$

Aus der flächengewichteten Kombination der oben aufgeführten Funktionen ergibt sich folgende Gesamtfunktion:

$$\Delta T_{\max} = \Delta T_{\max, H} * f_H + \Delta T_{\max, N} * f_N + \frac{1}{2}(\Delta T_{\max, H} + \Delta T_{\max, N}) * f_M \text{ [K]}$$

Die Formel zeigt die Flächenanteile von hoher ( $f_H$ ,  $> 3$  m), mittlerer ( $f_M$ , zwischen 1-3 m) und niedriger Vegetation ( $f_N$ ,  $< 1$  m). Zwischen bebauten Flächen und der vegetationslosen Referenzfläche bestehen kaum Unterschiede, weshalb jene Flächen nicht weiter in der Formel berücksichtigt sind (Mathey et al. 2011: 73).

Zudem ist anzumerken, dass die Temperaturabkühlung mit zunehmender Fläche des Grünraumes einem maximalen Wert zustrebt, der für Wälder bei maximal 10 Grad Kelvin an einem heissen Sommertag liegt (Nowak & Crane 2002, in: Mathey et al. 2011: 40).

- Spezifisches Grünvolumen:

Das spezifische Grünvolumen (GVD) zeigt das oberirdische Gesamtvolumen der Vegetation, bezogen auf eine bestimmte Fläche (Grossmann et al. 1984, in: Hecht 2006: 9). In der Planungspraxis wird dabei das absolute Grünvolumen (GV) mit Hilfe von einfachen geometrischen Formen ermittelt (Abb. 4). Eine Wiese beispielsweise wird vereinfacht als Quader (Höhe multipliziert mit der Breite und Länge) dargestellt.

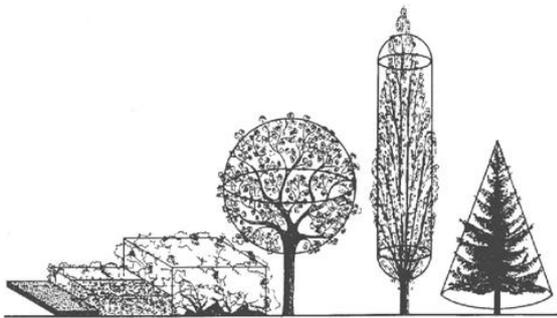


Abb. 4: Vereinfachte Volumen unterschiedlicher Vegetationsgeometrien (Grossmann et al. 1984, in: Arlt & Lehmann 2005: 29)

Da sich für die Berechnung des Grünvolumens für Bäume, durch Multiplikation der Fläche mit der Höhe, ein zu hohes Grünvolumen ergibt, müssen Kronenform-Korrekturen vorgenommen werden. Diese Korrekturen sind Verhältniszahlen zum Zylinder und lauten für Nadelbäume (Kegelform) 0,33, für Laubbäume mit einer Kugelform 0,67, bzw. für Laubbäume mit einer abgerundeten Zylinderform 0,91 (Arlt & Lehmann 2005: 30).

Die Formel für die Berechnung des spezifischen Grünvolumens lautet:

$$\text{Spezifisches Grünvolumen (GVD)} = \frac{1}{\text{Grundstücksfläche}} \sum_{i=1}^n GV_i$$

### **Einflussgrößen, Indikatoren und Berechnungsansätze der Luftqualität:**

Wie bereits dargelegt, ist die Auswirkung städtischer Grünflächen auf die Luftqualität komplex und nicht eindeutig. Berechnungen der Luftqualität führen deshalb wiederum über Computermodelle. Nebst dem bereits erwähnten ENVI-Met finden sich weitere Modelle, wie beispielsweise AURORA (Xue et al. 2000, in: de Ridder & Lefebvre 2004: 15). AURORA ermöglicht die dreidimensionale Simulierung der Verbreitung gasförmiger Stoffe, hervorgerufen durch unterschiedliche Emissionsquellen, wie Verkehr, Industrie oder Gebäude (Xue et al. 2000, in: de Ridder & Lefebvre 2004: 15).

- CO<sub>2</sub>-Aufnahme:

Mit Ausnahme von Kohlenstoffdioxid (CO<sub>2</sub>) kommt der Filtrierung von gasförmigen Schadstoffen durch die Vegetation eine untergeordnete Bedeutung zu. Tratalos et al. (2007: 310) berechnen deshalb die Luftqualität anhand der Aufnahme von CO<sub>2</sub>. Dazu wird die Formel von Rowntree & Nowak (1991: 270) verwendet, welche die Menge an aufgenommenem und gespeichertem CO<sub>2</sub> in Abhängigkeit zur Baumbedeckung wiedergibt:

Aufnahme von CO <sub>2</sub> (in Tonnen pro Hektar und Jahr) = $8,275 * 10^{-3} * \text{prozentualer Anteil an Baumbedeckung}$
---

Gespeichertes CO <sub>2</sub> (in Tonnen pro Hektar) = $1,063 * \text{prozentualer Anteil an Baumbedeckung}$
---

Die Baumbedeckung beinhaltet jene Fläche, welche durch die Baumkronen abgedeckt ist. Um eine Beziehung zwischen der Baumbedeckung und der gespeicherten und aufgenommenen Menge an CO<sub>2</sub> herzuleiten, wird die durchschnittliche Anzahl Bäume pro Flächeneinheit ermittelt (Rowntree & Nowak 1991: 270).

Zudem werden die durchschnittliche Verteilung des Stammdurchmessers, das Baumkronenwachstum, sowie der Anteil an Laub- und Nadelgehölz beigezogen. Für unterschiedliche Verteilungen der Stammdurchmesser leiten Rowntree & Nowak (1991: 271) Formeln für die CO<sub>2</sub>-Aufnahme und Speicherung her. Junge Bäume mit einem geringen Stammdurchmesser können eine höhere Menge an CO<sub>2</sub> aufnehmen, als ältere Bäume. Demgegenüber speichern ältere Bäume eine beträchtlich grössere Menge an CO<sub>2</sub> (Rowntree & Nowak 1991: 271).

Die Beziehung zwischen Baumbedeckung und CO<sub>2</sub>-Aufnahme ist linear. Sowohl Tratalos et al. (2007: 310), als auch Whiteford et al. (2001: 96) verwenden die Formeln nach Rowntree & Nowak (1991: 271).

### 2.3.5 Produktion von Nahrungsmitteln

#### Einflussgrößen und Indikatoren:

Das Produktionspotential von Böden wird weitgehend von den klimatischen Voraussetzungen des Standortes, den physiologischen Eigenschaften des Bodens, sowie den Bewirtschaftungs-limitierungen durch Hangneigung und Oberbodenzusammensetzung bestimmt (Kanton Zürich 2007). Hinzu kommen Erschwernisse der Bewirtschaftung aufgrund der Lage von Landwirtschaftsflächen in Verdichtungsräumen (Grosskopf 2005: 33).

- Klimatische Voraussetzungen:

Sowohl Temperatur als auch Niederschlag beeinflussen das direkte Wachstum der Vegetation. Das Klima ist zudem verantwortlich für die Bodenentwicklung, die sich wiederum auf das Pflanzenwachstum auswirkt (Kanton Zürich 2007).

Die klimatischen Verhältnisse werden einerseits bestimmt durch das Mikroklima und die klimatische Lage. Die Entstehung einer städtischen Wärmeinsel beeinflusst beispielsweise die lokale Temperaturhöhe. Auch sind gewisse Standorte je nach Lage, z.B. an windexponierten Stellen, anderen klimatischen Bedingungen ausgesetzt. Andererseits wird das Klima bestimmt durch die Höhenlage. Mit zunehmender Höhe nimmt die Vegetationszeit ab. Weiter sind die klimatischen Verhältnisse abhängig von der Exposition. Südexponierte Hänge weisen etwa andere klimatische Bedingungen auf als nordexponierte Hänge (Kanton Zürich 2007).

Für die Schweiz wurden 20 Kategorien definiert, welche die landwirtschaftliche Eignung bezüglich klimatischer Voraussetzungen aufzeigen (Jeanneret & Vautier 1977: 25f). Jene Kategorien können für den Kanton Zürich zu vier klimatischen Nutzungsgebieten zusammengefasst werden (Kanton Zürich 2007):

Tab. 4: Klimatische Nutzungsgebiete im Kanton Zürich (Kanton Zürich 2007)

<b>Nutzungsgebiet</b>	<b>Klima Kanton Zürich</b>	<b>Landwirtschaftliche Nutzungseignung</b>
Ackerbaugebiet	Lange bis sehr lange Vegetationsperiode, bei ausgeglichenem bis mässig trockenem Niederschlagshaushalt.	Für alle Kulturen günstig bis sehr günstig.
Übergangsbereich, ackerbaubetont	Mittlere bis sehr lange Vegetationsperiode, bei mässig feuchtem Niederschlagshaushalt.	Getreidebau wegen Nässerisiko beeinträchtigt; Futterbau günstig; Hackfruchtbau geeignet.
Übergangsbereich, futterbaubetont	Mittlere bis lange Vegetationsperiode, bei sehr feuchtem Niederschlagshaushalt.	Futterbau günstig; Getreide- und Hackfruchtbau wenig bis ungeeignet.
Futterbaugebiet	Kurze Vegetationsperiode, bei sehr feuchtem Niederschlagshaushalt.	Geeignet für Wiesen und Weiden.

- Physiologische Eigenschaften des Bodens:

Nebst dem Klima wird das Ertragspotential von Böden durch deren physiologische Eigenschaften bestimmt. Nach Kanton Zürich (2007) sind dies:

- Bodenart (Körnung): Hoher Ton- und Schluffgehalt verringert die landwirtschaftliche Eignung.
- Chemismus: Tiefe pH-Werte weisen auf eine geringe Nährstoffverfügbarkeit und Aggregatstabilität des Bodens hin.
- Erosionsanfälligkeit: Sie wird hervorgerufen durch Hangneigung oder geringe Aggregatstabilität.
- Fremdnässe: Grund- oder Hangwasser können eine Porensättigung des Oberbodens herbeiführen.
- Gründigkeit (nutzbarer Wurzelraum): Die Gründigkeit weist auf das Wasser- und Nährstoffrückhaltevermögen des Bodens hin.

- Staunässe: Staunässe verhindert Infiltration, kann das Wurzelwachstum verringern und die Bearbeitung erschweren.
- Bodenskelettgehalt: Hoher Kies- und Steingehalt erschweren die Bearbeitung.
- Zustand des Gefüges: Verdichtetes oder verschlammtes Gefüge verringern das Pflanzenwachstum.

Eine weitere Bodeneigenschaft, welche auf die landwirtschaftliche Eignung hinweist, ist die biologische Aktivität. Diese zeigt sich beispielsweise durch die Bodenatmung, Anzahl an Regenwürmern, den Zelluloseabbau oder die N-Mineralisierung (Kanton Zürich 2007).

- Relief:

Auch werden Pflanzenwachstum und die Bodenbildung durch das topologische Relief beeinflusst. Das Relief bestimmt vor allem die Möglichkeit zur Bewirtschaftung. Die Hangneigung oder eine isolierte Lage im Relief können die Bewirtschaftungsmöglichkeiten einschränken, da dadurch gewisse Flächen nur schwierig maschinell zu bewirtschaften sind, oder nicht erschlossen werden können. Ausserdem spielt die Oberflächengestalt eine Rolle, da zum Beispiel Gräben die Nutzungseignung einschränken (Kanton Zürich 2007).

- Bewirtschaftungserschwernisse in Verdichtungsräumen:

Im Siedlungsraum steht die landwirtschaftliche Produktion verschiedenen Einschränkungen gegenüber. Dazu zählen u.a. Produktionsbeschränkungen und Konflikte aufgrund erhöhter sozialer Kontrolle (z.B. bezüglich der Ausführung von organischem Dünger), betrieblicher Wachstumseinschränkungen (z.B. aufgrund hoher Pachtpreise) oder verstärktem politischem Einfluss (Grosskopf 2005: 33).

Intensiv befahrene Strassen oder Schienen zerschneiden landwirtschaftliche Flächen, wodurch sich Transportwege erhöhen und die Erreichbarkeit verringert wird. Die Bewegung landwirtschaftlicher Maschinen auf intensiv befahrenen Strassen ist ausserdem mit erschwerten Bedingungen verknüpft (Grosskopf 2005: 33). Die Querung von Strassen ist einerseits für die Bewirtschaftler mit einem zeitlichen Mehraufwand verbunden, andererseits werden die meist langsamen landwirtschaftlichen Fahrzeuge vielfach als Störung für den städtischen Verkehr empfunden (Frieder 2001: 79).

Auch ist die Einsetzbarkeit landwirtschaftlicher Maschinen auf kleinen oder wenig kompakten Flächen eingeschränkt und mit einem erhöhten Arbeitsaufwand verbunden. Dies gilt insbesondere für den Ackerbau (Lenzen 2007: 36). Sowohl Form als auch Grösse einer Bewirtschaftungsfläche sind somit für die landwirtschaftliche Eignung relevant. In Stehle & Schick (2011: 6) wird beispielsweise nachgewiesen, dass der Arbeitsaufwand in [h/ha] für das Mähen einer Wiese sinkt, je grösser die jeweilige Fläche ist.

### **Berechnungsansätze:**

Da die vorliegende Arbeit am Fallbeispiel des zürcherischen Schlierens erfolgt, ist eine Eingrenzung auf die Berechnungsmethode des Kantons Zürich sinnvoll. Um die landwirtschaftli-

che Nutzungseignung eines Bodens aufzuzeigen, erfolgt durch den Kanton Zürich eine Einteilung in zehn Eignungsklassen (Tab. 5, Kanton Zürich 2007). Die Einteilung geschieht unter dem Kriterium der Nachhaltigkeit. Dabei soll jeder Boden so genutzt werden, dass das Produktionspotential für die Zukunft gesichert bleibt (Brunner et al. 1997: 9.1-1).

Die Zuweisung von Böden orientiert sich an einem Interpretationsschlüssel, nach welchem die Böden den definierten Eignungsklassen zugewiesen werden. Dazu wird das am stärksten einschränkende Merkmal eruiert, wie das Klima, der Wasserhaushalt des Bodens, die pflanzennutzbare Gründigkeit, die Zusammensetzung der Ackerkrume (Bodenskelett, Körnung oder Humus) oder die Geländeform (Brunner et al. 1997: 9.3-1).

Tab. 5: Nutzungseignungsklassen Kanton Zürich (Brunner et al. 1997: 9.2-4)

<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Uneingeschränkte Fruchtfolge 1. Güte: Anbau aller Kulturen ist möglich, mit hohen und sicheren Erträgen.</li> </ul>
<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Uneingeschränkte Fruchtfolge 2. Güte: Anbau aller Kulturen ist möglich. Die Ertragssicherheit ist etwas geringer.</li> </ul>
<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Getreidebetonte Fruchtfolge 1. Güte: Vielseitiger Ackerbau möglich (vor allem Getreide). Geringere Ertragssicherheit in Trockenjahren.</li> </ul>
<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Getreidebetonte Fruchtfolge 2. Güte: Einseitiger Ackerbau, geringeres Ertragsvermögen.</li> </ul>
<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Futterbaubetonte Fruchtfolge: Einseitiger Ackerbau, Erträge für Futterbau gut und sicher, für Getreide gut, für Hackfrüchte eingeschränkt.</li> </ul>
<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Futterbau bevorzugt, Ackerbau stark eingeschränkt: Gutes Wies- und Weideland, Erträge gut und sicher. Ackerbau eingeschränkt.</li> </ul>
<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Gutes bis mässig gutes Wies- und Weideland: Mähweidenutzung, Erträge sicher bei mittlerer Nutzungsintensität.</li> </ul>
<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Wiesland (wegen Nässe nur zum Mähen geeignet): Einseitige Schnittnutzung. Erträge gut bei reduzierter Nutzungsintensität.</li> </ul>
<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Extensives Wies- und Weideland: Einseitige Wieslandnutzung, extensive Schnittnutzung (Dürrfutter) oder extensive Weide.</li> </ul>
<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Streuland: Vernässung, nur als Streuland nutzbar.</li> </ul>

In Peeters et al. (2008: 75) wird das Ertragspotential landwirtschaftlicher Flächen für New York City ausgewiesen. Dazu werden Daten über die Bodenart, die Fruchtfolge und den erwarteten und früheren Ertrag beigezogen. Als Indikatoren für den Ertrag dienen Mais und Heu. Das Produktionspotential errechnet sich als Funktion der Landwirtschaftsfläche, dem erwarteten Ertrag einer Fläche, der Zeitspanne, welche für den Anbau benötigt wird und dem durchschnittlichen Ertrag der Indikatorpflanze für New York City (Peeters et al. 2008: 75).

Die Mittelung des Ertrags über mehrere Jahre ist hierfür notwendig, da dieser je nach Jahr und Bodeneigenschaft unterschiedlich ausfallen kann. In einem niederschlagsarmen Jahr beispielsweise können Gründigkeit oder Wasserspeichervermögen eines Bodens den Ertrag stärker beeinflussen (Steger, schriftliche Mitteilung 09.01.2012).

### **2.3.6 Soziale und identitätsstiftende Qualität**

#### **Einflussgrößen und Indikatoren:**

Damit soziale Leistungen, wie die Stärkung von sozialem Austausch und des Zugehörigkeitsgefühls, durch Freiräume erbracht werden können, müssen diese ausreichend zugänglich, lesbar und vielseitig nutzbar sein (Grêt-Regamey et al. 2012: 41).

Die Identifikation der Bevölkerung mit ihrem Wohn- oder Arbeitsort wird bestimmt durch die wahrgenommene Qualität des Raumes. Diese ist einerseits abhängig von individuellen Präferenzen und von der aktuellen Lebensphase einer Person. Andererseits wird sie durch die individuelle Mobilität beeinflusst. Hohe Mobilität ermöglicht die Kompensation fehlender Qualitäten an anderen Orten (Grêt-Regamey et al. 2012: 41).

Bedürfnisse z.B. nach Sicherheit, hochwertiger Infrastruktur, bestimmten Dienstleistungen, ruhigem Wohnort oder sozialer Durchmischung werden je nach sozialer Gruppe unterschiedlich gewichtet. Anpassungen von Raumelementen an individuelle Bedürfnisse der Bevölkerung können die Identifikation mit einem Ort erhöhen (Wiener 2008, in: Grêt-Regamey et al. 2012: 41).

Grundbedingung für die sozialen, identitätsstiftenden und erholungsfunktionalen Qualitäten von Freiräumen ist die Aneignung und Erlebbarkeit von Landschaften (Grêt-Regamey et al. 2012: 42). Freiräume sind dabei wichtig, indem sie als Gestaltungsfeld wirken, welches „die Identität, die Eigenart der Zwischenstadt bewahren und herstellen muss“ (Sieverts 1997, in: Grêt-Regamey et al. 2012: 42). Die Aneignung und Erlebbarkeit wird durch ästhetische Räume gefördert, die einerseits strukturreiche und andererseits zusammenhängend lesbare und erlebbare Landschaften darstellen. In Mitteleuropa werden beispielsweise Kulturlandschaften als besonders ästhetisch wahrgenommen (Grêt-Regamey et al. 2012: 15, 42). Die ästhetische Wertzuweisung variiert allerdings je nach Betrachtungsort (McConnell & Walls 2005: 62).

#### **- Ästhetische Landschaftsqualität:**

Ästhetische Landschaften und Landschaftselemente erhöhen die wahrgenommene Qualität eines Raumes. Ästhetische Erlebnisse können hervorgerufen werden durch:

- **Vielfalt:**

Vielfalt wird durch Komponenten der Landschaft erzeugt, welche deutlich als solche wahrnehmbar und abgrenzbar sind. Vielfalt setzt sich zusammen aus natürlichen, kulturhistorischen, baulichen oder technischen Elementen. Dabei besteht ein Zusammenhang zwischen landschaftlicher Vielfalt und dem ästhetischen Wert. Jedoch wird die landschaftliche Attraktivität vor allem von der Vielfalt an Naturelementen positiv beeinflusst und weniger durch

baulich-technische Elemente, da diese durch ihre Höhe und Ausdehnung oftmals zu einer visuellen Dominanz führen (Nohl 2001: 110).

- **Naturnähe:**

Weiter wird das ästhetische Erlebnis von der Naturnähe eines Grünraumes beeinflusst. Hierbei gilt, dass die Naturnähe mit sinkendem menschlichem Einfluss steigt. Vor allem verbaute und versiegelte Flächen, intensiv genutzte Flächen und regelmässige geometrische Muster vermindern das naturnahe Erscheinungsbild. Als besonders naturnahe Beispiele gelten dagegen Weiher oder gut erhaltene Feucht- und Trockenstandorte (Nohl 2001: 112f). Hunziker & Buchecker (1999: 5) stellen fest, dass die ästhetische Erlebnisqualität im Gebirgsraum durch extensivierte Nutzung bis zu einem bestimmten Grad erhöht, durch Intensivierung, z.B. aufgrund des Ausbaus touristischer Infrastruktur, dagegen verringert wird.

- **Gliederung:**

Die Gliederung von Landschaften hilft dem Betrachter sich zu orientieren. Allerdings werden lediglich natürliche oder kulturhistorische Gliederungs- und Orientierungselemente als positiv für das ästhetische Empfinden gewertet (Nohl 2001: 114).

- **Eigenart:**

Charakteristische Landschaften zeichnen sich durch typische und konstante Eigenschaften aus, welche über eine ungefähre Zeitspanne von zwei Generationen im Wesentlichen unverändert geblieben sind. Die Eigenart einer Landschaft steht somit für Heimatgefühl, Geborgenheit oder lokale Identität. Untypische Elemente, wie grosse bauliche Strukturen führen zu Verlusten der Eigenart (Nohl 2001: 121f).

- **Ferne:**

Die ästhetische Wahrnehmung steigt, wenn freier Ausblick oder Ferne gegeben sind (Hard 1970, in: Nohl 2001: 124). Dies wird durch den Sichtbereich bestimmt, der sich unterteilen lässt in die Aussichtsposition, das visuelle Fernziel und das Blickfeld.

Das Blickfeld wird in Nah- und Tiefenraum unterteilt. Der Nahraum entspricht dem Vordergrund und reicht von 500 bis 800 m (Adam et al. 1986, in: Nohl 2001: 124). Der Tiefenraum umfasst dagegen das restliche Blickfeld des Mittel- und Hintergrunds und wird vom Betrachter nur visuell-perspektivisch durchmessen. Auffällige Elemente im Tiefenraum werden als Fernziele betrachtet.

Sind Nah- oder Tiefenraum des Blickfeldes vielfältig, naturnah, gegliedert oder charakteristisch, so wird auch die ästhetische Attraktivität positiv beeinflusst. Für den Tiefenraum werden jedoch lediglich grossflächige Bodenbedeckungen und Nutzungen wahrgenommen, wie Wälder, Offenlandschaften, Gewässer, Siedlungsflächen, Gebirgszüge oder auffällige Fernziele (Nohl 2001: 126).

- **Visuelle Transparenz:**

Die Sicht auf ästhetische Elemente einer Landschaft wird durch das landschaftliche Umfeld beeinflusst. Dabei kann die Sicht frei, verschattet oder vollständig abgeschirmt sein. Wo Hin-

dernisse das Blickfeld des Betrachters verschatten oder abschirmen, endet die ästhetische Fernwirkung eines Elementes (Nohl 1993: 12).

Mit zunehmender Sichtentfernung nimmt der ästhetische Wert zudem exponentiell ab, bis dieser sich auflöst oder durch ein Hindernis beendet wird (Nohl 1993: 11). Nach Tassinari & Torreggiani (2006: 13) liegt die maximale Distanz der signifikanten visuellen Wahrnehmung zwischen 3 und 10 km.

- Entfernung:

Brander & Koetse (2007: 10) stellen einen positiven Zusammenhang zwischen dem beigemessenen ästhetischen Wert und der Entfernung zu einem Grünraum fest. Diese Feststellung resultiert auf der Auswertung verschiedener kontingenter Bewertungsmethoden aus der Literatur, welche mittels Umfragen die Zahlungsbereitschaft der Bevölkerung untersucht haben. Andererseits basieren zahlreiche Studien auf hedonischen Preis-Methoden, wonach eine positive Korrelation der Entfernung zu einem Grünraum mit den Wohnungsmieten und -preisen aufgezeigt wird (McConnell & Walls 2005: 9f).

**Berechnungsansätze:**

- Aussicht:

Bourassa et al. (2004: 1427f) stellen eine Verbindung her zwischen Wohnungspreisen und der Qualität der Aussicht. Dabei sind sowohl die Qualität, als auch die Weite des Blickfeldes mit einzubeziehen. Eine attraktive Gestaltung von Gebäuden und Umgebung, in unmittelbarer Nachbarschaft, kann z.B. zu einer Erhöhung des Wohnungspreises führen.

Ästhetische Elemente, welche die Qualität der Aussicht beeinflussen, variieren je nach Region und müssen deshalb spezifisch ausgewählt werden. In der Studie von Bagstad et al. (2011: 30) werden Landschaften und Landschaftselemente nach „theoretischer Naturschönheit“ klassiert.

Die Einteilung erfolgt in: „hohe“, „mittlere“, „tiefe“ und „keine“ theoretische Naturschönheit (Bagstad et al. 2011: 39). Für das Fallbeispiel Western Washington kommt beispielsweise der Aussicht auf Wasserflächen (Ozean und Seen) die höchste ästhetische Bedeutung zu, vor der Sicht auf Berge. Für die Region San Pedro, Arizona, dagegen erhalten Klippen und alpine Flächen die höchste Gewichtung, vor Wäldern, Buschland, Ufer- und Gewässerbereichen (Bagstad et al. 2011: 39).

Die Qualität der Sicht kann durch visuelle Störfaktoren beeinträchtigt werden (Grêt-Regamey et al. 2007: 64). Dazu zählen z.B. Autobahnen, Gewerbe-, Industrie- und Transportflächen oder Waldrodungsgebiete (Bagstad et al. 2011: 40).

- Entfernung:

Nach Bagstad et al. (2011: 33) wird für die Berechnung der Entfernung zu einem Grünraum unterschieden zwischen der Art und der Qualität eines Grünraumes. Die Art wird am Beispiel Western Washington unterteilt in naturbelassene Grünräume, wie Wälder oder Seen, und in bewirtschaftete Grünräume, wie Friedhöfe, Golfanlagen oder Landwirtschaftsflächen. Die Qualität wird bestimmt durch die Fläche, den Schutzstatus, die Wasserqualität und die Sicherheit (Kriminalitätsrate) eines Grünraumes bzw. eines Gewässers (Bagstad et al. 2011: 33). Durch Gewichtung dieser Faktoren wird die ästhetische Qualität der Grünräume, hinsichtlich ihrer Entfernung, festgelegt.

Hindernisse, wie Autobahnen, erschweren oder verhindern den Zugang zu Grünflächen für die Bevölkerung und sind ebenfalls in die Berechnung zu integrieren. Zusätzlich wird die Einwohnerdichte berücksichtigt, da argumentiert wird, dass in dichter besiedelten Gebieten die Bedeutung einer geringen Entfernung zu Grünflächen zunimmt (Bagstad et al. 2011: 35).

### 2.3.7 Biodiversität

#### **Einflussgrößen und Indikatoren:**

- Strukturelle Ausstattung eines Habitats:

Die Höhe der Biodiversität, bzw. der Artenvielfalt wird bestimmt durch die strukturelle Ausstattung einer Fläche. Diese ergibt sich durch „Summe, Zusammensetzung und dreidimensionaler Anordnung physischer Elemente eines Standortes“ (Byrne 2007, in: Werner & Zahner 2009: 34). Für Tierarten wird die Habitatstruktur vor allem durch die Vegetation bestimmt (Werner & Zahner 2009: 34). Auch wird die Biodiversität durch die Vielschichtigkeit der Vegetation, bestehend aus Kraut-, Strauch- und Baumschichten, erhöht (Gälzer 2001: 24).

- Grösse eines Habitats:

Die Grösse eines Habitats ist ein bedeutender Indikator für die Artenvielfalt. Nach der Theorie der Arten-Areal-Beziehungen steht die Biodiversität in positiver Korrelation zur Flächengrösse eines Habitats (patch size) (Blaschke & Lang 2007: 176):

$$\text{Artenzahl} = \text{Konstante} * \text{Fläche}^{\text{Aussterbekoeffizient}}$$

Dies hängt auch damit zusammen, dass grosse Flächen vielfach über eine hohe strukturelle Vielfalt verfügen (Werner & Zahner 2009: 34). Für das Fortbestehen einer Art ist eine Mindestanzahl an Individuen erforderlich, was wiederum eine minimale Flächengrösse eines Habitats bedingt (Blaschke & Lang 2007: 177).

Jedoch muss darauf hingewiesen werden, dass die lineare Ableitung der Biodiversität aus der Habitatgrösse eine starke Vereinfachung darstellt, da sich hinter der Fläche weitere Faktoren verbergen (Werner & Zahner 2009: 35). So weisen Chamberlain et al. (2004, in: Werner & Zahner 2009: 35) daraufhin, dass die Artenvielfalt mit der Grösse von Hausgärten zunimmt, da grössere Gärten meist Bäume enthalten, sowie an Stadträndern vorzufinden sind. Die Zu-

nahme der Biodiversität mit der Habitatgrösse kann somit nicht allgemein übertragen werden und verläuft nicht linear, da z.B. Bäume zu einem sprunghaften Anstieg der Biodiversität führen.

Nebst der Flächengrösse erfolgt eine Erhöhung der Biodiversität auch mit zunehmender Grenzlinien-Länge (boundary length) oder der Dichte der Habitatsflächen (Foreman 1995, in: Whiteford et al. 2001: 97). Darüber jedoch, ob einzelne grosse Flächen oder viele kleine Flächen zu einer stärkeren Erhöhung der Biodiversität führen, sind in der Literatur widersprüchliche Angaben zu finden (Blaschke & Lang 2007: 179; Gibbs & Hochuli 2002, in: Werner & Zahner 2009: 36).

#### - Alter des Habitats:

Das Alter eines Habitats steht in der Regel in Zusammenhang mit einer zunehmenden Biodiversität. Dabei sind drei Unterscheidungen zu nennen:

- Habitate mit ursprünglicher, naturnaher Vegetation,
- Kulturlandflächen, die über mehrere Jahrzehnte oder Jahrhunderte ähnlich genutzt und gepflegt wurden,
- Sukzessionsflächen

Kulturlandschaften und naturnahe Vegetation dienen einheimischen Arten als wichtige Rückzugsgebiete. Ausserdem verfügen sie über eine hohe Robustheit gegen invasive Arten. Der Betrachtungszeitraum liegt bei mehreren Jahrzehnten bis Jahrhunderten. Sukzessionsflächen dagegen sind im Vergleich dazu junge Habitate, auf welchen eine Zunahme der Biodiversität innert weniger Jahre festzustellen ist. Ein Biodiversitätsspeak wird jeweils beim Übergang zwischen zwei Sukzessionsstadien erreicht (Werner & Zahner 2009: 37).

#### - Vernetzung der Habitate:

Weiter wird die Höhe der Biodiversität durch die Vernetzung zwischen Habitaten beeinflusst. Isolation von Habitaten kann zum Verschwinden von Arten führen, da der Genaustausch mit anderen Populationen beeinträchtigt und somit die Robustheit gegen äussere Einflüsse vermindert wird. Auch kann mangelnde Konnektivität die Ausbreitung einer Art in neue und die Wiederbesiedelung von bestehenden Habitaten verhindern (Kong et al. 2010: 16). Vernetzung zwischen Habitaten erfolgt einerseits durch die räumliche Nähe oder andererseits durch direkte Verbindungen (Korridore). Als wichtigste urbane Korridore nennen Werner & Zahner (2009: 38) die Uferbereiche von Flüssen, Verkehrsanlagen (vor allem Bahngleise inklusive Böschungen), sowie parkähnliche Grünräume.

Zu bemerken ist, dass die Vernetzung von Habitaten durch Korridore in der Forschung nicht unumstritten ist. Invasive Arten und Generalisten sind oftmals die grössten Profiteure von Korridoren (Marzluff & Ewing 2001, in: Werner & Zahner 2009: 38). Invasive Arten tragen zwar zu einem kurzfristigen Anstieg der Artenvielfalt bei, gleichzeitig aber stellen sie vielfach eine Bedrohung für einheimische Arten dar und können zu deren Verdrängung führen. Aus-

serdem sind Korridore in urbanen Räumen vielfach zu schmal, sodass ein hohes Störungspotential vorliegt (Rudd et al. 2002, in: Werner & Zahner 2009: 38).

Weiter ist auf das Modell des ökologischen Netzwerks hinzuweisen (Opdam et al. 2005: 323). Ein ökologisches Netzwerk verbindet Ökosysteme miteinander und ermöglicht dadurch den Austausch zwischen Organismen. Ökosysteme sind eingebettet in einer Matrix, mit welcher sie sich im Austausch befinden. Ein Vorteil des ökologischen Netzwerks ist die Flexibilität auf Veränderungen der Landnutzung. Habitate können sowohl ihre Fläche, Struktur oder den Standort ändern, ohne dadurch die Artenvielfalt innerhalb des Netzwerks zu gefährden.

Voraussetzung dafür ist jedoch, dass eine minimale räumliche Kohäsion zwischen den Habitaten vorliegt. Diese ist abhängig von den vier Eigenschaften: Fläche, Qualität, Dichte und Durchlässigkeit der Matrix, welche untereinander kompensiert werden können. Die minimale räumliche Kohäsion ist abhängig vom Anspruchsniveau (ambition level). Das Anspruchsniveau ist im Planungsprozess von allen Akteuren festzulegen und bestimmt, wie hoch die Artenanzahl sein soll, deren Existenz nachhaltig zu sichern ist. Je höher die Artenvielfalt und somit das Anspruchsniveau, desto mehr Aufwand an Flächen und Geld ist erforderlich (Opdam et al. 2005: 326).

### **Berechnungsansätze:**

- Räumliche Masszahlen:

Biodiversität kann durch eine Vielzahl von räumlichen Indizes beschrieben werden. Diese geben Angaben über die Anordnung, Zusammensetzung oder Beziehung von Habitatflächen wieder. Dazu zählen beispielsweise Masszahlen über die Dichte von Habitaten (patch density), die durchschnittliche Fläche (mean patch size), die durchschnittliche Distanz zum nächstgelegenen Habitat (mean nearest-neighbor) oder der Kohäsion zwischen Habitatflächen (patch cohesion index) (McGarigal et al. 2002, in: Kong et al. 2010: 18). Weitere oft verwendete Indizes sind die Berechnung der Länge von Grenzlinien (edge length) oder der Distanz der Kernfläche eines Habitats zur Grenze (edge distance) (Blaschke 1999: 6).

Zusammenfassend werden nach der gängigen Klassifikation von McGarigal et al. neun Kategorien von Indizes unterschieden (McGarigal et al. 2002, in: Herbst 2007: 11f). Diese sind:

- Fläche (area metrics)
- Form (shape metrics)
- Lage (isolation or proximity metrics)
- Kanten und Grenzen (edge metrics)
- Kernflächen (core area metrics)
- Kontraste (contrast metrics)
- Verteilung der Flächen (density, contagion, interspersion metrics)
- Konnektivität (connectivity metrics)
- Diversität (diversity metrics)

Beispielsweise ergibt der Shannon-Wiener Index ein Mass für die Biodiversität, indem die Häufigkeitsverteilung der Nutzungsanteile auf einer bestimmten Fläche berechnet wird, aber nicht deren räumliche Verteilung. Whiteford et al. (2001: 97) unterscheiden dazu folgende Nutzungsanteile ( $p_i$ ): Anteil an (1) unbewachsenem Boden oder Torfboden, (2) Gräsern und Kräutern, (3) Sträuchern, (4) Bäumen und (5) an bebauter Fläche. Je ausgeglichener die Nutzungsanteile, desto höher ist die potentielle Biodiversität. Die Formel lautet:

$$\text{Biodiversität} = - \sum_{i=1}^5 (p_i \log_2 p_i)$$

- Habitateignungsmodellierung:

Ein weiterer Ansatz, die Biodiversität zu ermitteln, ist die Modellierung geeigneter Habitate bestimmter Arten. Dazu eignen sich Arten, welche sensibel auf Veränderungen der Landnutzung oder Fragmentierung reagieren, bestimmte Habitatstypen bevorzugen, gewisse Qualitätsanforderungen an ein Habitat stellen (z.B. die Mindestgrösse eines Habitats) oder ein geringes Ausbreitungsvermögen aufweisen (Vos et al. 2001, in: Mörtberg et al. 2006: 459).

Ist die zu untersuchende Art bestimmt, sind Habitateignungskarten zu erstellen. Nach Mörtberg et al. (2006: 459) werden diese für drei Vogelarten aufgrund der Habitats-Anforderungen an Vegetation und abiotischen Konditionen erstellt. Da dadurch die Habitate zu grosszügig ausgeschieden werden, müssen zusätzliche Parameter wie Störungsfaktoren, die Anzahl geeigneter Habitate innerhalb eines gewissen Radius, sowie die Konnektivität zwischen den Habitaten berücksichtigt werden.

Zur Berücksichtigung der Störungsfaktoren werden Daten zu Strassen, Bahn und Einwohnerdichte beigezogen, wie beispielsweise das Verkehrsvolumen oder die Fahrgeschwindigkeit. Die Anzahl geeigneter Habitate wird durch einen Moving-Circle-Ansatz ermittelt (McGarigal et al. 2002, in: Mörtberg et al. 2006: 462). Hierbei wird, basierend auf dem Aktionsraum und der Landschaftswahrnehmung der ausgewählten Art, ein bestimmter Radius angenommen, in welchem sich die Art bewegt. Daraus kann die Anzahl der potentiellen Habitate innerhalb eines Radius über das gesamte Untersuchungsgebiet abgeleitet werden.

- Berechnung der Konnektivität:

Die Berechnung der Konnektivität kann durch eine Kostendistanzanalyse (cost-distance analysis) durchgeführt werden. Dabei sind, basierend auf den Habitatspräferenzen ausgewählter Arten, verschiedenen Landnutzungstypen Widerstandswerte zuzuweisen (Huber et al. 2012: 18). Hierzu wird angenommen, dass Arten jene Route zwischen zwei Habitaten wählen, welche mit dem geringsten Aufwand und Widerstand verbunden ist, bzw. auf welcher sie den geringsten Gefahren ausgesetzt sind (Walker & Craighead 1997, in: Kong et al. 2010: 19).

Zusätzlich zur Bestimmung von Widerständen sind Kernhabitate festzulegen, die als Ausgangsort (source) für eine Art dienen. Basierend auf den Widerständen und den Kernhabitaten erfolgt die Kostendistanzanalyse, indem eine kumulative Kostenoberfläche berechnet wird

(Mörtberg & Karlström 2005: 150). Durch Bestimmung der minimalen kumulativen Kosten zwischen zwei Habitaten kann ebenso der kostengünstigste Weg (least-cost path) ermittelt werden (Kong et al. 2010: 19).

Um die Bedeutung einzelner Korridore und Habitate zu veranschaulichen, verwenden Kong et al. (2010: 20) das sogenannte Gravitationsmodell. Dabei dienen die Korridore als Linien und die Habitate als Punkte. Mittels Formel von Linehan et al. (1995, in: Kong et al. 2010: 20) ermittelt sich der Interaktionsgrad  $G$  zwischen zwei Habitaten, indem sowohl die Qualität der einzelnen Habitate, als auch die Widerstandswerte des Korridors berücksichtigt werden.

$$G_{ab} = \frac{N_a * N_b}{D_{ab}^2}$$

$N$  steht für die Gewichtung eines Habitats  $a$  oder  $b$ , nach Flächengrösse und Störungsgrad (Widerstandswert).  $D$  steht für die normalisierten kumulativen Kosten eines Korridors zwischen Habitat  $a$  und  $b$ . Je höher der Interaktionsgrad, desto bedeutender sind die Korridore.

Für die Bewertung aller Korridore und Habitate in einem Grünraumnetzwerk eignen sich unterschiedliche Indizes. Index A zeigt z.B. die Anzahl Verbindungskorridore im Verhältnis zur Anzahl an Kernhabitaten. Er reicht von 0 bis 1, wobei 1 die maximale Verknüpfung aller Habitate untereinander bedeutet. Die Formel dazu lautet (Foreman 1995, in: Whiteford et al. 2001: 97):

$$\text{Index A} = \frac{\text{Anzahl Verbindungskorridore}}{\text{maximale Anzahl Verbindungskorridore}} = \frac{\text{Anzahl Verbindungskorridore}}{3 (\text{Kernhabitate} - 2)}$$

Weitere Indizes beschreiben u.a. die Anzahl Verbindungen im Verhältnis zur Anzahl der ausgewiesenen Habitate, die Anzahl Verbindungen im Verhältnis zum totalen Widerstand aller Korridore oder den Anteil an Kreisläufen innerhalb eines Netzwerks. Kreisläufe sind für Arten wichtig, da sie alternative Routen ermöglichen und so Schutz vor Störungen und Feinden bieten (Cook 2002, in: Kong et al. 2010: 22).

## 2.4 Forschungslücken

Abschnitt 2.3 hat gezeigt, dass in der Forschung Ansätze vorhanden sind, Ökosystemleistungspotentiale zu berechnen. Allerdings sind viele der Berechnungsansätze für den Perimeter ausserhalb des Siedlungsgebiets konzipiert. Beispielsweise finden sich bezüglich der Biodiversität unterschiedliche Habitateignungsmodellierungen für Arten mit einem grossen Aktionsradius (Huber et al. 2012: 16). Auch sind Daten u.a. zu den Bodeneigenschaften meist nur ausserhalb der Siedlung vorhanden.

Genauere Berechnungsmethoden benötigen eine Vielzahl an Daten. Besonders für die präzise Berechnung von Qualitäten des Mikroklimas, der Luftqualität, des Wasserhaushalts oder der Nahrungsmittelproduktion sind verschiedene physikalische Parameter über die Bodeneigenschaften oder die Vegetationsausprägung erforderlich. Andererseits sind erholfunktionalen, soziale oder identitätsstiftende Qualitäten von Freiräumen ebenfalls schwierig abzuschätzen, da ihre Leistung grösstenteils durch immaterielle oder subjektive Grössen bestimmt wird.

Eine „vereinfachte“ Ermittlung von Ökosystemleistungspotentialen ist aus diesem Grunde in der Literatur nur spärlich vorhanden. Möglicherweise deshalb, weil durch das Weglassen von Grössen oder durch das Treffen von Annahmen, in den Ergebnissen eine hohe Unsicherheit entstehen kann. Berechnungsergebnisse laufen somit in Gefahr, einerseits überbewertet oder andererseits als unwissenschaftlich beurteilt zu werden.

Für die Siedlungsplanung sind jedoch Informationen über Ökosystemleistungen von hoher Bedeutung. Da sich die Planung mit der Zukunft beschäftigt, gehören Unsicherheiten zum Alltagsgeschäft. Wichtiger als die detailgenaue Berechnung von Leistungen ist somit die Auswahl möglichst aussagekräftiger Indikatoren, welche Hinweise auf die zu erfassenden Leistungen geben.

Die Arbeit bewegt sich folglich weg von den fachspezifischen Themengebieten, welche Leistungen vollumfänglich zu berechnen versuchen, hin zu einer generalisierten, planungsbezogenen Betrachtungsweise. Hierbei geht es darum Ansätze aufzuzeigen, die Planungsakteuren bei der Entscheidungsfindung unterstützen. Dementsprechend soll in der Arbeit auch evaluiert werden, inwiefern Akteure aus der Siedlungsplanung die Auswahl der Indikatoren und den Nutzen der Berechnungen beurteilen.

### 3 Methodik und Daten

Im vorliegenden Kapitel wird in einem ersten Teil das Untersuchungsgebiet Schlieren kurz vorgestellt, welches als Fallbeispiel für diese Arbeit dient (Abschnitt 3.1). In Abschnitt 3.2 wird anschliessend auf die erfasste Grünraumtypologie eingegangen, auf welcher die Berechnungen der Ökosystemleistungspotentiale basieren. Ausserdem wird ein Überblick über die in den Berechnungen verwendeten Daten verschafft. Schliesslich wird erläutert, nach welchen Kriterien die Wahl der Indikatoren und der Berechnungsansätze erfolgt (Abschnitt 3.3).

#### 3.1 Untersuchungsgebiet

Das Limmattal dient dem Projekt „SUPat – Sustainable Urban Patterns“ als Untersuchungsgebiet. Mit Schlieren wird der Fokus auf eine spezifische Gemeinde im Limmattal gelegt.

Schlieren liegt im Kanton Zürich und gehört zur Agglomeration der Stadt Zürich. Die für die vorliegende Arbeit wichtigsten Gemeindedaten sind in Tab. 6 aufgeführt. Ein Ortsplan Schlierens, mit den in dieser Arbeit erwähnten Flurnamen und Ortsbezeichnungen findet sich im Anhang A.

Tab. 6: Gemeindedaten Schlieren (Statistisches Amt Kanton Zürich 2011)

 <b>Stadt Schlieren</b>		
Administrative Einteilung:	Region: Limmattal	Bezirk: Dietikon
Einwohnerzahl (2010):	16'103	
Beschäftigte (2008):	13'672	
- 1. Sektor	24	
- 2. Sektor	2'919	
- 3. Sektor	10'729	

In den letzten zehn Jahren erfolgte in Schlieren eine starke Bevölkerungsentwicklung. So stieg die Einwohnerzahl zwischen den Jahren 2000 bis 2010 um 3'328 Einwohner an (Statistisches Amt Kanton Zürich 2011). Dies entspricht einer Zunahme von rund einem Viertel der Einwohnerzahl.

Gründe für diese Entwicklung sind einerseits in der Nähe zur Stadt Zürich und der Lage innerhalb des Metropolitanraums Zürich zu finden. Durch eine Vielzahl an Arbeitsplätzen und Dienstleistungen hat Zürich eine hohe regionale, nationale und internationale Ausstrahlung.

Schlieren ist verkehrstechnisch gut mit Zürich verbunden. Mit dem öffentlichen Verkehr beträgt die Fahrzeit vom Hauptbahnhof Zürich nach Schlieren-Zentrum lediglich zwölf Minuten ([www.sbb.ch](http://www.sbb.ch), 24.11.2011). Der Autobahnanschluss Urdorf-Nord ist ebenfalls in kurzer Zeit erreichbar. Ausserdem sind in Schlieren noch zahlreiche Baulandreserven vorhanden, woge-

gen die Knappheit an Bauland in der Stadt Zürich zu einem Anstieg der Bodenpreise geführt hat ([www.schlieren.ch](http://www.schlieren.ch), 24.11.2011).

Die attraktive Lage und die vorhandenen Baulandreserven Schlierens lassen ein weiteres Anwachsen der Bevölkerungs- und Beschäftigtenzahl erwarten. Aufgrund der hohen Wachstumsdynamik eignet sich Schlieren als Fallbeispiel, um die Qualität von Ökosystemleistungen auch hinsichtlich zukünftiger Siedlungsentwicklung aufzuzeigen.

## 3.2 Datenlage

Die Ermittlung von Ökosystemleistungspotentialen basiert auf einer Grünraumtypologie. Hintergründe und Vorgehen für die Erfassung der Grünraumtypologie, sowie die für die Berechnungen verwendeten Datensätze, werden anschliessend erläutert und aufgeführt.

### 3.2.1 Grünraumtypologie

- Ziel und Zweck:

Ziel der Grünraumtypologie ist es, verschiedene Grünraumtypen in Schlieren zu erfassen, um daraus räumlich quantitative und qualitative Aussagen zum Potential der angebotenen Ökosystemleistungen und der Lebensraumqualität abzuleiten.

Aus städtebaulicher Sicht definiert sich eine Typologie nach Quatremère de Quincey (1832 in: Rossi 1973: 21) als „(...) Lehre von nicht weiter reduzierbaren elementaren Typen“. Ein Typus ist nicht als Kopie oder Imitation einer Sache zu verstehen, sondern dient dem Modell als Regel und ist somit mit keiner Form identisch, obschon alle Formen auf einen Typen zurückgeführt werden können (Rossi: 1973: 22). Jene Reduzierung ist „eine notwendige logische Operation“ (Rossi: 1973: 22), ohne die urbane Formen nicht untersucht werden können.

Eine Grünraumtypologie erlaubt die Codierung von Flächen, welche sich durch ähnliche Nutzung, Struktur oder Bodenbedeckung charakterisieren. Für das Projekt SUPat umfasst die Typologie sowohl Grünraum- als auch Gebäudetypen und dient als Schnittstelle, um Wissen, Normen und Werte der Planungsakteure aus den verschiedenen Disziplinen zu integrieren (Workshop SUPat 15.2.2012). Eine gemeinsame Datengrundlage erleichtert die generische Anwendung der im Laufe dieser Arbeit vorgestellten Berechnungsmethoden auf weitere Fallbeispiele.

- Definierte Grünraumtypen:

Im Rahmen des Projekts SUPat wurden Kategorien von Grünraumtypen ausgearbeitet (Neuenschwander, schriftliche Mitteilung 16.11.2011). Diese können den im Projekt SUPat definierten Gebäudetypen zugeordnet werden (Wissen Hayek, schriftliche Mitteilung 16.05.2012). Für die Erfassung der Grünraumtypologie in Schlieren werden jene Kategorien überprüft, ergänzt und definiert. Dies erfolgt anhand der spezifischen Gegebenheiten in Schlieren, basierend auf dem Luftbild und Besichtigungen vor Ort. Die daraus resultierenden Grünraumtypen sind in Abb. 5 dargestellt. Eine detaillierte Beschreibung, Unterteilung und Definition der Typologie befindet sich im Anhang B.

Der angewandte Perimeter betrifft das gesamte Gemeindegebiet Schlierens. Für die Zuweisung der Grünraumtypen wird ein Massstab von 1:1'500 gewählt. Dieser wird als ausreichend beurteilt, da die im Rahmen der Arbeit durchgeführten Berechnungen, wie bereits erläutert, nicht den Anspruch haben, Ökosystemleistungspotentiale möglichst detailliert zu ermitteln. Sie sollen Akteuren aus der Planung vielmehr eine Übersicht bieten, wo und in welchem Masse die wichtigsten Ökosystemleistungen erbracht werden. Die Leistungen z.B. eines einzelnen Baumes oder einer Hecke werden somit nicht berücksichtigt.

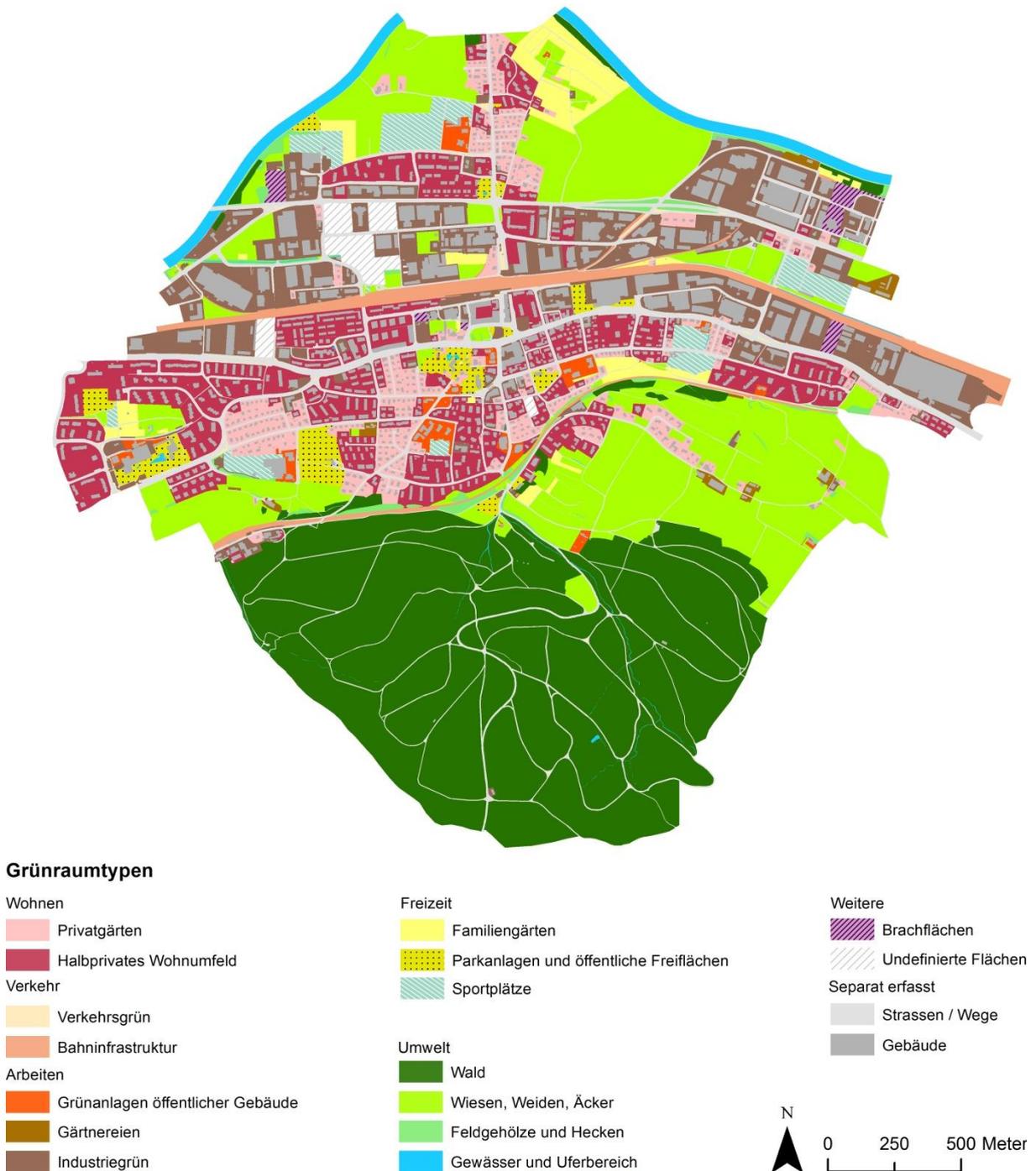


Abb. 5: Grünraumtypologie

Als Grundlage für die Erfassung der Grünraumtypologie dient der Datensatz Bodenbedeckung der amtlichen Vermessung (AV) des Kantons Zürich. Dieser teilt die Gemeindefläche nach unterschiedlichen Oberflächenkategorien ein wie z.B. Gebäude, Gewässer oder befestigte (z.B. Strassen oder Parkplätze) und humusierte Flächen (z.B. Hausumschwung oder Wald).

- Vorgehen bei der Kartierung:

Einige Grünraumtypen, wie Gewässer oder Wald, können dem Datensatz Bodenbedeckung AV entnommen werden. Die Bestimmung von Typen, welche nicht in der Bodenbedeckung AV enthalten sind, erfolgt mittels Luftbild (Orthophoto 2005/06). Bei Unklarheit dienen als zusätzliche Quellen die aktuelleren Luftbilder von Googlemaps ([www.googlemaps.ch](http://www.googlemaps.ch), 29.11.2011). Flächen, die sich mit Hilfe der genannten Grundlagen nicht zuordnen lassen, werden mittels Feldbegehung bestimmt.

Die Zuweisung der Grünraumtypen geschieht durch Vergabe eines Codes an die Polygone der Bodenbedeckung AV. Grünraumtypen werden in der Regel durch Weg- und Strassenverläufe abgegrenzt. Ist dies nicht der Fall, so erfolgt die Grenzbestimmung über den Parzellenverlauf (Parzellen AV) oder das Luftbild. Meistens jedoch können die Grenzen aus der Bodenbedeckung AV übernommen werden. Alternativ die Parzellen als Basis für die Zuweisung der Codes zu verwenden erweist sich als ungeeignet, da Parzellen oft unterschiedliche Nutzungstypen überlagern.

Ein Grünraumtyp beinhaltet sowohl befestigte als auch humusierte Flächen. Für den Grünraumtypen „Privatgärten“ z.B. zählen dazu etwa die Einfahrt, Gartenplätze, Bäume oder Gartenbeete. Separat erfasst werden die in der Bodenbedeckung AV aufgeführten Gebäude und Strassen, wodurch Informationen über die räumliche Anordnung vollständig versiegelter Flächen erhalten bleiben. Angaben über den Anteil unbefestigter und befestigter Flächen finden sich in der Bodenbedeckung AV. Diese sind aber stark generalisiert und uneinheitlich erfasst. Vielfach werden z.B. Parkplätze als humusierter Hausumschwung ausgewiesen. Auch weisen jüngere Überbauungen einen höheren Digitalisierungsgrad der Bodenbedeckung auf, als ältere. Um trotzdem plausible und transparente Berechnungen durchzuführen, wird für jede Unterkategorie eines Grünraumtyps der ungefähre Anteil an befestigter Fläche abgeschätzt, sowie eine Differenzierung der Vegetation durchgeführt.

Die Unterteilung der Vegetationsbedeckung erfolgt nach Arlt & Lehmann (2005: 20) und enthält folgende Klassen:

- „Niedrig“: Beinhaltet Grasflächen, wie Rasen, Wiesen, kleine Sträucher, Stauden oder Kräuter, mit einer Maximalhöhe von 1 m.
- „Mittel“: Enthält Nieder- und Mittelhecken, Baumhecken, Gebüsche oder kleine Bäume, mit einer Höhe zwischen 1 bis 3 m.
- „Hoch“: Beinhaltet mittelgrosse und grosse Bäume mit einer Höhe > 3 m.

Die Abschätzung der Vegetationsanteile erfolgt durch eine Auswahl von fünf über das Gemeindegebiet verteilte Flächen, für jede Unterkategorie eines Grünraumtyps (siehe Anhang B). Basierend auf dem Luftbild werden die Vegetationsanteile digitalisiert, wobei für Bäume die Baumkrone (innerhalb der Fläche eines Grünraumtyps) als Grenze massgebend ist. Aus dem durchschnittlichen Flächenanteil ergeben sich die Vegetationsanteile der Grünraumtypen

und ihrer Unterteilungen. Um die Aktualität der Typologie zu gewährleisten, werden Gebäudeumrisse grösserer, mittlerweile überbauter Flächen ( $> 1000 \text{ m}^2$ ) mit georeferenzierten Luftbildern aus Googlemaps nachdigitalisiert. Zum Zeitpunkt der Erhebung im Bau befindende Flächen werden der Kategorie „undefinierte Flächen“ zugewiesen.

- Methodenkritik:

Aufgrund der hohen Vielfalt an Nutzungen und Erscheinungsformen im Siedlungsraum sind Grünraumtypen nur schwierig vollständig und objektiv zu erfassen. Dazu stellen sich etwa die Fragen, nach welchen Kriterien Grünraumtypen unterschieden oder wie weit die Differenzierung und Unterteilung der ausgewählten Typen erfolgen soll. Die vorgeschlagenen Grünraumtypen und deren Unterkategorien sind als eine mögliche Einteilung zu verstehen, die sich ausserdem auf das Fallbeispiel Schlieren beziehen. Eine Überprüfung und allfällige Ergänzung der Typologie, insbesondere für weitere Anwendungsgebiete, ist deshalb angebracht.

Dies gilt ebenso für die ermittelten Vegetationsanteile. Diese können nur als grobe Abschätzung gewertet werden, da sowohl die Anzahl der ausgewerteten Flächen, als auch der unterschiedenen Vegetationskategorien keine präzisen Aussagen erlauben. Auch ist die Zuweisung der Vegetation zu den Kategorien mit Unsicherheiten verbunden, da das Luftbild oft nicht Klarheit verschafft. Zudem werden die über die Fläche eines Grünraumtyps herausragenden Baumkronen nicht in die Berechnung einbezogen.

### 3.2.2 Software und Daten

Die Berechnungen der Ökosystemleistungspotentiale erfolgen in einem Geographischen Informationssystem. Dazu wird die Software ArcGIS 10.0 der Firma Esri verwendet. Als Koordinatensystem dient CH1903\_LV03. Die verwendeten Datensätze sind in Tab. 7 aufgelistet:

Tab. 7: Verwendete Datensätze

Datensatz	Datenherr	Stand	Inhalt	Format
Bodenbedeckung AV	Kanton Zürich	2010	Bodenbedeckung Schlieren	Vektor
Parzellen AV	Kanton Zürich	2010	Parzellen Schlieren	Vektor
Klimaeignungskarte	Bundesamt für Landwirtschaft	2008	Klimaeignungskarte Schweiz (Mastab: 1:200'000)	Vektor
DHM25	swisstopo	1982	Digitales Höhenmodell Schweiz	Raster
Gebäude Vector25	swisstopo	2007	Gebäudegrundrisse Schweiz, basierend auf der Landeskarte 1:25'000	Vektor
Orthophoto 2005/06	swisstopo	2006	Luftbild Kanton Zürich	Raster
Primärflächen Vector25	swisstopo	2007	Primäre topographische Bodenbedeckung Schweiz	Vektor
Strassen Vector25	swisstopo	2007	Strassen- und Wegenetz der Landeskarte 1:25'000	Vektor
SwissTLM3D 1.0	swisstopo	2009	Strassennetz Schweiz	Vektor

SwissBuildings3D	swisstopo	2010	Gebäudehöhen Schweiz	Vektor
Abgeleitete Datensätze <sup>1</sup> aus dem GIS-Browser des Kantons Zürich (www.gis.zh.ch, 10.12.2011):				
Bodenkarte der Landwirtschaftsflächen	Kanton Zürich	1996	Bodenkarte, basierend auf Felderhebungen im Jahr 1989-1996	Vektor
Gefahrenkartierung Hochwasser	Kanton Zürich	2011	Gefahrenkartierung Hochwasser Kanton Zürich (Massstab: 1:5'000)	Vektor
Kataster der belasteten Standorte (KbS)	Kanton Zürich	2010	Belastete Standorte und Altlastenverdachtsflächen-Kataster	Vektor
Landwirtschaftliche Nutzungseignungskarte	Kanton Zürich	1996	Landwirtschaftliche Nutzungseignung, basierend auf Felderhebungen im Jahr 1989-1996	Vektor
Abgeleitete Datensätze <sup>1</sup> der Stadt Schlieren (www.schlieren.ch, 10.12.2011):				
Bauteninventar	Stadt Schlieren	2010	Kantonal und kommunal inventarisierte Bauobjekte	Vektor
Kommunales Inventar der Natur- und Landschaftsschutzobjekte	Stadt Schlieren	2006/07	Natur- und Landschaftsschutzinventar (Massstab: 1: 5'000)	Vektor
Zonenplan	Stadt Schlieren	2009	Zonenplan (Massstab 1:100'000)	Vektor

<sup>1</sup> Die Daten wurden anhand von Screenshots in ArcGIS georeferenziert und digitalisiert.

### 3.3 Vorgehen bei der Auswahl von Indikatoren und Berechnungsmethoden

Um Ökosystemleistungspotentiale zu berechnen ist die Auswahl der Indikatoren einerseits so einzugrenzen, dass diese für das Fallbeispiel Schlieren relevant und aussagekräftig sind. Andererseits müssen die Indikatoren durch die vorhandenen Daten ermittelbar sein.

Hierzu werden Indikatoren für die im Siedlungsraum relevanten sechs Bereiche von Ökosystemleistungen (vgl. Abschnitt 2.1.3) bevorzugt, welche bereits im Rahmen der Studie „Indikatoren für Ökosystemleistungen“ des Bundesamts für Umwelt (BAFU) vorgeschlagen sind (Staub & Ott 2011: 16f). Dadurch kann ein Bezug zur aktuellen Studie des Bundes hergestellt werden und gleichzeitig erhält die Wahl der Indikatoren eine literaturbasierte Abstützung.

Da sich die Studie des BAFU aber auf gesamtschweizerische Umweltindikatoren fokussiert, sind sie grösstenteils für Schlieren ungeeignet, z.B. die Anzahl an Personentransporten durch Bergbahnen. Andere Indikatoren schliessen sich aufgrund fehlender Datenlage aus. Indikatoren, welche sich nicht aus der Studie übernehmen lassen, sind deshalb nach den vorhandenen Ansätzen aus der Literatur festzulegen.

Die Festlegung der Berechnungsmethode richtet sich nach den in der Literatur vorhandenen Ansätzen. Hierbei werden Methoden bevorzugt, die sich auch ausserhalb Schlierens anwenden lassen. Dadurch ergibt sich allerdings die Problematik, dass generische Ansätze den Detaillierungsgrad von Berechnungsergebnissen verringern können. Lokale, spezifische Gegebenheiten sollten deshalb wenn möglich berücksichtigt werden.

## 4 Berechnungen der Ökosystemleistungspotentiale für den Status Quo

Kapitel 4 zeigt für jeden der sechs Bereiche von Ökosystemleistungen das Vorgehen für die Berechnungen auf. Dabei werden jeweils die wichtigsten lokalen Gegebenheiten in Schlieren aufgeführt und die Auswahl der Indikatoren und Berechnungsansätze begründet. Anschliessend wird auf die Berechnungsmethoden eingegangen, indem die verwendeten Parameter aufgeführt und erklärt werden. Schliesslich erfolgt jeweils eine Methodenkritik.

### 4.1 Regulierung des Wasserhaushalts

#### Lokale Bedingungen in Schlieren:

Schlieren wird nördlich von der Limmat begrenzt, welche als Vorfluter des Rietbachs dient. Nebst fliessenden Gewässern finden sich in Schlieren kleinere stehende Gewässer, wie Teiche oder Weiher. Weiter verfügt Schlieren über ein reichhaltiges Grundwasservorkommen. Beinahe die gesamte Gemeindefläche ist als Gewässerschutzbereich ausgewiesen ([www.gis.zh.ch](http://www.gis.zh.ch), 10.04.2012). Die im Jahr 2009 geförderte Menge an Trinkwasser besteht überwiegend aus Grundwasser und ist ausreichend um rund 15'000 Einwohner, sowie 13'000 Arbeitsplätze mit Trinkwasser zu versorgen (Stadt Schlieren 2010).

Die synoptische Gefahrenkarte des Kantons Zürich zeigt die potentielle Überschwemmungsgefahr auf. Daraus ist ersichtlich, dass Teile des Siedlungsgebiets Schlierens (Zentrum und nördlicher Gemeindeteil bis zur Bahnlinie) in der Gefahrenzone „gering gefährdet“ oder „Restgefährdung“ liegen. Nahe der Limmat und im Gebiet Müli liegt jedoch eine „mittlere“ und punktuell gar „erhebliche“ Gefährdung vor ([www.gis.zh.ch](http://www.gis.zh.ch), 13.11.2011).

#### Auswahl der Indikatoren und der Berechnungsmethode für Schlieren:

Wie in Abschnitt 2.3.2 dargelegt, wird sowohl die Grundwasserneubildung als auch die Hochwassergefährdung durch die Infiltration in den Boden beeinflusst. Nach dem Bundesgesetz über den Schutz der Gewässer (GSchG 2011: Art. 7) ist nicht verschmutztes Regenwasser versickern zu lassen. Versickerung über unversiegelte Flächen ist dabei unterirdischen Versickerungsanlagen vorzuziehen (AWEL 2006: 4).

Kann anfallendes Regenwasser dagegen nicht versickern, so resultiert ein erhöhter Oberflächenabfluss. Dadurch eignet sich der Oberflächenabfluss als Indikator, um die wichtigsten Ökosystemleistungspotentiale bezüglich des Wasserhaushalts in Schlieren abzuschätzen.

Als Verfahren wird die Curve-Number (CN) Methode des Soil Conservation Service (SCS) verwendet (Abschnitt 2.3.2). Die CN-Methode findet in der Forschung weite Anwendung und Akzeptanz (u.a. Pfaundler 2001: 177; Tratalos et al. 2007: 310; Whiteford et al. 2001: 94). Zudem ermöglicht das Verfahren eine relativ einfache Berechnung des Abflusses, da im Vergleich zu anderen Ansätzen nur wenige Parameter erforderlich sind. Beispielsweise werden keine Niederschlags-Abfluss Messungen benötigt (Gödeke 2000: 40).

### Berechnungsmethode:

Um die Abflussmenge  $Q$  zu berechnen sind folgende Inputparameter erforderlich (Abb. 6):

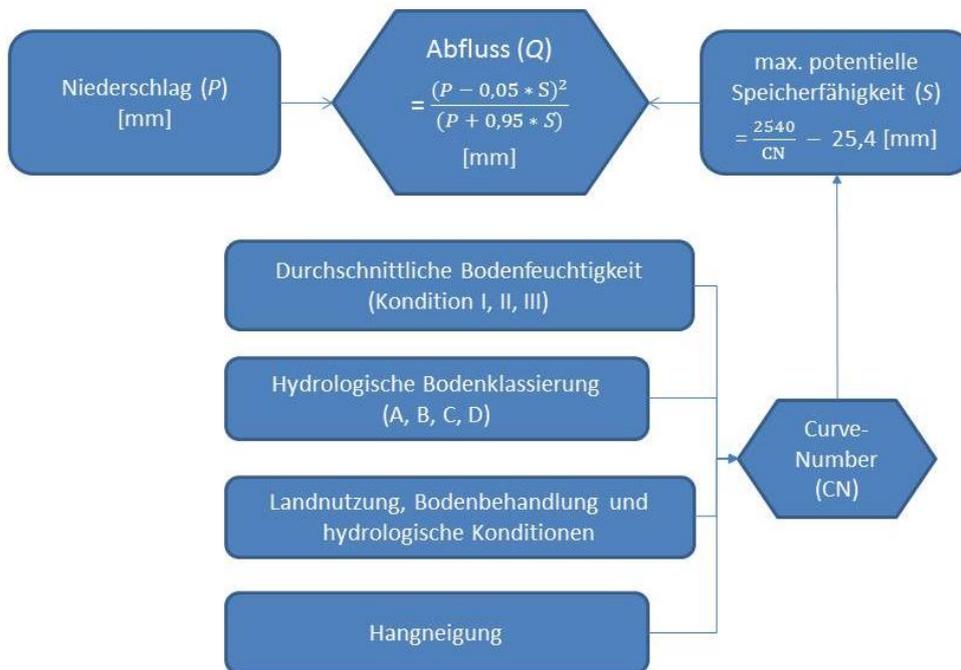


Abb. 6: Berechnungsmodell des Oberflächenabflusses nach der CN-Methode (nach Boonstra 1994: 121f)

- Festlegung der anfallenden Niederschlagsmenge ( $P$ ):

Die Anwendung der CN-Methode erfordert in einem ersten Schritt die Festlegung der Niederschlagsmenge, für die der Oberflächenabfluss geschätzt werden soll. Da die CN-Methode für Starkregenereignisse konzipiert ist (Boonstra 1994: 121), wird für Schlieren ein Regenereignis von 20 mm ausgewählt. Diese Auswahl basiert auf dem Niederschlags-Intensitäts-Diagramm für ein 2,33 jährlich stattfindendes Starkereignis mit einer Dauer von einer Stunde, nach Spreafico & Weingartner (2005: 18) für Bern.

- Festlegung der durchschnittlichen Bodenfeuchte (average moisture condition - AMC):

Gemäss der CN-Methode wird die Sättigung des Bodens durch die Menge Niederschlag vor dem zu messenden Ereignis bestimmt. Um die Auswirkungen unterschiedlicher Bodennutzungen und -bedeckungen auf den Abfluss hervorzuheben, wird für das Untersuchungsgebiet die AMC-Klasse II (durchschnittliche Bodenfeuchtigkeit) gewählt. Diese Annahme wird ebenso in Tratalos et al. (2007: 310) getroffen.

Allerdings ist zu bemerken, dass die Bodensättigung, nebst dem Niederschlag, durch Grundwasser oder Hangneigung beeinflusst werden kann. In Schlieren finden sich grund- oder hangwassergeprägte Flächen ([www.gis.zh.ch](http://www.gis.zh.ch), 16.03.2012). Wie stark jedoch die Bodensättigung jener Flächen ausgeprägt ist, kann mit den vorhandenen Daten und Kenntnissen nicht beurteilt werden.

- Bestimmung der hydrologischen Bodenklassierung:

Die Bestimmung der hydrologischen Bodenklassierung erfolgt mit Hilfe der Daten „Bodenkarte der Landwirtschaftsflächen“, des Kantons Zürich. Böden mit dem Eintrag „normal durchlässig“ oder „sandiger Lehm“ werden dem Bodentyp *B* (moderate Infiltration) zugeordnet. Böden mit dem Eintrag „grund- oder hangwassergeprägte Böden“ oder „toniger Lehm“ dem Bodentyp *C* (schlechte Infiltration), da jene Böden schneller porengesättigt sind und anfallendes Regenwasser dadurch schlechter versickern kann (Chow et al. 1988: 149). Weil Daten jedoch nur für Landwirtschaftsflächen ausserhalb des Siedlungsgebiets vorliegen, müssen für die übrigen Gebiete Annahmen getroffen werden.

Nach dem Datensatz „Klimaeignungskarte“ des Bundesamts für Landwirtschaft liegt Schlieren in einer Zone mit mässig feuchtem Niederschlagshaushalt. Ausgehend von einem Massstab 1:200'000 kann Schlieren ausserdem einer für Ackerbau geeigneten Klimazone zugewiesen werden (Jeanneret & Vautier 1977, in: Kanton Zürich 2007).

Diesen Angaben zufolge wird für die restlichen Flächen eine Bodenklassierung des Typs *B* (moderate Infiltration) angenommen. Ausserdem entspricht Typ *B* der Infiltration eines gängigen europäischen Bodentyps (Tratalos et al. 2007: 310). Die Annahme einer moderaten Infiltration hat den Vorteil, dass die Abflussberechnung weniger durch die Wahl des Bodentyps, als vielmehr durch die jeweilige Landnutzung und Bodenbedeckung beeinflusst wird. Jedoch hat die Bodenklassierung einen starken Einfluss auf den Abfluss und ist deshalb für zukünftige Berechnungen genauer abzuklären.

- Bestimmung der Landnutzung und der hydrologischen Kondition:

Die Art der Landnutzung wird der Grünraumtypologie entnommen. Mit Hilfe der vom Soil Conservation Service (SCS 1972, in: USDA 1986: 2-5f) entwickelten Tabelle können den jeweiligen Grünraumtypen CN-Werte zugewiesen werden. Jedoch muss auf eine hohe Unsicherheit bezüglich der Einteilung der Landnutzung hingewiesen werden. Beispielsweise ist aus den Luftbildern oftmals nicht klar ersichtlich, ob eine Fläche als Acker- oder als Weideland bearbeitet wird.

Aus diesem Grunde wird für landwirtschaftlich genutzte Flächen vereinfacht die CN nach Pfaundler (2001: 177) übernommen, welcher für die in der Arealstatistik Schweiz (1972) erfassten Kategorie „Wiese, Ackerland und Obstbau“ eine CN von 65 bzw. 75 (Bodenklassierung *B* bzw. *C*) verwendet hat. Diese ergeben sich aus den CN-Durchschnittswerten des SCS (1972, in: USDA 1986: 2-5f) für Wiesen („meadow“) und Äcker („cultivated land“).

Vom SCS (1972, in: USDA 1986: 2-5f) werden landwirtschaftlich genutzte Flächen zudem nach unterschiedlichen Anbauweisen differenziert, was in dieser Arbeit aufgrund fehlender Informationen und Kenntnisse unberücksichtigt bleibt. Die hydrologische Kondition kann ebenso wenig beurteilt werden, weshalb angenommen wird, dass sich Landnutzungsformen allgemein in einem „guten Zustand“ befinden. Die ausserhalb des Siedlungsgebiets zugewiesenen CN-Werte sind in der nachfolgenden Tab. 8 aufgelistet.

Tab. 8: Zugewiesene CN ausserhalb der Siedlung (nach: SCS 1972, in: USDA 1986: 2-5f; Chow et al. 1988: 150; Pfaundler 2001: 177)

Grünraumtyp	Zugewiesene Landnutzung aus der CN-Tabelle des SCS	Hydrologische Kondition	CN	
			<i>B</i>	<i>C</i>
			hydrologische Bodenklassierung	
			<i>B</i>	<i>C</i>
Wald	„Wood or forest land“	Guter Zustand (geschützt vor Beweidung, Bodenbedeckung durch Streu oder Unterholz)	55	70
Wiesen, Weiden und Äcker	„meadow“	Guter Zustand (ständige Grasbedeckung, Schutz vor Beweidung)	65	75
	„cultivated land“	Konservierende Behandlung		
Feldgehölze, Hecken	„Brush, brush-weed-grass mixture, with brush the major element“	Guter Zustand (> 75% Bodenvegetation)	48	65

Für die Schätzung der CN im Siedlungsraum gilt der gewichtete CN-Ansatz nach McCuen (1989: 299). So ergibt sich z.B. die CN eines zu 85 Prozent versiegelten Industrieareals durch:

$$(0,85) * 98 + (0,15) * 61 = 92,45$$

98 steht für die CN versiegelter Flächen und 61 für die CN von Wiesen, in gutem Zustand. Mit dieser Methode kann die CN einer beliebigen Landnutzungsform ermittelt werden. Für die Grünraumtypen innerhalb des Siedlungsraumes von Schlieren wird die CN durch den prozentualen Anteil an versiegelter Fläche, niedriger (< 1 m), mittlerer (1-3 m) und hoher (> 3 m) Vegetation berechnet. Die Plausibilität dieser Vorgehensweise wird durch unterschiedliche Hydrologen bestätigt (Hebel; Klik; Rimkus, schriftliche Mitteilungen Mai 2012). Die prozentualen Anteile der Bodenbedeckung finden sich im Anhang B.

Für Bahngleise wird eine CN von 85 für Kies (gravel) verwendet (Bodenklassierung *B*). Familiengärten erhalten eine gewichtete CN von 74,5 (Bodenklassierung *B*). Diese stützt sich auf Tratalos et al. (2007: 310), welche die CN für Gärten englischer Städte abgeschätzt haben. Danach bestehen Gärten zu 33 Prozent aus versiegelter Fläche, zu 47 Prozent aus Gras- und Krautflächen, zu 12 Prozent aus Sträuchern und Büschen, sowie zu 8 Prozent aus Kies. Die Zuordnung der CN zu den Bodenbedeckungen im Siedlungsraum zeigt Tab. 9.

Tab. 9: Zugewiesene CN im Siedlungsraum (nach: SCS 1972, in: USDA 1986: 2-5f; Chow et al. 1988: 150)

Bodenbedeckung	Zugewiesene Landnutzung aus der CN-Tabelle des SCS	Hydrologische Kondition	CN	
			<i>B</i>	<i>C</i>
			hydrologische Bodenklassierung	
			<i>B</i>	<i>C</i>
Strassen, Gebäude, versiegelte Flächen	„Paved parking lots, roofs, driveways, etc.”		98	98
Niedrige Vegetation	„Pasture, grassland, or range”	Guter Zustand (> 75% Bodenvegetation, leicht oder gelegentlich beweidet)	61	74
Mittlere Vegetation	„Brush, brush-weed-grass mixture with brush the major element” <sup>1</sup>	Guter Zustand (> 75% Bodenvegetation)	48	65
Hohe Vegetation	„Woods”	Guter Zustand (geschützt vor Beweidung, Bodenbedeckung durch Streu oder Unterholz)	55	70

<sup>1</sup> In der Literatur auch als Strauch/Gebüsch („Shrub“/„Scrub“) bezeichnet (NLCD 2001, in: Pinkerton 2010: A2).

#### - Berücksichtigung der Hangneigung:

Um die Hangneigung zu berücksichtigen wird in ArcGIS, basierend auf dem digitalen Höhenmodell DHM25, die prozentuale Steigung berechnet. Auf die Berechnung der Hangneigung wird in Abschnitt 4.4 eingegangen. Mit der Gleichung von Huang et al. (2006: 580) kann eine neue CN berechnet werden, welche die Hangneigung mit einbezieht. Dazu wird das Höhenmodell in 32 gleichmässig verteilte Neigungsklassen eingeteilt und anschliessend mit der Grünraumtypologie verschnitten.

Der Mittelwert der Neigung einer Klasse fliesst schliesslich in die Gleichung von Huang et al. ein und ergibt einen neuen CN-Wert. Hierbei ist allerdings zu erwähnen, dass in Schlieren die Hangneigung einen geringen Einfluss auf die CN hat, da ein überwiegender Teil der Gemeindefläche in Gebieten mit einer tiefen Hangneigung liegt.

#### Methodenkritik:

Die Berechnung des Oberflächenabflusses mit der CN-Methode stellt einen vereinfachten Ansatz dar. Die CN-Werte des SCS beruhen auf empirisch ermittelten Werten von Böden der USA. Für die Anwendung der CN-Methode auf mitteleuropäischen Böden wird zwar nach Maniak (2005, in: Seidel 2008: 85) ein Korrekturfaktor verwendet, eine generische Anwen-

dung ist dennoch kritisch zu hinterfragen. Dasselbe gilt für die Formel der Hangneigung nach Huang (2006: 580). Für die Ermittlung des Oberflächenabflusses im Siedlungsraum liegen ausserdem keine CNs für unterschiedliche Baumaterialien, z.B. bezüglich Art oder Alter vor. Gerade das Alter der Bausubstanz kann die Infiltration jedoch stark beeinflussen (Bestätigung Peer, 03.05.2012).

Die CN-Methode hat weiter den Nachteil, dass sie keinen zeitlichen Bezug hat und dadurch Niederschlagsintensitäten unberücksichtigt bleiben (Gödeke 2000: 40). Auch müssen für die Bestimmung der hydrologischen Bodenklassierung Annahmen getroffen werden, da im Siedlungsgebiet keine Angaben über die Bodeneigenschaften vorliegen. Sowohl die hydrologische Kondition als auch die Landnutzung sind aus den Luftbildern nicht eindeutig zuweisbar. Genaue Berechnungen des Oberflächenabflusses erfordern somit auch detailliertere Angaben über die Bodenbeschaffenheit, die Bearbeitung und die Nutzung. Ein höher aufgelöstes digitales Höhenmodell kann die Qualität der Resultate zusätzlich verbessern.

Die Berechnung der CN aus den Vegetations- und Versiegelungsanteilen beruht ebenso auf stark generalisierten Daten. Für die Anwendung in weiteren Untersuchungsgebieten müssen diese gegebenenfalls angepasst oder neu ermittelt werden. Auch erfolgt die Zuweisung der Grünraumtypen Schlierens zu den vom SCS aufgelisteten Nutzungstypen lediglich auf einer übergeordneten Ebene. Weitere Unterscheidungen und Unterteilungen der Vegetation, der Landnutzung oder der Bausubstanz sind für detailliertere Berechnungen deshalb unerlässlich.

## 4.2 Erholungsfunktionale Versorgung

### Lokale Bedingungen in Schlieren:

Schlieren verfügt über zahlreiche öffentliche Freiräume, die sich für die Erholung eignen. Dazu zählen beispielsweise Naherholungsgebiete wie das Limmatufer, der Schliererberg, der Stadtpark oder verschiedene Spiel- und Sportplätze ([www.schlieren.ch](http://www.schlieren.ch), 15.03.2012).

### Auswahl der Indikatoren und der Berechnungsmethode für Schlieren:

Die erholungsfunktionale Versorgung der Bevölkerung wird sowohl in Pietsch & Hensel (2003: 83f), als auch in Grün Stadt Zürich (2005: 4f) über den Versorgungsgrad mit Naherholungsflächen in fussläufiger Entfernung berechnet. Die Erreichbarkeit von Naherholungsgebieten ist auch in der Studie des BAFU als Indikator aufgeführt (Staub & Ott 2011: 82).

Durch die Verknüpfung des Angebots an Erholungsräumen mit der Nachfrage durch die Bevölkerung stellt der Berechnungsansatz einen direkten Bezug zwischen Leistungsempfänger und -erbringer her. Ausserdem kann die Berechnung geeignet in einem Geographischen Informationssystem durchgeführt werden, mit der in Hackmann & de Lange (2001: 221f) beschriebenen Netzwerkanalyse. Da der Ansatz bereits für die Stadt Zürich Anwendung fand, bietet sich dieser als Vergleichsmöglichkeit an. Die für Zürich verwendeten Soll- und Kennwerte sind deshalb zu übernehmen, können aber für weiterführende Arbeiten beliebig angepasst werden.

Nebst dem Zugang zu Naherholungsflächen soll darüber hinaus die Fläche an Hausumschwung pro Einwohner(-in) als Indikator für die erholungsfunktionale Versorgung verwendet werden. Zum Hausumschwung zählen die unmittelbar an ein Gebäude grenzenden privaten und halbprivaten Freiräume. Potentielle Erholungsflächen im Wohnumfeld werden vom BAFU ebenfalls als Indikator aufgeführt (Staub & Ott 2011: 82) und ermöglichen eine Gegenüberstellung sowohl der öffentlich als auch der privat zugänglichen Erholungsräume.

**Berechnungsmethode:**

- Versorgungsgrad mit Naherholungsflächen:

Die erholungsfunktionale Versorgung, bezüglich der Naherholung für die örtliche Bevölkerung, wird mit dem Versorgungsgrad ausgedrückt (Grün Stadt Zürich 2005: 7):

$$\text{Versorgungsgrad [in Prozent]} = \frac{\text{Freiraumangebot}}{\text{Gleichzeitige Freiraumnachfrage}} * 100$$

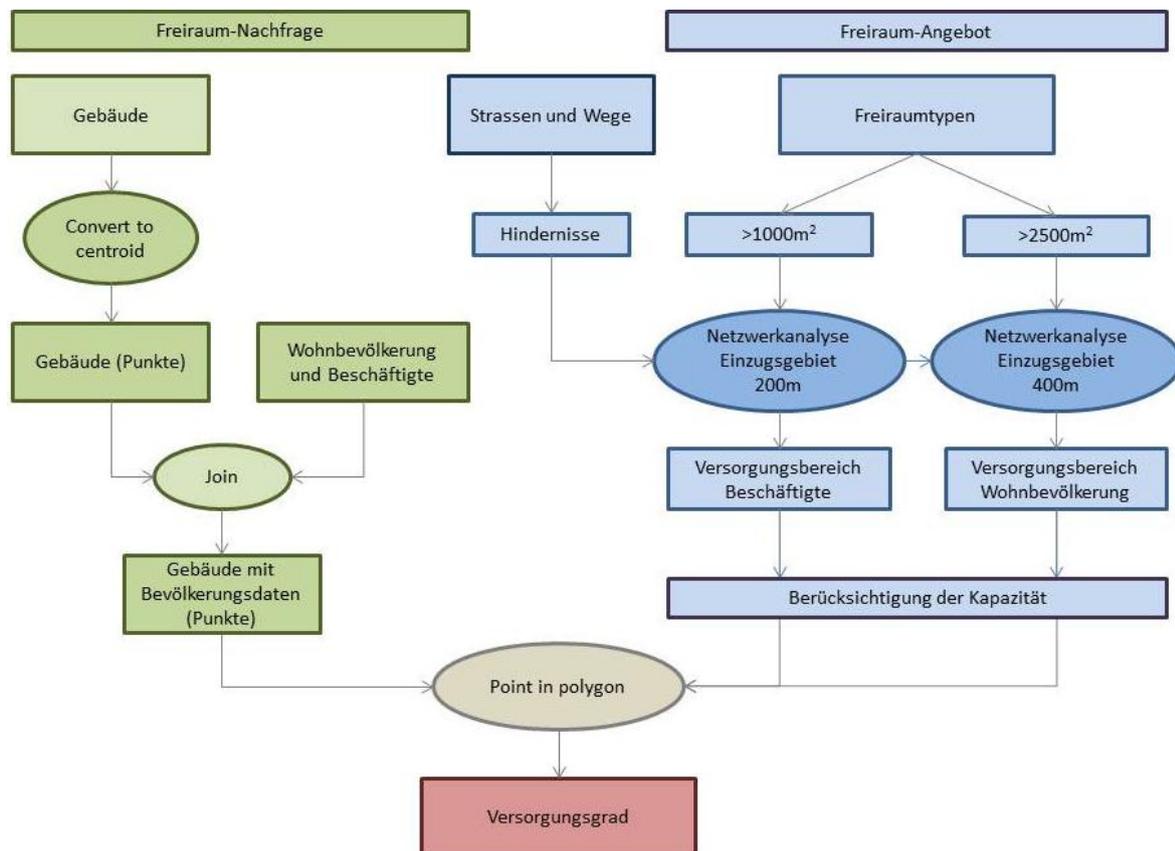


Abb. 7: Schematische Darstellung der wichtigsten Arbeitsschritte zur Berechnung des Versorgungsgrades mit Naherholungsflächen (verändert nach Hackmann & de Lange 2001: 221f)

Ein Versorgungsgrad von 100 Prozent entspricht dem von Grün Stadt Zürich (2005: 4) festgelegten Planungsrichtwert von 8 m<sup>2</sup> öffentlich zugänglichem Freiraum pro Einwohner(-in), respektive 5 m<sup>2</sup> pro Beschäftigte(-n). Dies gilt für Freiräume mit einer Kapazität von 100 Per-

sonen pro Hektar. Abb. 7 zeigt die wichtigsten Arbeitsschritte, auf die in der Folge eingegangen wird.

- Freiraumangebot:

Das Freiraumangebot wird einerseits durch die vorhandenen Freiräume bestimmt, welche sich für die Naherholung eignen. Die Eignung ist abhängig von der Funktion, der Distanz zum Wohn- oder Arbeitsort, sowie der Grösse des Freiraumes. Andererseits wird das Angebot durch die Erreichbarkeit und die Kapazität eines Erholungsraums beeinflusst.

▪ Funktion des Freiraumes:

Für die Berechnung des Versorgungsgrades werden die allgemein zugänglichen und öffentlichen Freiräume für die Naherholung nach Funktionen eingeteilt. Die funktionale Einteilung der Freiräume Schlierens erfolgt nach Grün Stadt Zürich (2005: 4) und ist in Tab. 10 aufgelistet.

Tab. 10: Funktionale Einteilung der Freiräume Schlierens (nach Grün Stadt Zürich 2005: 4)

Allgemein zugängliche öffentliche Freiräume:	
Übergeordnete Freiräume:	Limmatufer
Quartierbezogene Freiräume:	Parkanlagen und öffentliche Freiflächen
Zweckgebundene Freiräume:	Friedhof und Parkanlage beim Spital Öffentliche Sportplätze
Lineare Freiräume:	Das Limmatufer wird als übergeordneter Freiraum eingestuft. Für die Ausscheidung weiterer linearer Freiräume ist die Grünraumtypologie jedoch zu generalisiert.
Offene Landschaft:	Wiesen, Weiden, Äcker Feldgehölze und Hecken Übriger Wald (exklusiv Schliererwald)
Waldsaum:	200 m Saum des Schliererwalds
Monofunktionale Freiräume:	
Private Sportplätze Familien- und Freizeitgärten	
Private und halböffentliche Freiräume:	
Private Freiräume:	Privatgärten
Halböffentlicher Freiräume:	Halbprivates Wohnumfeld Grünanlagen öffentlicher Gebäude
Keine Freiräume:	
Gärtnerereien, Verkehrsgrün, Bahninfrastruktur, Brachflächen, Industriegrün	

Monofunktionale Freiräume, wie Freibäder werden demnach nicht berücksichtigt, da diese nicht der kurzzeitigen Naherholung zugerechnet werden. Vom Schliererwald fliesst lediglich der Waldsaum in die Berechnungen ein, da weiter entfernte Waldgebiete nicht mehr zur Naherholung gezählt werden. Private und halbprivate Freiräume sind aufgrund der eingeschränkten Zugänglichkeit ebenso nicht als öffentlich zugängliche Freiräume einzustufen (Grün Stadt Zürich 2005: 4f).

Die funktionale Einteilung steht jedoch teilweise in Konflikt mit den im Freiraumkonzept der Stadt Schlieren ausgewiesenen Erholungsflächen (Stadt Schlieren 2005). Beispielsweise stellt sich die Frage, ob eine Wiese im Siedlungsraum, nach Grün Stadt Zürich (2005: 4), als offene Landschaft bezeichnet, oder ob das betreffende Objekt dem Freiraumtyp „quartierbezogener Freiraum“ zugeteilt werden soll. Um die Einteilung möglichst systematisch vorzunehmen, werden den quartierbezogenen Freiräumen die in der Grünraumtypologie erfassten Parkanlagen und öffentliche Freiflächen, ohne die zweckgebundenen Freiräume beim Friedhof und Spital, zugewiesen.

- Distanz und Mindestgrösse:

Als maximale Distanz zu einem Erholungsraum werden die Werte von Grün Stadt Zürich (2006: 92f) verwendet. Für die Wohnbevölkerung beträgt diese 400 m, was zu Fuss ca. fünf Minuten beansprucht. Für die Beschäftigten wird ein Wert von 200 m festgelegt.

Die verwendeten Mindestgrössen eines Freiraumes, nach Grün Stadt Zürich (2005: 8), sind in Tab. 11 aufgelistet.

Tab. 11: Mindestgrösse eines Freiraums (nach Grün Stadt Zürich 2005: 8)

Mindestgrösse des Freiraums	Distanz
> 1'000 m <sup>2</sup>	200 m für die Beschäftigten
> 2'500 m <sup>2</sup>	400 m für die Wohnbevölkerung

- Erreichbarkeit:

Die Erreichbarkeit von Freiräumen wird durch Strassen und Wege bestimmt, die zusammen ein Netzwerk bilden. Das in dieser Arbeit verwendete Netzwerk basiert auf dem Datensatz Strassen swissTLM3D 1.0. Erholungsräume sollen von der Bevölkerung zu Fuss erreichbar sein, weshalb möglichst alle für Fussgänger passierbaren Strassen und Wege im Netzwerk enthalten sein müssen.

Hindernisse sind dagegen vom Netzwerk zu entfernen. Dazu zählen stark befahrene Strassen, die im Strassendatensatz swissTLM3D 1.0 als Hochleistungsstrassen oder mit einer Breite > 6 m (Swisstopo 2011: 11) ausgewiesen sind. Diese werden durch Linienverläufe von Fussgängerwegen und -übergängen, basierend auf dem Orthophoto 2005/06, ersetzt.

Der Perimeter, welcher das Strassennetzwerk absteckt, umfasst die Gemeinde Schlieren und sämtliche Strassen und Wege in einem Puffer von 1 km um die Gemeindegrenze. So wird gewährleistet, dass die kürzesten Wege die zu einem Freiraum führen, unabhängig von der Gemeindegrenze gewählt werden. Ebenso müssen Freiräume ausserhalb der Gemeindegrenze

Schlierens berücksichtigt werden, da ansonsten Quartiere, welche nahe der Gemeindegrenze liegen, einen tiefen Versorgungsgrad aufweisen, obschon sie ausreichend mit Erholungsräumen versorgt sind.

Um diesen Umstand zu berücksichtigen wird das Limmatufer bis zur Autobahnbrücke in Dietikon verlängert. Zudem integriert in die Berechnung sind die an die Limmat grenzenden Wiesen- und Waldflächen in Dietikon, die Sportanlage beim Bahnhof Urdorf, sowie die Grünräume in Unterengstringen, südlich der Limmat (siehe Abb. 20).

Ein Netzwerk kann in ArcGIS mit dem Network Analyst erstellt werden. Das angepasste Strassennetz dient als Basis des Netzwerks. Darauf aufbauend wird ein Punktdatensatz erstellt, welcher jeden Endpunkt eines Strassenabschnittes aufweist. So kann der kürzeste Weg von einem Punkt zu einem anderen berechnet werden. Voraussetzung dafür ist, dass das Strassennetz bei jeder Verzweigung einen Anfangs- oder Endpunkt aufweist, also aufgetrennt ist. Da dies beim verwendeten Strassennetz nicht der Fall ist, müssen Anfangs- und Endpunkte generiert werden (Feature vertices to points). Anschliessend ist das Strassennetz an jedem Punkt aufzutrennen (Split line at point). Weitere eingegebene Parameter für die Erstellung des Netzwerks sind in Tab. 12 aufgeführt.

Tab. 12: Parameter zur Erstellung eines Netzwerks in ArcGIS 10.0

Parameter	Einstellung
- Abbiegungen (Global turns): Abbiegungen, in alle Richtungen, sollen jederzeit möglich sein.	Ja
- Berücksichtigung der Fahrtrichtung (Driving direction settings): Diese ist z.B. dann wichtig, wenn die Erreichbarkeit im Verkehr durch Einbahnstrassen eingeschränkt wird.	Nein
- Erhebung (Elevation): Die Höhe könnte zusätzlich berücksichtigt werden, indem jedem Strassenabschnitt ein Z-Wert über das digitale Höhenmodell vergeben wird. Für diese Arbeit wird jedoch angenommen, dass die Höhe auf eine geringe Distanz (max. 400 m) einen vernachlässigbaren Einfluss hat.	Nein
- Konnektivität (Connectivity policy): Ein Fussgänger hat an jeder Verzweigung (Endpunkt) die Möglichkeit, eine neue Richtung einzuschlagen.	Endpoint
- Attributbestimmungen Als Einheit (unit) werden Meter gewählt. Als Verwendung (usage) werden Kosten eingegeben, da mit zunehmender Entfernung die zeitlichen Kosten steigen.	

- Kapazitäten:

Damit die Qualität der Erholung und der Ökologie nicht beeinträchtigt wird, sollen Freiräume nur eine eingeschränkte Anzahl an Personen gleichzeitig aufnehmen. In Grün Stadt Zürich (2005: 7) finden sich dazu Kapazitätswerte für die jeweiligen Freiraumtypen, die für diese Arbeit übernommen werden (Tab. 13).

Die tiefere Kapazität von übergeordneten öffentlichen Freiräumen für die Wohnbevölkerung lässt sich daraus erklären, dass diese Personen anziehen, welche ausserhalb des Einzugsgebietes wohnen. Dadurch wird die Kapazität für die örtliche Wohnbevölkerung innerhalb des Einzugsgebietes verringert.

Tab. 13: Kapazitätswerte für Freiraumtypen (nach Grün Stadt Zürich 2005: 7)

Kapazitäten der Freiräume	Wohnbevölkerung	Beschäftigte
Übergeordnete öffentliche Freiräume	60 E/ha	200 B/ha
Quartierbezogene öffentliche Freiräume	100 E/ha	200 B/ha
Zweckgebundene öffentliche Freiräume	20 E/ha	40 B/ha
Lineare öffentliche Freiräume	20 E/ha	40 B/ha
Offene Landschaft	5 E/ha	10 B/ha
Waldsaum	10 E/ha	10 B/ha

- Freiraumnachfrage:

- Gleichzeitigkeitsfaktor:

Für die Freiraumnachfrage kommen alle in einem Einzugsgebiet eines Freiraums wohnenden oder arbeitenden Personen potentiell in Frage. Da jedoch nicht alle Personen gleichzeitig einen Freiraum aufsuchen, wird ein Gleichzeitigkeitsfaktor definiert. Dieser gibt die Anzahl der Einwohner bzw. der Beschäftigten innerhalb eines Einzugsgebiets wieder, welche einen Freiraum potentiell gleichzeitig aufsuchen. Für die Wohnbevölkerung beträgt der Gleichzeitigkeitsfaktor 8 Prozent der Bevölkerung, für die Beschäftigten 10 Prozent (Grün Stadt Zürich 2005: 8).

- Verteilung der Wohnbevölkerung:

Um die Nachfrage innerhalb eines Einzugsgebiets abzuleiten, ist die Anzahl der Einwohner möglichst genau zu verorten. Dies erfolgt über das Volumen eines Gebäudes, das sich aus dem Gebäudegrundriss und der Gebäudehöhe ergibt.

Dazu werden alle in der Bodenbedeckung AV als Wohngebäude gekennzeichneten Gebäude mit einer Höhe versehen. Die Gebäudehöhen entstammen dem Datensatz swissBuildings3D, der auf den Gebäudegrundrissen Vector25 basiert. Die Gebäudehöhen leiten sich aus dem digitalen Oberflächenmodell ab und beziehen sich auf das Gebäudevolumen, ohne Dachformen (Swisstopo 2010: 3f).

Die Gebäudegrundflächen von swissBuildings3D sind jedoch geometrisch nicht kongruent mit dem Datensatz Bodenbedeckung AV. Mittels einer räumlichen Verknüpfung in ArcGIS werden deshalb die Gebäudehöhen auf die Gebäudeumrisse der Bodenbedeckung AV übertragen. Die Höhen der Gebäude, welchen keine Gebäudehöhe zugewiesen werden kann, bestimmen sich durch die Durchschnittshöhe der bereits zugewiesenen Gebäude innerhalb einer gleichen Nutzungszone des Zonenplans der Stadt Schlieren.

Die direkte Ableitung der Gebäudehöhe aus dem Zonenplan, mittels Ausnutzungsziffer und gleichen Nutzungszonen oder aus der in der Bauordnung festgelegten maximalen Gebäude-

höhe einer Zone birgt die Problematik, dass die tatsächlichen Gebäudehöhen unter- oder überschätzt werden (z.B. das 22 m hohe Wohngebäude im Gebiet Schönenwerd).

Da die Gesamteinwohnerzahl vorgegeben ist, kann das durchschnittliche Gebäudevolumen pro Einwohner(-in) abgeschätzt werden. Daraus wiederum berechnet sich die ungefähre Einwohnerzahl pro Gebäude.

- Verteilung der Beschäftigten:

Für die Aufteilung der Beschäftigten auf die vorhandenen Gebäude gilt dasselbe Vorgehen wie bei der Verortung der Wohnbevölkerung. In der Bodenbedeckung AV werden Gebäude unterteilt nach Handel, Verkehr / Verwaltung, Gastgewerbe, Landwirtschaft / Forstwirtschaft / Gärtnereien, sowie Industrie / Gewerbe. Angaben über die Anzahl der Beschäftigten, der jeweiligen Branchen, liegen für Schlieren für das Jahr 2008 vor (Statistisches Amt Kanton Zürich 2011). Die Beschäftigten der Branche „andere Dienstleistungen“ werden der AV-Kategorie Industrie / Gewerbe zugeteilt, da diese die meisten Gebäude enthält.

- Berechnung des Versorgungsgrades:

Basierend auf den erläuterten Parametern kann das Freiraumangebot berechnet werden. Dazu werden die Kapazitäten der Freiräume durch Multiplizieren der Freiraumflächen, mit den in Tab. 13 aufgelisteten Kapazitätswerten ermittelt. Anschliessend werden mit dem Network Analyst (Operation Service Area) Einzugsgebiete für jeden Freiraum berechnet.

In einem weiteren Schritt wird durch eine räumliche Selektion die Anzahl der Einwohner bzw. der Beschäftigten innerhalb eines Einzugsgebietes abgefragt. Die gleichzeitige Freiraumnachfrage wird dann durch die Multiplikation der Einwohner- bzw. der Beschäftigtenzahl mit dem Gleichzeitigkeitsfaktor ermittelt.

Teilweise können sich Einzugsgebiete unterschiedlicher Freiräume überlappen. Für diejenigen Personen, welche sich in einem Überlappungsbereich mehrerer Freiräume befinden, erhöht sich der Freiraumversorgungsgrad. Um diesen Umstand zu berücksichtigen, sind alle Versorgungsgrade eines Überlappungsbereiches zu addieren (Bestätigung Büchli, 28.12.2011).

- Private und halbprivate Freiräume:

Der Versorgungsgrad mit öffentlich zugänglichen Freiräumen berücksichtigt keine privaten oder halbprivaten Freiräume. Dadurch können Wohngebiete, z.B. im halbprivaten Wohnumfeld, als unterversorgt resultieren, obschon genügend Freiräume vorhanden sind. Für den Einbezug von privaten und halbprivaten Freiräumen wird deshalb der Hausumschwung pro Einwohner(-in) berechnet. Folgende Klassierung wird verwendet (Grün Stadt Zürich 2005: 18):

Tab. 14: Hausumschwung pro Einwohner(-in) (nach Grün Stadt Zürich 2005: 18)

Hausumschwung [m <sup>2</sup> ] pro Einwohner(-in)	Bewertung
> 40	Viel
20 – 40	Mittel
< 20	Wenig

Dazu werden die einzelnen Features der Grünraumtypen Privatgärten und halbprivates Wohnumfeld mittels der Dissolve-Funktion in ArcGIS zusammengefasst. Durch die Funktion „explode multipart feature“ werden nicht zusammenhängende Flächen als homogene Einheiten ausgewiesen. Anschliessend werden die Einwohnerdaten (Punkte) mittels einer räumlichen Verknüpfung (spatial join) mit den Einheiten der jeweiligen Grünraumtypologie verbunden. Durch Summieren der Einwohner, innerhalb derselben Flächeneinheit, ergibt sich schliesslich die Fläche an Hausumschwung pro Einwohner(-in).

### **Methodenkritik:**

Die Berechnung des Versorgungsgrades mit Erholungsflächen birgt verschiedene Kritikpunkte. Problematisch ist einerseits die Bestimmung des Angebots an Erholungsflächen. Dazu stellen sich unter anderem Fragen wie:

- Wann gilt ein Raum als Erholungsraum?
- Sind alle Freiräume automatisch Erholungsräume?
- Nach welchen Kriterien werden Freiräume unterschieden?

Freiräume können bezüglich ihrer Funktion unterschiedlich eingeteilt und bewertet werden. Die Zuweisung nach den in Grün Stadt Zürich (2005: 4f) festgelegten Freiraumtypen stellt nur eine mögliche Einteilung dar. Beispielsweise kann die Einteilung nach Nachfragesegmenten erfolgen, da junge Bevölkerungsschichten andere Freiräume nachfragen als ältere. Die Nichtberücksichtigung monofunktionaler Freiräume stellt einen weiteren Kritikpunkt dar, da z.B. Freibäder, je nach Interpretation, als Naherholungsraum gewertet werden können.

Auch ist die Zuweisung der Freiraumtypen nach Grün Stadt Zürich (2005: 4f) mit Schwierigkeiten verbunden, da viele Freiräume nicht eindeutig einer Kategorie zugewiesen werden können. Eine Wiese kann z.B. sowohl als quartierbezogener Freiraum als auch als offene Landschaft bewertet werden. Auch kann eine Grünfläche innerhalb eines Wohnumfelds als halbprivater Grünraum oder als quartierbezogener Freiraum interpretiert werden. Übergänge zwischen unterschiedlichen Freiraumtypen sind oft fliessend und dadurch schwierig objektiv zu beurteilen.

Ein weiterer Kritikpunkt der Methode betrifft die Verwendung der Kennzahlen. Die in Grün Stadt Zürich (2005: 4) verwendeten Werte über die Kapazitäten von Freiräumen, Mindestgrössen, maximale Entfernung, Gleichzeitigkeitsfaktor oder minimale Freiraumfläche pro Einwohner(-in) oder Beschäftigte(-n) sind heuristisch festgelegte Soll- und Kennwerte aus der Planungspraxis. Diese besitzen keine universale Gültigkeit und können je nachdem, welche Zielgrössen angestrebt werden, angepasst werden.

Weiter wird die Erreichbarkeit durch die Qualität des Netzwerk-Datensatzes bestimmt. Sind Wege oder Strassen darin nicht integriert, geht dies mit der Abnahme der Erreichbarkeit einher. Insbesondere Fussgänger können eine Vielzahl von Wegen benutzen, um ein Ziel zu erreichen. Die Vollständigkeit des Netzwerks ist damit schwierig zu bewerkstelligen.

Mit dem vorgenommenen Ansatz lässt sich weiter die räumliche Verteilung der Wohn- und Arbeitsbevölkerung nur ungenau abschätzen. Das Gebäudevolumen berücksichtigt dabei kei-

ne gesellschaftsspezifischen Unterschiede, da für alle Einwohner dasselbe Gebäudevolumen angenommen wird. Die gewählte Methodik zur Verortung der Wohn- und Arbeitsbevölkerung hat weiter den wichtigen Nachteil, dass Mischnutzungen unberücksichtigt sind, da jene Gebäude in der Bodenbedeckung AV nicht als solche gekennzeichnet sind. Ebenfalls unberücksichtigt bleiben die als Nebengebäude deklarierten Gebäude der Bodenbedeckung AV. Zudem beruht die Anzahl der Einwohner und Beschäftigten auf unterschiedlichen Jahreszahlen.

Die Berechnung des Versorgungsgrades hat auch den Nachteil, dass keine Unterscheidung zwischen der Distanz innerhalb eines Einzugsgebietes gemacht wird. So kann beispielsweise ein Wohngebäude, in 300 m Entfernung zu einem Freiraum, denselben Versorgungsgrad aufweisen wie ein Gebäude, welches sich direkt neben einem Freiraum befindet.

Schliesslich gilt zu betonen, dass der vorgestellte Ansatz keine Aussagen über die Qualität eines Freiraumes zulässt. Weder Ausstattung, visuelles Erscheinungsbild noch Aspekte der Sicherheit (sowohl im Freiraum selber, als auch auf dem Weg dazu) sind in den Berechnungen integriert. Wie in Abschnitt 2.3.3 erläutert sind jene Faktoren aber entscheidend, ob ein Freiraum aufgesucht wird.

### **4.3 Regulierung des Mikroklimas und der Luftqualität**

#### **Lokale Bedingungen in Schlieren:**

Schlieren liegt in einer gemässigten Klimazone des Schweizer Mittellands. Mit einer durchschnittlichen Jahrestemperatur von rund 10 °C und einem Jahresniederschlag um 1'000 mm finden sich typische mitteleuropäische Klimaverhältnisse ([www.meteoschweiz.ch](http://www.meteoschweiz.ch), 24.02.2012).

#### **Auswahl der Indikatoren und der Berechnungsmethode für Schlieren:**

Wie bereits aufgezeigt, ist die Erfassung des mikroklimatischen Einflussbereichs von Siedlungsfreiräumen komplex, da das Mikroklima von unterschiedlichen Prozessen und Parametern abhängt. Windgeschwindigkeiten oder Luftströmungen verändern sich z.B. je nach Anordnung und Höhe von Vegetation und Gebäuden. Auswirkungen von Grünräumen auf das Windverhalten sind folglich nur schwer zu bestimmen.

Einfacher zu realisieren sind die Berechnung der potentiellen Temperatursenkung durch Grünräume (Mathey et al. 2011: 51f). Die Abkühlung der Temperatur steht in Abhängigkeit zum Grünvolumen. Mit der Klimaerwärmung und der damit zusammenhängenden Häufung von städtischen Wärmeinseln ist mit einer Bedeutungszunahme der kühlenden Wirkung durch Grünräume zu rechnen. Folglich scheint die potentielle Abkühlung ein geeigneter Indikator, um den mikroklimatischen Einfluss von Siedlungsfreiräumen zu bestimmen.

Hinsichtlich der Luftqualität können Grünräume zu deren Verbesserung beitragen, indem sie Schadstoffe filtern und auffangen. Die Aufnahme gasförmiger Schadstoffe ist jedoch von untergeordneter Bedeutung, mit Ausnahme von Kohlenstoffdioxid (CO<sub>2</sub>). Die Aufnahme oder

Speicherung von CO<sub>2</sub> wird deshalb in der Literatur verschiedentlich als Indikator vorgeschlagen und angewandt, z.B. in der Studie des BAFU (Staub & Ott 2011: 82). CO<sub>2</sub> wird hauptsächlich durch Bäume aufgenommen. Da die Aufnahme linear vom Anteil der Baumbedeckung abhängig ist, wird gleichzeitig das Auffangen von Schadstoffen, wie Staubpartikel, mit berücksichtigt.

Um sowohl die mikroklimatische Regulierung, als auch die Luftqualität gleichzeitig mit einem Indikator zu berücksichtigen, kann das Grünvolumen beigezogen werden. Die Luftqualität wird dabei insofern beachtet, als das Grünvolumen massgeblich vom Baumanteil bestimmt wird. Da auch die maximale Abkühlungstemperatur einer Fläche vom Grünvolumen abhängig ist, ergeben sich zusätzliche Aussagemöglichkeiten zu den mikroklimatischen Einflüssen. Indirekt kann vom Grünvolumen zudem auf die schattenspendende Wirkung durch Bäume und die Windbeeinflussung geschlossen werden.

### Berechnungsmethode:

- Maximale potentielle Abkühlungstemperatur:

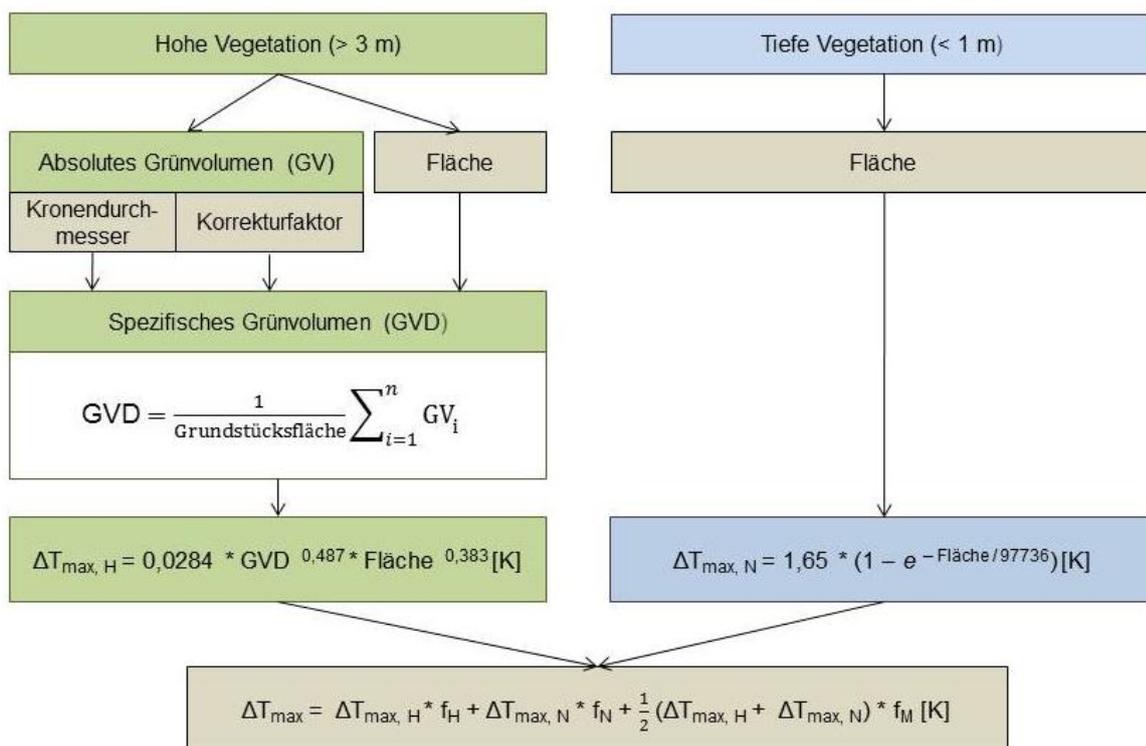


Abb. 8: Schematische Darstellung der wichtigsten Arbeitsschritte zur Berechnung der maximalen Abkühlungstemperatur durch Grünräume (nach Mathey et al. 2011: 70f)

Um das Abkühlungspotential durch Grünräume zu bestimmen, ist basierend auf Mathey et al. (2011: 51f) das Grünvolumen für hohe Vegetation (> 3 m) zu berechnen (Abb. 8). Die Unterteilung in „niedrige“, „mittlere“ und „hohe“ Vegetation, nach Arlt & Lehmann (2005: 21), findet sowohl in Mathey et al. (2011: 51f) als auch für die Erfassung der Grünraumtypologie Anwendung. Die Flächenanteile für „hohe“ Vegetation können deshalb der Grünraumtypologie entnommen werden.

Für die Berechnung des Grünvolumens hoher Vegetation ist es weiter notwendig einen Kronendurchmesser für Bäume festzulegen. Hierzu ist anzumerken, dass der Schliererwald als Buchenwald ausgewiesen ist ([www.gis.zh.ch](http://www.gis.zh.ch), 22.02.2012). Als Kronendurchmesser für Bäume werden deshalb 10 m angenommen (Bestätigung Wissen Hayek, 16.03.2012). Um eine Überschätzung des Grünvolumens zu vermeiden wird ein Kronenform-Korrekturfaktor für Laubbäume von 0,91 angewendet (Arlt & Lehmann 2005: 30).

Die potentielle Temperaturabkühlung nimmt mit der Fläche eines Grünraums zu. In der Grünraumtypologie sind nicht aneinandergrenzende Flächen desselben Typs als separate Flächen ausgewiesen. Dies ergibt den Nachteil, dass für nicht zusammenhängende Grünflächen eigene Abkühlungspotentiale berechnet werden. Beispielsweise resultiert dadurch für kleine Waldstücke, die durch Strassen vom übrigen Wald abgetrennt sind, ein geringeres Abkühlpotential, obschon diese von Wald umgeben sind.

Um jenem Problem zu entgehen werden Grünräume, die weniger als 4 m voneinander getrennt sind, zusammengefasst (Bestätigung Wissen Hayek, 16.03.2012). 4 m wird als vernachlässigbare Entfernung zwischen zwei Grünräumen desselben Typs gewertet, da kleinere Strassen, wie Waldstrassen oder Wege, nach der Strassenklassierung Vector25 eine Breite von maximal 4 m aufweisen (Swisstopo 2011: 11). Durch die Bildung eines Puffers um sämtliche Grünraumtypen, der Auflösung nach gleichen Grünraumtypen und der abermaligen Berechnung eines negativen Puffers werden die Daten in ArcGIS in den gewünschten Zustand gebracht. Darauf aufbauend kann nun für jeden Grünraumtypen die potentielle Temperaturabkühlung berechnet werden. Die weiteren Arbeitsschritte beschränken sich auf das Einsetzen der in Abb. 8 aufgeführten Formeln.

#### - Grünvolumen:

Alternativ können Aussagen über die mikroklimatische Regulierung durch Grünräume auch über das Grünvolumen abgeleitet werden. Jedoch liegt für diese Arbeit lediglich die Einteilung der Vegetationshöhen „niedrig“ (< 1 m), „mittel“ (1-3 m) und „hoch“ (> 3 m), nach Arlt & Lehmann (2005: 21), vor. Diese können weiter nach ihrer Höhe differenziert werden, z.B. für niedrige Vegetation in 0,1 m, 0,5 m und 0,8 m (Arlt et al. 2002, in: Arlt & Lehmann 2005: 31).

Eine Zuweisung unterschiedlicher Vegetationshöhen zu den Grünraumtypen scheint allerdings aufgrund fehlender Informationen und Kenntnisse wenig sinnvoll. Auch wird auf die Anwendung der in Arlt & Lehmann (2005: 33) erzielten Werte spezifischer Grünvolumen für verschiedene Stadtbiotop- und Stadtstrukturtypen verzichtet, da diese nur teilweise den für Schlieren erfassten Grünraumtypen zugeordnet werden können.

Um dennoch das Grünvolumen abschätzen zu können, werden für den Siedlungsraum vereinfacht folgende Vegetationshöhen verwendet:

- „Niedrige“ durchschnittliche Vegetationshöhe: 0,1 m
- „Mittlere“ durchschnittliche Vegetationshöhe: 2 m
- „Hohe“ Vegetation (Kronendurchmesser für Bäume): 10 m.

Da im Siedlungsgebiet niedrige Vegetation in den meisten Fällen als Rasenflächen auftritt, scheint eine Höhe von 0,1 m angemessen. Ausserhalb der Siedlung dagegen weichen die Vegetationshöhen von denen im Siedlungsgebiet ab. Für Wiesen, Weiden und Äcker wird deshalb eine Höhe von 0,8 m und für mittlere Vegetation (Feldgehölze und Hecken) eine Höhe von 3 m verwendet, basierend auf den Unterteilungen nach Arlt & Lehmann (2005: 31). Eine detaillierte Vegetationskartierung mit genauen Angaben über Flächenanteile und Höhen unterschiedlicher Vegetationsbedeckung ist für genaue Berechnungen jedoch unerlässlich.

- Aufnahme und Speicherung von CO<sub>2</sub>:

Für die Berechnung der Aufnahme und Speicherung von CO<sub>2</sub>, wird die in Abschnitt 2.3.4 aufgeführte Formel von Rowntree & Nowak (1991: 270) verwendet.

Der prozentuale Baumbedeckungsanteil wird der Grünraumtypologie entnommen, wobei für Wald vereinfacht ein Baumanteil von 100 Prozent festgelegt wird. Nach Rowntree & Nowak (1991: 270) ist die Aufnahme von CO<sub>2</sub> bei jungen Bäumen, mit einem geringen Stammdurchmesser, besonders hoch. Die Kategorie Feldgehölze ist deshalb ebenfalls zu berücksichtigen, wozu ein Baumanteil von 50 Prozent festgelegt wird (in der Literatur sind dazu jedoch keine Angaben zu finden).

### **Methodenkritik:**

Der verwendete Ansatz zur Berechnung der maximalen potentiellen Abkühlung durch Grünräume hat den Nachteil, dass keine Randeffekte von Grünräumen auf die Umgebungstemperatur berücksichtigt werden. Bei grossen Grünflächen kann dieser einige hundert Meter betragen. Da der Randeffekt von den vorherrschenden Windbedingungen bestimmt wird, ist das verwendete Modell am aussagekräftigsten bei stabilen, windstillen Verhältnissen (Mathey et al. 2011: 85).

Die abgeleiteten Funktionen beruhen auf Computer-Simulationen für das Fallbeispiel Dresden. Die Anwendung als generischer Ansatz ist deshalb kritisch zu betrachten. Die in den abgeleiteten Funktionen bestehende Abhängigkeit zwischen Abkühlungstemperatur und der Flächengrösse bewirkt ausserdem, dass die potentielle Abkühlungstemperatur theoretisch unendlich mit der Fläche anwachsen kann.

Ein wichtiger Punkt ist die Betrachtungsskala. Die mikroklimatischen Berechnungen sind auf die Gemeindegrenze von Schlieren begrenzt. Das hat zur Folge, dass zusammenhängende Flächen an der Gemeindegrenze abgetrennt werden. Dies wirkt sich auch auf die Flächengrösse aus, was wiederum die potentielle Abkühlung beeinflusst. Für weitere, generische Anwendungen empfiehlt sich, naturräumliche Grenzen den administrativen Grenzen vorzuziehen bzw. die Berechnungen über ein möglichst zusammenhängendes Gebiet durchzuführen.

Auch berücksichtigt der Ansatz lediglich die Abkühlung der einzelnen Grünräume und nicht des Gesamtsystems. Kaltluft- und Warmluftaustausch mit dem Umland bleiben dabei genauso ausser Acht gelassen, wie übergeordnete klimatische oder topographische Prozesse und Effekte. Die verwendeten Daten bergen weiter eine Reihe von Annahmen und Ungenauigkeiten.

So müssen Kriterien bestimmt werden, nach welchen eine Grünfläche als zusammenhängende Einheit betrachtet wird. Ob beispielsweise zwei Grünflächen, die durch eine Strasse getrennt sind, als homogene Fläche betrachtet werden oder nicht, beeinflusst die Fläche und somit das Abkühlungspotential.

Ein erheblicher Nachteil des Ansatzes ist, dass lediglich das Abkühlungspotential einzelner Grünraumtypen berechnet wird. Befindet sich beispielsweise ein Park neben einer Wiese, so wird das Abkühlungspotential einzeln berechnet. Demnach wäre das Abkühlungspotential grösser falls der Park durch eine Wiese ersetzt würde, da sich dadurch eine grössere Flächeneinheit für die Wiese ergäbe. Dies ist jedoch nicht plausibel.

Auch birgt das Grünvolumen erheblichen Berechnungsspielraum, da zu dessen Ermittlung Annahmen über die Höhe der Vegetation getroffen werden müssen. Je nach Art, Alter oder Gesundheitszustand einer Pflanze resultieren andere Grünvolumina. Gerade im Siedlungsraum sind z.B. eine Vielzahl unterschiedlicher Baumarten und Baumgrössen vorzufinden. In der Realität wird zudem der Wald nicht flächendeckend durch das Kronenvolumen abgedeckt.

Bei der Berechnung der CO<sub>2</sub>-Aufnahme besteht der Nachteil im Fehlen genauer Daten über die Anzahl Bäume, deren Alter, Grösse und Verortung. Deshalb müssen auch hierzu Annahmen getroffen werden. Die Grundfläche ist massgebend für die Bestimmung des Flächenanteils an Bäumen. Der Baumbedeckungsanteil für Schlieren wird dabei eher zu gering ausgewiesen, da Baumkronen vielfach über die Grundfläche eines Grünraumtyps hinausragen.

Ebenso unberücksichtigt bleiben Strassenbepflanzungen durch Bäume. Da Strassenbäume durch ihre Nähe zu Schadstoffquellen das Entweichen von Schadstoffen in die Atmosphäre verhindern können, relativiert sich jedoch diese Datenlücke, bezogen auf die Luftqualität.

## **4.4 Produktion von Nahrungsmitteln**

### **Lokale Bedingungen in Schlieren:**

War Schlieren bis Ende des 19. Jahrhunderts noch stark ländlich geprägt, so hat sich die Gemeinde bis heute zu einer Stadt entwickelt ([www.schlieren.ch](http://www.schlieren.ch), 24.01.2012). Dennoch sind bis in die Gegenwart landwirtschaftliche Flächen erhalten geblieben. Dies betrifft vor allem das Gebiet Schliererberg, sowie Flächen nahe der Limmat.

Wiesen, Weiden und Äcker bedecken rund 118 Hektaren, was ca. 18 Prozent der Gemeindefläche Schlierens entspricht. Nebst den agrarwirtschaftlich genutzten Flächen findet Nahrungsmittelproduktion zusätzlich in Privat- und Familiengärten statt.

### **Auswahl der Indikatoren und der Berechnungsmethode für Schlieren:**

Wie aus Abschnitt 2.3.5 hervorgeht, spielen für das Potential einer Fläche zur Nahrungsmittelproduktion sowohl Voraussetzungen für das Wachstum einer Pflanze (Klima, Relief und Bodeneigenschaften), als auch die Bewirtschaftungseignung eine Rolle. Für den Kanton Zürich sind landwirtschaftliche Flächen, ausserhalb des Siedlungsraumes, in landwirtschaftliche Nutzungseignungsklassen eingeteilt ([www.gis.zh.ch](http://www.gis.zh.ch), 04.02.2012). Innerhalb des Siedlungs-

raumes dagegen bestehen keine Informationen zur Nutzungseignung oder zu den Bodeneigenschaften.

Die Berechnung des Ertragspotentials nach Peeters et al. (2008: 75) ist für Schlieren ungeeignet, da dazu Daten über die Erträge vergangener Jahre erforderlich sind. Unterschiedliche Bewirtschaftungsformen (Ansaat, Maschineneinsatz und Düngemittel) verhindern zudem die Vergleichbarkeit des Produktionspotentials von Böden (Steger, schriftliche Mitteilung 09.01.2012).

Aus diesen Gründen müssen andere Indikatoren gewählt werden, um das Potential der Nahrungsmittelproduktion im Siedlungsraum zu bestimmen. Eine Möglichkeit besteht in der Berechnung der Hangneigung. Diese beeinflusst sowohl den Oberflächenabfluss, als auch den Abstand zum Grundwasserspiegel und ist somit massgeblich an den Bodeneigenschaften beteiligt. Auch werden Erosion und Akkumulation durch die Hangneigung beeinflusst (Kanton Zürich 2007). Nebst Limitierungen durch Bodeneigenschaften wird auch die Bewirtschaftungseignung von der Hangneigung bestimmt. Steile Hänge erschweren die mechanische Bewirtschaftung durch landwirtschaftliche Maschinen (Brunner et al. 1997: A5).

Zusätzlich zur Hangneigung wird die landwirtschaftliche Eignung durch weitere Parameter bestimmt. Diese umfassen nebst natürlichen Voraussetzungen auch vom Mensch geschaffene Strukturen. Sowohl die Grösse als auch die Form einer Bewirtschaftungsfläche entscheidet über deren landwirtschaftliche Eignung. Wenig kompakte Flächeneinheiten, mit einem hohen Verästelungsgrad, erfordern z.B. einen höheren Arbeitsaufwand, wodurch die Produktionskosten steigen. Form und Grösse von Flächen können durch das Verhältnis des Umfangs zur Flächengrösse ausgedrückt werden. Grosse und kompakte Flächen erhalten dadurch eine höhere Gewichtung, als kleine, verzweigte Flächen.

### **Berechnungsmethode:**

#### - Landwirtschaftliche Nutzungseignung von Flächen:

Die Einteilung der Landwirtschaftsflächen in Eignungsklassen entstammt dem Datensatz „landwirtschaftliche Nutzungseignung“ des Kantons Zürich ([www.gis.zh.ch](http://www.gis.zh.ch), 11.01.2012). Die Eignungswerte liegen allerdings, wie erwähnt, nur ausserhalb des Siedlungsraumes vor.

#### - Hangneigung:

In ArcGIS kann die Steigung auf Grundlage des digitalen Höhenmodells DHM25 (Zellgrösse 25x25 m) berechnet werden. Die Berechnung der Steigung erfolgt, indem die maximale Änderungsrate einer Zelle zu ihren acht Nachbarzellen ermittelt wird. Daraus ergibt sich die maximale Steigung der betrachteten Zelle. Dieser Vorgang wird über das gesamte Raster für jede Zelle durchgeführt (Burrough & McDonnell 1998, in: Esri 2011).

Die Steigung ergibt sich durch Anwendung folgender Formel:

$$\text{Steigung} = \arctan \sqrt{\left(\frac{\partial z}{\partial x}\right)^2 + \left(\frac{\partial z}{\partial y}\right)^2}$$

Die Formeln zur Berechnung der Änderungsraten, sowohl in x-Richtung ( $\frac{\partial z}{\partial x}$ ) als auch in y-Richtung ( $\frac{\partial z}{\partial y}$ ) sind:

$$\frac{\partial z}{\partial x} = \frac{(c + 2f + i) - (a + 2d + g)}{8 * x \text{ Zellengrösse}} \qquad \frac{\partial z}{\partial y} = \frac{(g + 2h + i) - (a + 2b + c)}{8 * y \text{ Zellengrösse}}$$

Die in den Formeln verwendeten Variablen beziehen sich dabei auf die Nachbarzellen einer berechneten Zelle *e*, die in Abb. 9 aufgeführt sind:

<i>a</i>	<i>b</i>	<i>c</i>
<i>d</i>	<i>e</i>	<i>f</i>
<i>g</i>	<i>h</i>	<i>i</i>

Abb. 9: Bezeichnung der Nachbarzellen (Burrough & McDonnell 1998, in: Esri 2011)

Anschliessend wird für jede zusammenhängende Landwirtschaftsfläche die durchschnittliche, flächengewichtete Hangneigung berechnet. Die Hangneigungsklassierung erfolgt auf Basis der von der Eidgenössischen Forschungsanstalt für Agrarökologie und Landbau vorgenommenen Einteilung der Nutzungseignung (Brunner et al. 1997: A5).

Dazu werden acht Hangneigungsklassen unterschieden. Hangneigungen für landwirtschaftliche Flächen von über 50 Prozent sind in Schlieren jedoch kaum vorhanden und deshalb in Tab. 15 nicht aufgeführt.

Tab. 15: Einteilung der Nutzungseignung nach Hangneigungsklassen (nach Brunner et al. 1997: A5)

Hangneigung	0-10 %	10-15 %	15-25 %	25-35 %	> 35 %
Ackerbau:					
- Hackfruchtbau	ohne wesentliche Einschränkung	erschwert	stark erschwert	stark erschwert	
- Getreidebau		leicht erschwert	erschwert		
- Kunstfutterbau		ohne wesentliche Einschränkung	erschwert		
Naturfutterbau:					
- Mähwiese	ohne wesentliche Einschränkung		leicht erschwert	erschwert	stark erschwert
- Weide	Grossviehweide (Kühe)				Gross-, Jung- oder Kleinviehweide (Rinder, Schafe, Ziegen)

- Kompaktheit und Grösse:

Für die Berücksichtigung der Form und Grösse einer Bewirtschaftungsfläche dient das Verhältnis des Umfangs zur Fläche als Masszahl. Sowohl Fläche als auch Umfang lassen sich in ArcGIS (calculate geometry) berechnen. Die Berechnung wird für sämtliche zusammenhängende Polygone durchgeführt.

Flächen, welche z.B. durch Gewässer oder Strassen getrennt sind werden einzeln betrachtet. Diese Festlegung stützt sich auf Grosskopf (2005: 33), wonach die Zerschneidung von Flächen durch Strassen oder Geleise die Bewirtschaftungseignung für die Landwirtschaft herabsetzt, da dadurch die Bearbeitung mit landwirtschaftlichen Maschinen erschwert wird. Da in der Literatur keine Klasseneinteilung vorhanden ist, erfolgt vergleichshalber (wie für die Hangneigung) eine Einteilung in fünf Klassen, nach der Natural Breaks-Methode.

- Belastete Standorte:

Weiter muss abgeklärt werden, ob auf potentiell für die Nahrungsmittelproduktion geeigneten Flächen belastete Standorte vorzufinden sind. Belastete Flächen können die landwirtschaftliche Eignung einschränken oder gar verhindern. Für den Kanton Zürich liegen diese Informationen als Kataster der belasteten Standorte und Altlastenverdachtsflächen vor ([www.gis.zh.ch](http://www.gis.zh.ch), 04.02.2012). Hierzu werden vier Klassen von belasteten Standorten unterschieden:

1. Belasteter Standort ohne schädliche oder lästige Einwirkungen
2. Bei Zustandsänderung untersuchungsbedürftiger belasteter Standort
3. Prioritär untersuchungsbedürftiger Standort
4. Untersucher belasteter Standort

Belastete Standorte der Klassen 3 und 4 sind in den resultierenden Karten separat visualisiert.

- Familien- und Privatgärten:

Bezüglich der Familien- und Privatgärten stellt sich die Frage, inwiefern diese sich für die Nahrungsmittelproduktion eignen. Für die agrarwirtschaftliche Landwirtschaft sind Gärten ungeeignet, da sie aufgrund ihrer kleinstrukturierten Form für landwirtschaftliche Maschinen nicht oder nur schwierig passierbar sind.

Ausserdem ist aus den vorhandenen Daten nicht ersichtlich, ob und in welchem Masse Privat- oder Familiengärten landwirtschaftlich genutzt werden. In der Visualisierung potentieller Flächen zur Nahrungsmittelproduktion sind Familien- und Privatgärten deshalb separat aufgeführt.

### **Methodenkritik:**

Ein Defizit des aufgezeigten Ansatzes im Siedlungsraum ergibt sich durch das Fehlen von Informationen bezüglich der Bodeneigenschaften. Dadurch bleiben grundlegende Parameter unbeachtet. Die Potentialberechnung mittels Hangneigung kann die fehlenden Informationen dabei nur ungenügend kompensieren. Durch Anwendung der Hangneigung als Eignungsindi-

kator ergibt sich zudem die Gefahr, dass Flächen mit einer tiefen Hangneigung als landwirtschaftlich bedeutend ausgeschieden werden, obschon diese isoliert gelegen sind.

Die Berechnung der Bewirtschaftungseignung birgt ebenfalls Kritikpunkte. Einerseits ist die Landwirtschaft laufenden Veränderungen ausgesetzt. So können Anforderungen an die Bewirtschaftung, als auch die technischen Bearbeitungsmöglichkeiten ändern. Andererseits werden durch Strassen getrennte Flächen als separate Einheiten angesehen. Differenzierungen in der Befahrbarkeit durch landwirtschaftliche Fahrzeuge (Mindestbreite einer Strasse) oder in der Dichte des Verkehrs (Anzahl Fahrzeuge) bleiben somit unbeachtet.

Die Indikatoren sind aus einer produktionstechnischen Sicht gewählt. Soziale, identitätsstiftende oder erholungsfunktionale Qualitäten der Nahrungsmittelproduktion werden deshalb mit den genannten Indikatoren und Ansätzen nicht abgedeckt.

## 4.5 Soziale und identitätsstiftende Qualität

### Lokale Bedingungen in Schlieren:

In den letzten Jahren erfolgte in Schlieren eine starke Bevölkerungszunahme. Der Ausländeranteil liegt zudem bei hohen 43,6 Prozent (Statistisches Amt Kanton Zürich 2011). Dennoch lassen die über 100 Vereine, sowie die zahlreich stattfindenden öffentlichen Anlässe auf ein aktives Gemeindeleben und eine hohe örtliche Identifikation der Bevölkerung mit Schlieren schliessen ([www.schlieren.ch](http://www.schlieren.ch), 05.01.2012).

Die sozialen und identitätsstiftenden Qualitäten eines Raumes werden gestärkt durch Landschaftselemente, welche als ästhetisch schön empfunden werden oder mit denen Erinnerungen und Geschichten verbunden sind (Stephenson 2008: 128). Dazu gehören z.B. historische Gebäude oder natürliche Landschaftselemente. Sowohl für Gebäude als auch Naturobjekte besteht in Schlieren ein Schutzinventar. Das Bauteninventar unterscheidet zwischen kommunalen und kantonalen Baudenkmälern. Das kommunale Inventar für Natur- und Landschaftsschutzobjekte beinhaltet u.a. Bäume, Magerwiesen, Hecken, Wald, Gewässer oder Landschaften und unterscheidet zwischen „bemerkenswerten“, „wertvollen“ und „sehr wertvollen“ Objekten. Diese können nebst ökologischen Aspekten auch aus kulturellen, historischen oder ästhetischen Gründen aufgeführt sein ([www.schlieren.ch](http://www.schlieren.ch), 07.02.2012).

### Auswahl der Indikatoren und der Berechnungsmethode für Schlieren:

Soziale und identitätsstiftende Qualitäten lassen sich anhand der ästhetischen Nutzenstiftung durch Freiräume berechnen. Die „Identifikationsermöglichung durch schöne und charakteristische Landschaften (Natur- und Kulturerbe)“ wird vom BAFU als eine der finalen Ökosystemleistungen aufgeführt (Staub & Ott 2011: 82).

Die Wahl der Indikatoren dagegen erweist sich als schwierig, da sich ästhetische Werte nur schwer in Zahlen fassen lassen. Eine Möglichkeit besteht in der Berechnung der Sichtqualität, welche technisch in ArcGIS mittels einer Sichtbarkeitsanalyse realisiert werden kann und sich dabei auf die identitätsstiftenden Qualitäten von Freiräumen bezieht.

Eine Alternative bietet die Ermittlung der ästhetischen Qualitäten über die Entfernung zu einem Freiraum, wodurch eher die sozialen Qualitäten von Freiräumen, z.B. als Begegnungsraum, berücksichtigt werden. Allerdings ergeben sich Redundanzen mit der Berechnung der erholfunktionalen Versorgung, für welche ebenfalls die Distanz als Indikator dient. Nachfolgend wird auf beide Indikatoren eingegangen.

### **Berechnungsmethode:**

- Sicht auf ästhetische Freiräume:

- Ästhetisches Potential:

Um die Qualität der Sicht zu beurteilen muss festgelegt werden, welche Landschaften oder Landschaftselemente durch ihre Betrachtung einen ästhetischen Wert erzeugen. Dabei ist zu differenzieren zwischen dem Nah- und dem Tiefenraum des Blickfeldes (Nohl 2001: 126).

Eine bezüglich des Tiefenraumes wichtige Landschaftsbildkomponente ist z.B. die Aussicht auf Berge. Diese spielt für Schlieren aber nur eine untergeordnete Rolle, da die südlich und nördlich verlaufenden Hügelketten die Sicht auf die Alpen grösstenteils verhindern. Basierend auf Nohl (2001: 126) werden für Schlieren folgende ästhetische Elemente des Tiefenraumes (> 800 m) festgelegt:

Tab. 16: Landschaftselemente hinsichtlich des ästhetischen Potentials des Tiefenraumes

Ästhetische Elemente des Tiefenraumes	
▪ Gewässer und Uferbereich	▪ Parkanlagen, öffentliche Freiflächen
▪ Wiese, Weide, Äcker	▪ Wald
▪ Feldgehölze, Hecken	

Als ästhetisch besonders attraktiv gelten Landschaftselemente wie alte Einzelbäume, Weiher, naturnahe Bachläufe, Baudenkmäler und gut erhaltene Kulturlandschaften (Nohl 2001: 135). Diese sind für den Nahraum einer Sicht relevant. Zur Beurteilung der Sichtqualität des Nahraumes (< 800 m; Nohl 2001: 124) kann dazu das Inventar der Bauten und der Natur- und Landschaftsschutzobjekte Schlierens beigezogen werden.

Für geschützte Objekte wird angenommen, dass diese gleichzeitig eine hohe ästhetische Attraktivität aufweisen, da beispielsweise ein hoher ökologischer Wert auch den ästhetischen Wert beeinflusst. Freiräume (ohne Baumbestand) können dabei als Nutzenstifter dienen, indem sie die Sicht auf ästhetische Elemente freihalten. Die hohe Bedeutung der Sicht auf Gewässer wird verschiedentlich in der Literatur (Bourassa et al. 2004: 1430) aufgezeigt, weshalb Gewässern ein ebenso hoher ästhetischer Wert zugewiesen wird.

Die Grünraumtypen Feldgehölze und Hecken, Parkanlagen und öffentliche Freiflächen, sowie Wiesen, Weiden und Äcker lassen sich einem mittleren ästhetischen Potential zuteilen, da ihre Naturnähe als weniger stark beurteilt wird (Nohl 2001: 113). Da der Wald sowohl auf den südlichen als auch den nördlichen Hügelketten dominiert, wird die Sicht auf den Wald weniger hoch gewichtet, sofern dieser überhaupt in das Blickfeld des Nahraumes fällt.

Elemente welche die Sichtqualität ästhetisch beeinträchtigen, wie breite Strassen (Nohl 2001: 140), werden von der Analyse ausgeschlossen, da sie objektiv nur schwierig festzulegen sind. Bahngeleise können z.B. von der Bevölkerung sowohl als beeinträchtigend, als auch als bereichernd wahrgenommen werden (Wissen Hayek, mündliche Mitteilung 23.02.2012).

Grünräume in Privatgärten, halbprivatem Wohnumfeld, Sportplätzen, Familiengärten oder Verkehrsgrün werden für die Sichtqualität nicht in die Berechnung mit einbezogen, da über die visuelle Transparenz kaum Aussagen abgeleitet werden können. Beispielsweise bestehen keine Angaben darüber, ob ein Privatgarten von einer sichteinschränkenden Mauer umgeben ist. Die Einteilung der Elemente nach ästhetischem Potential für den Nahraum ist in Tab. 17 aufgeführt:

Tab. 17: Landschaftselemente hinsichtlich des ästhetischen Potentials des Nahraumes

Ästhetisches Potential	Ästhetische Elemente des Nahraumes	Schutzstatus, Qualität
Hohes Potential	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Geschützte Bäume und Naturobjekte</li> <li>▪ Geschützte Gebäude</li> </ul>	sehr wertvoll, wertvoll kantonal
	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Gewässer und Uferbereich</li> </ul>	naturnah
Mittleres Potential	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Geschützte Bäume und Naturobjekte</li> <li>▪ Geschützte Gebäude</li> </ul>	bemerkenswert kommunal
	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Wiese, Weide, Äcker</li> <li>▪ Feldgehölze, Hecken</li> <li>▪ Parkanlagen, öffentliche Freiflächen</li> <li>▪ Wald</li> </ul>	eingeschränkt naturnah

- Sichtbarkeitsanalyse:

Für die Berechnung der Sichtbarkeit wird in ArcGIS eine Sichtbarkeitsanalyse (viewshed analysis) durchgeführt. Die Sichtbarkeitsanalyse bestimmt sämtliche Zellen, die von den eingegebenen Beobachtungspunkten (observation points) aus gesehen werden können.

Da die Berechnung des Sichtfelds von allen möglichen Beobachtungspunkten aus eine hohe Rechenzeit erfordert, wird dieses von den betrachteten Punkten aus berechnet. Diese Vorgehensweise beruht auf der Annahme eines reziproken Sichtfelds, wonach für einen Landschaftspunkt, der von einem Beobachtungspunkt aus gesehen werden kann umgekehrt gilt, dass von diesem aus auch die Sicht auf den Beobachtungspunkt möglich ist (Vogel 2005: 55). Wheatley & Gillings (2000, in: Vogel 2005: 55) zeigen, dass die Unterschiede zwischen der Sicht von einem Beobachtungspunkt und der Sicht zu einem Beobachtungspunkt minimal sind.

Weil die Sichtqualität mit der Entfernung abnimmt, werden nach Nohl (2001: 124) Radien von 800 m für den Nahraum verwendet. Für den Tiefenraum wird die Sicht für eine Distanz zwischen 800 m und 3000 m berechnet (Tassinari & Torreggiani 2006: 13).

Als Beobachtungspunkte sind in ArcGIS nur Linien oder Punkte erlaubt. Deshalb werden für den Nahraum Polygone in ein 10x10 m breites Raster umgewandelt und anschliessend zu

Punkten konvertiert. Da für den Tiefenraum lediglich grossflächige Elemente wahrgenommen werden (Nohl 2001: 126), wird dafür eine Zellgrösse von 100x100 m festgelegt. Aus Sicht des Betrachters wird mit einer Offsethöhe von 1,7 m gerechnet, was in etwa der mittleren Körpergrösse in Mitteleuropa entspricht (www.destatis.de, 11.03.2012). Für geschützte Bäume wird eine Höhe von 15 m festgelegt. Dies entspricht der durchschnittlichen Höhe der im Siedlungsraum häufig vorkommenden Eiche, nach 20 Jahren (www.baumkunde.de, 15.03.2012).

Da eine Sicht über administrative Grenzen hinaus reicht, die Grünraumtypologie aber lediglich für Schlieren vorliegt, müssen zusätzliche Daten beigezogen werden. Dazu werden die im Datensatz „Primärflächen Vector25“ kategorisierten Gewässer-, Wald-, Landwirtschafts-, Erholungs-, Reserve- und Freiflächen als ästhetische Elemente festgelegt. Geschützte Natur- und Kulturobjekte dagegen sind ausserhalb Schlierens nicht berücksichtigt.

- Oberflächenmodell:

Für die Sichtbarkeitsanalyse ist ein digitales Oberflächenmodell (DOM) erforderlich, in welchem die Höhe von Bauten und Vegetation integriert ist. Da kein DOM für diese Arbeit zur Verfügung steht, wird ein generalisiertes Oberflächenmodell hergeleitet.

Als Grundlage dient das digitale Höhenmodell DHM25. Die ungefähren Gebäudehöhen wurden bereits für die Berechnung der erholungsfunktionalen Versorgung (Abschnitt 4.2) erstellt und können für die Sichtbarkeitsanalyse übernommen werden. Für Gebäude ausserhalb der Gemeindegrenze werden die Gebäudegrundrisse aus „Gebäude Vector25“ und die Gebäudehöhen aus „SwissBuildings3D“ verwendet. Für die Vegetation werden folgende Standardhöhen festgelegt:

Tab. 18: Standardhöhen Vegetation

Grünraumtyp	festgelegte Standardhöhe
Wald	26 m
Feldgehölze und Hecken	3 m

Die Standardhöhe für Wald entstammt dem digitalen Oberflächenmodell Basel-Stadt (Grundbuch und Vermessungsamt Basel-Stadt 2005). Gleich wie in Schlieren, besteht in Basel ein Grossteil des Waldes aus Buchen (Burnand & Hasspacher 1999, in: Amt für Wald beider Basel 2012). Für Feldgehölze und Hecken wird eine Höhe von 3 m angenommen, was der mittleren Höhe von Niederhecken entspricht (Berchtold et al. 2004: 2). Diese Höhe wird auch für die Berechnung des Grünvolumens verwendet.

- Distanz zu ästhetischen Elementen:

- Ästhetisches Potential:

Nebst der Sicht können ästhetische Qualitäten über die Distanz zu einem Freiraum ermittelt werden. Dazu muss das distanzbezogene ästhetische Potential von Freiräumen eruiert werden. Nach Bagstad et al. (2011: 32) ist hierbei zu unterscheiden zwischen der Qualität und der Art eines Freiraums. Für die Berücksichtigung der Qualität kann wiederum das Inventar für Na-

tur- und Landschaftsschutzobjekte beigezogen werden. Ebenso wird die Annahme übernommen, dass die inventarisierten Objekte gleichzeitig ästhetische Qualitäten aufweisen. Die Art der ästhetischen Elemente wird unterteilt in naturnahe und bewirtschaftete Flächen (Bagstad et al. 2011: 32).

Als naturnah eingeteilt wird der Wald, sowie Gewässer und Uferbereiche (Tab. 19). Anders als bei der Berechnung der Sichtqualität, ist das distanzbezogene ästhetische Potential des Waldes höher zu gewichten. Dies, weil dem Aufenthalt im Wald ein höherer ästhetischer Wert beigemessen wird, als der Betrachtung aus einer Entfernung (Bagstad et al. 2011: 36, 39).

Als bewirtschaftete Flächen werden Parkanlagen und öffentliche Freiflächen, Wiesen, Weiden und Äcker eingeteilt. Flächen mit einem hohen Grünanteil, wie Privatgärten, halbprivates Wohnumfeld, Familiengärten, Grünanlagen öffentlicher Gebäude, Verkehrsflächen, sowie Sportplätze können ebenfalls ästhetische Werte aufweisen. Diese Werte können über die Distanzberechnung mit berücksichtigt werden. Ihnen wird jedoch eine untergeordnete ästhetische Bedeutung zugewiesen, da sie privat genutzt werden oder zweckbestimmt und dadurch nur beschränkt zugänglich sind.

Tab. 19: Landschaftselemente hinsichtlich des distanzbezogenen ästhetischen Potentials

Ästhetisches Potential	Distanzbezogene ästhetische Elemente	Schutzstatus, Qualität
Hohes Potential	▪ Geschützte Bäume und Naturobjekte	sehr wertvoll, wertvoll
	▪ Wald ▪ Gewässer und Uferbereich	naturnah
Mittleres Potential	▪ Geschützte Bäume und Naturobjekte	bemerkenswert
	▪ Wiese, Weide, Äcker ▪ Feldgehölze, Hecken ▪ Parkanlagen, öffentliche Freiflächen	bewirtschaftet
Tiefes Potential	▪ Privatgärten ▪ Halbprivates Wohnumfeld ▪ Grünanlagen öffentlicher Gebäude ▪ Sportplätze ▪ Familiengärten ▪ Verkehrsanlagen	

▪ **Verwendete Entfernung:**

Nach Bagstad et al. (2011: 36) nimmt der ästhetische Wert linear, mit zunehmender Distanz zu einem Grünraum, ab. Vergleichshalber werden die bereits für die Berechnung der erholfunktionalen Versorgung benutzten maximalen Entfernungen von 200 m und 400 m verwendet (Grün Stadt Zürich 2006: 92).

Zusätzlich wird eine dritte Kategorie mit einer Entfernung von 50 m gebildet, da vor allem für immobile Einwohner geringe Distanzen von hoher Bedeutung sind (Schipperijn et al. 2010: 31). Das für die Berechnung der Erholung verwendete Netzwerk kann übernommen werden,

da dieselben Voraussetzungen gelten. Dazu gehören die Berechnung der fussläufigen Entfernung und die Berücksichtigung von Hindernissen zu einem ästhetischen Objekt.

### **Methodenkritik:**

Eine objektive Einteilung und Gewichtung von Landschaftselementen, hinsichtlich des ästhetischen Potentials, ist kaum möglich. Mag z.B. einer Person ein Gebäude als unbedeutend erscheinen, so ist dieses für eine andere von ästhetisch hohem Wert. Die Gewichtung des ästhetischen Potentials ist deswegen kritisch zu hinterfragen.

Auch die generische Anwendung der Methode ist fraglich, da ästhetische Vorstellungen je nach Ort differieren. Da ausserdem im verwendeten Ansatz die soziale und identitätsstiftende Qualität von den inventarisierten Schutzobjekten abhängt, wäre die Qualität in Gemeinden mit grosszügiger Aufnahme von Objekten in das Schutzinventar besser, als an Orten mit einer strengeren Handhabung. Bezüglich der Distanz zu ästhetischen Elementen ist zusätzlich die festgelegte maximale Entfernung zu hinterfragen. Diese richtet sich einzig nach den festgelegten Sollwerten und beruht auf keinen objektiven Werten.

Aus technischer Sicht sind zwei Aspekte zu kritisieren. Einerseits bildet das erzeugte DOM die Realität nur ungenau ab. Verschiedene Oberflächenerhebungen, wie Einzelbäume, sind im DOM nicht integriert, wodurch das Resultat in seiner Qualität beeinträchtigt wird. Auch die Verwendung von Standardhöhen bildet die Realität nur ungenügend ab.

Andererseits macht die Sichtbarkeitsanalyse keine Angaben über die Sicht aus einem Gebäude. Für die Bewertung der Sichtqualität ist lediglich die Höhe von 1,7 m über Grund massgebend. Unterscheidungen in der Höhe von Gebäuden, beispielsweise nach Stockwerken, bleiben unberücksichtigt. Für den Grossteil der Bevölkerung sind jene Perspektiven aber nicht einnehmbar, sodass sich diese Einschränkung für eine Analyse auf Gemeindeebene relativiert. Auch fliessen keine sichtbeeinträchtigenden Faktoren, z.B. durch unästhetische und störende Landschaftselemente oder durch Dunst von Abgasen, in die Berechnungen mit ein.

## **4.6 Biodiversität**

### **Lokale Bedingungen in Schlieren:**

Eine Situationsanalyse zum ökologischen Potential des Limmattals findet sich im regionalen Landschaftsentwicklungskonzept Limmattal (LEK 2003: 15). Darin werden Flächen entlang der Limmat und bei Zuflüssen als potentiell geeignete Feuchtgebiete beschrieben. In Form von Auen oder naturnahen Ufern können jene Gebiete eine Vielzahl von seltenen Tieren und Pflanzen beherbergen. Auch an die Limmat oder an die Zuflüsse angrenzende Naturobjekte weisen ein hohes ökologisches Potential auf und tragen dadurch zur Biodiversität bei.

Ausserdem bieten höher gelegene und hügelige Gebiete potentielle Lebensräume als Trocken- und Magerwiesen (LEK 2003: 16). Ökologisch wertvolle Habitats, wie Magerwiesen oder Ruderalflächen, sind im Inventar für Natur- und Landschaftsschutzobjekte Schlierens aufgeführt ([www.schlieren.ch](http://www.schlieren.ch), 07.02.2012).

### **Auswahl der Indikatoren und der Berechnungsmethode für Schlieren:**

Die Berechnung von Biodiversität im Siedlungsgebiet ist schwierig durchzuführen, da weder Informationen über die Anzahl Arten oder Individuen, noch über die strukturellen Gegebenheiten der Vegetation oder der Zugänglichkeit von potentiellen Habitaten vorliegen. Räumliche Masszahlen, z.B. über Grösse und Form, können nur dann angewendet werden, wenn Habitatflächen bekannt sind.

Diversitätsindizes, wie der Shannon-Wiener Index, haben den Nachteil, dass sie keine räumlichen Aussagen z.B. über die Konnektivität von Habitaten zulassen. Da je nach Art unterschiedliche Lebensraumsansprüche gestellt werden, können potentielle Habitats nicht mit un bebauten Flächen gleichgesetzt werden. Manche Arten haben sich gar menschliche Bauten als Lebensraum angeeignet, andere wiederum bevorzugen z.B. trockene oder feuchte Standorte.

Wie in Abschnitt 2.3.7 bereits aufgezeigt, wird die Qualität von Habitaten bezüglich ihrer Biodiversität von der Grösse, der Struktur, dem Alter und der Konnektivität der Lebensräume beeinflusst. Da wenige Informationen über Struktur, Alter und Grösse der Habitats vorhanden sind, wird die Habitatsqualität über die Konnektivität ermittelt. Dies lässt sich an spezifischen Leitarten aufzeigen, welche als repräsentativ für einen Lebensraum gelten. Ihr Vorkommen lässt Schlüsse zu über die Qualität der Habitats und der Existenz weiterer Arten (www.agroscope.ch, 02.03.2012). Im regionalen Landschaftsentwicklungskonzept Limmattal sind mögliche Leitarten für das Limmattal aufgeführt (LEK 2003: 28). Aussagen über die Biodiversität, abgeleitet aus der Konnektivität von Habitaten für Leitarten, bieten sich somit auch aus planungs-politischer Sicht an.

### **Berechnungsmethode:**

- Auswahl der Leitart:

Die im regionalen Landschaftsentwicklungskonzept aufgelisteten Leitarten sind: Neuntöter (*Lanius collurio*), Sumpfrohrsänger (*Acrocephalus palustris*), Feldhase (*Lepus europaeus*), Zauneidechse (*Lacerta agilis*), kleiner Wasserfrosch (*Rana lessonae*), gebänderte Prachtlibelle (*Calopteryx splendens*) und Schachbrettfalter (*Melanargia galathea*). Ausserdem aufgeführt sind Pflanzenarten, wie z.B. die aufrechte Trespe (*Bromus erectus*) oder die Kohldistel (*Cirsium oleraceum*) (LEK 2003: 28f).

Die Auswahl der Leitarten für Schlieren ist so zu treffen, dass möglichst unterschiedliche Lebensräume abgedeckt sind. Nur so können Aussagen über den Zustand der Biodiversität abgeleitet werden. Ausserdem soll die Leitart hinsichtlich der in dieser Arbeit verwendeten Skala modellierbar sein. Arten mit kleinstrukturierten Anforderungen, z.B. an das Vorhandensein von Totholz oder Trockenmauern, sind für die Habitatsmodellierung ungeeignet. Für den Siedlungsraum ist diese Einschränkung jedoch entscheidend, da dort vor allem kleine Tierarten, die auf kleinstrukturierte Gegebenheiten angewiesen sind, vorkommen.

Nachfolgend wird der Fokus auf die Leitarten kleiner Wasserfrosch (*Rana lessonae*) und Schachbrettfalter (*Melanargia galathea*) gesetzt. Diese Arten eignen sich für die Modellierung, da sie zwei unterschiedliche, sich ergänzende Habitatsansprüche stellen (Feucht- bzw. Trockenstandorte). Zudem finden sich in der Literatur (vgl. Tab. 20 und Tab. 21) Angaben zu

Flächenansprüchen oder Maximaldistanzen, was die Modellierung hinsichtlich der Konnektivität vereinfacht. Die Lebensraumansprüche der ausgewählten Leitarten sind in Tab. 20 und Tab. 21 aufgeführt.

Tab. 20: Lebensraum des kleinen Wasserfroschs

Kleiner Wasserfrosch ( <i>Rana lessonae</i> )	
 <p>(www.karch.ch, 08.02.2012)</p>	
Lebensraum:	<p>Der kleine Wasserfrosch bewohnt Gebiete unterhalb 1'000 m. ü. M. mit permanenten, stillstehenden Gewässern aller Art, vor allem vegetationsreichen Teichen, Weihern oder Gräben, die an Grünland grenzen. Sonnige Standorte mit ausreichend Kraut- und Gehölzschichten werden bevorzugt (Sowig et al. 2007: 480).</p> <p>Für die Nahrungssuche kann er sich in grössere Entfernung zum Gewässer begeben (&gt; 500 m). Die Landlebensräume umfassen Sümpfe, Feldgehölze, Ufergehölze, Feuchtwiesen oder Auenwälder (Sowig et al. 2007: 481f).</p> <p>Auch Wanderungen finden regelmässig statt. Vor allem während der Paarungszeit kann das Aufenthaltsgewässer gewechselt werden. Eine gute Konnektivität zwischen Feuchtgebieten ist deshalb wichtig (LUBW 2009: 1). Überwintert wird an Land, wobei Überwinterungsquartiere bis zu mehreren Kilometern von den Laichgewässern entfernt sein können. Von März bis April erfolgt die Rückwanderung zu den Laichgebieten (www.karch.ch, 08.02.2012).</p>

Tab. 21: Lebensraum des Schachbrettfalters

Schachbrettfalter ( <i>Melanargia galathea</i> )	
 <p>(www.schmetterling-raupe.de, 08.02.2012)</p>	
Lebensraum:	<p>Schachbrettfalter leben in trockenen, offenen Grasflächen. Bevorzugte Standorte sind Magerwiesen, Böschungen und Bahndämme, blütenreiche Ruderalflächen und extensiv bewirtschaftete Wiesen.</p> <p>Die Mindestfläche, welche ein Schachbrettfalter benötigt, liegt bei ca. 2'000 m<sup>2</sup>. Distanzen zwischen zwei Habitaten sollten geringer sein als 500 m (Vandewoestjine et al. 2004: 585).</p>

- Potentielle Habitate:

Ausgehend von den in Tab. 21 aufgeführten Habitatsansprüchen werden für den Schachbrettfalter als potentielle Lebensräume festgelegt: (1) Inventarisierte Magerwiesen und Ruderalflächen, (2) in der Grünraumtypologie erfasste Brachflächen, (3) der landwirtschaftlichen Nutzungseignungsklasse extensives Wies-, Weid- und Streuland zugeteilte Flächen, sowie (4) in der Bodenbedeckung AV ausgewiesene Böschungen im Bereich der Bahn und des Limmatufers. Isolierte Flächen  $< 2'000 \text{ m}^2$  bleiben unberücksichtigt (Vandewoestjine et al. 2004: 585). Der Blütenreichtum von Böschungen oder Ruderalflächen kann jedoch nicht beurteilt werden. Auch ist aus den vorhandenen Daten nicht ersichtlich, welche landwirtschaftlich genutzten Gebiete extensiv bewirtschaftet sind.

Für den kleinen Wasserfrosch werden als potentielle Habitate, basierend auf Aussagen von Amphibienexperten (Anhang C), (1) stehende Gewässer bestimmt. Nicht als Strassen ausgewiesene Flächen, in einem Puffer von 5 m um ein stehendes Gewässer, werden als Uferbereich ebenfalls als Habitat dazugezählt (Ryser, schriftliche Mitteilung 31.03.2012). Zusätzlich als Habitate bestimmt werden: (2) Inventarisierte Auenwaldflächen an der Limmat, sowie (3) an Gewässer grenzende Feldgehölze der Grünraumtypologie.

Feuchtwiesen gelten ebenfalls als Lebensraum. Die Ausprägung von Wiesen und Weiden in Schlieren kann jedoch nicht beurteilt werden. Die Uferböschung der Limmat, der Wald, Feldgehölze und Bäche werden von den Experten nicht einheitlich als Habitat festgelegt. In der vorliegenden Arbeit werden deshalb nur jene Flächen als Habitate bestimmt, die von den Experten einstimmig beurteilt wurden.

- Konnektivität:

Um die Konnektivität zu ermitteln, sind den Grünraumtypen Widerstandswerte zuzuweisen. Dadurch können mögliche Korridore identifiziert werden, welche potentielle Lebensräume miteinander verbinden. Korridore zeigen geeignete Verbindungswege zwischen zwei Habitaten auf, welche für die betreffende Art mit geringem Stressfaktor überwunden werden können. Sie sind nicht mit potentiellen Lebensräumen gleichzusetzen.

Bezüglich des Schachbrettfalters stellt sich heraus, dass die Festlegung von Widerstandswerten wenig Sinn ergibt, da Falter unabhängig von der Bodennutzung diese zu überfliegen im Stande sind (Dusej, mündliche Mitteilung 26.03.2012). Die physische Konnektivität für den Schachbrettfalter drückt sich deshalb durch die euklidische Distanz aus, wobei eine Entfernung von weniger als 500 m zwischen zwei Habitaten als ausreichend beurteilt wird (Vandewoestjine et al. 2004: 585).

Für den kleinen Wasserfrosch werden Widerstandswerte durch die Amphibienexperten festgelegt. Diese Werte sollen die Kosten aufzeigen, welche für die Überwindung einer bestimmten Landnutzungsform oder einer Bodenbedeckung aufgebracht werden müssen. Dazu werden den Experten die Grünraumtypen, sowie die Strassenklassierungen Vector25 vorgelegt. Mit dem Mittelwert aus den von den Experten festgelegten Widerstandswerten lässt sich anschliessend eine Kostenoberfläche erzeugen. Diese zeigt die Kosten bzw. die Widerstände über das Gemeindegebiet an.

Die von den Experten zugewiesenen Widerstände sind in Anhang C aufgeführt. Die Widerstände gelten hierbei aus Sicht einer Population. Dies ist relevant, da für ein Individuum die Überwindung einer Strasse theoretisch mit einem Widerstand von Null bewältigt werden kann (Zumbach, mündliche Mitteilung 27.03.2012).

Die Kostenoberfläche (Raster 5x5 m) kann nun zur Analyse der Konnektivität verwendet werden. In ArcGIS wird dazu eine Kostendistanzanalyse durchgeführt. Diese berechnet für jede Zelle den kostengünstigsten Weg zu einem potentiellen Habitat (Quelle). Im Gegensatz zur euklidischen Distanz, welche die tatsächliche Distanz wiedergibt, ermittelt das Kostendistanzwerkzeug die akkumulierten Kosteneinheiten, von einer Zelle zur nächsten Quelle.

ArcGIS bietet weiter die Möglichkeit, den Korridor zwischen zwei Habitaten mit den geringsten kumulativen Kosten zu eruieren (least-cost path). Dazu muss nebst einer Kostenoberfläche ein Rückverknüpfungs-Raster (cost back link) erzeugt werden. Dieses zeigt die kostengünstigste Richtung von einer Zelle zur Quelle an. Dabei erhält jede Zelle einen Wert von 0 bis 8, welcher für die jeweilige Richtung steht (Abb. 10).

6 (Upper-Left)	7 (Up)	8 (Upper-Right)
5 (Left)	0 (Source)	1 (Right)
4 (Lower-Left)	3 (Down)	2 (Lower-Right)

Abb. 10: Werte für die kostengünstigste Richtung von einer Zelle zur Quelle für die Erstellung eines Rückverknüpfungs-Rasters (Esri 2011)

### Methodenkritik:

Zur Bestimmung von Biodiversität stellt sich die Frage, in welchem Masse vom Vorkommen einer Leitart auf die Biodiversität geschlossen werden kann. Die in der vorliegenden Arbeit untersuchten Leitarten weisen zwar unterschiedliche Habitatsansprüche auf, sie decken jedoch bei weitem nicht alle Lebensräume ab. Sie sind somit, wenn überhaupt, nur für einen Teil der Biodiversität repräsentativ. Aufgrund der geringen Anzahl der untersuchten Leitarten lassen sich auch keine Muster z.B. von Biodiversitätshotspots erkennen. Für weitere Arbeiten sind Berechnungen deshalb auf zusätzliche Leitarten auszudehnen.

Auch ist die Festlegung von Widerständen für den kleinen Wasserfrosch mit Vorsicht zu betrachten. Die Bestimmung von Widerständen ist problematisch, da etwa die strukturelle Ausstattung der Vegetation die Höhe eines Widerstandes beeinflusst. Diese Informationen sind allerdings nur begrenzt vorhanden. Ein Industrieareal kann z.B. sowohl günstige, als auch gänzlich ungeeignete Korridore aufweisen.

Nebst der Bodenbedeckung spielen auch exogene Einflüsse eine wichtige Rolle für die Höhe des Widerstands. Beispielsweise können Privatgärten, von ihrer strukturellen Ausstattung her, für den Wasserfrosch als Korridor geeignet sein. Da sich in diesen Räumen jedoch häufig

Haustiere, wie Katzen aufhalten, relativieren sich die günstigen Bedingungen. Ein weiteres Beispiel betrifft den Widerstand auf asphaltierten Flächen. Diese können nachts einen bevorzugten Korridor darstellen, während die Überwindung an heißen Sommertagen, aufgrund der starken Aufwärmung, mit höheren Kosten verbunden ist (Ryser, mündliche Mitteilung 20.03.2012).

Aufgrund der komplexen Gegebenheiten und den unterschiedlichen Einflüssen sind Widerstände objektiv kaum oder nur schwierig festzulegen. Dies zeigen auch die teils abweichenden Werte der Experten. Bereits in der Festlegung von potentiellen Habitaten sind hierbei Differenzen festzustellen.

Über die tatsächliche Eignung von festgelegten Lebensräumen lassen sich ausserdem keine Aussagen ableiten. Weder über die strukturelle Ausstattung und Zugänglichkeit der Habitate, noch über die Anwesenheit von Fressfeinden, wie z.B. Fischen, sind Informationen vorhanden. Dies zeigt, dass eine aus der Distanz betrachtete Beurteilung schwierig ist.

## 5 Resultate für den Status Quo

In diesem Kapitel werden die Berechnungsergebnisse der im vorgängigen Kapitel aufgeführten Ansätze für die sechs Bereiche von Ökosystemleistungen aufgezeigt. Dazu werden die jeweiligen Resultate anhand von Karten visualisiert und interpretiert. Anschliessend wird auf die Sensitivität der Resultate eingegangen und erläutert, inwiefern diese in der Planungspraxis von Relevanz sein können.

### 5.1 Regulierung des Wasserhaushalts

**Interpretation der Resultate:**

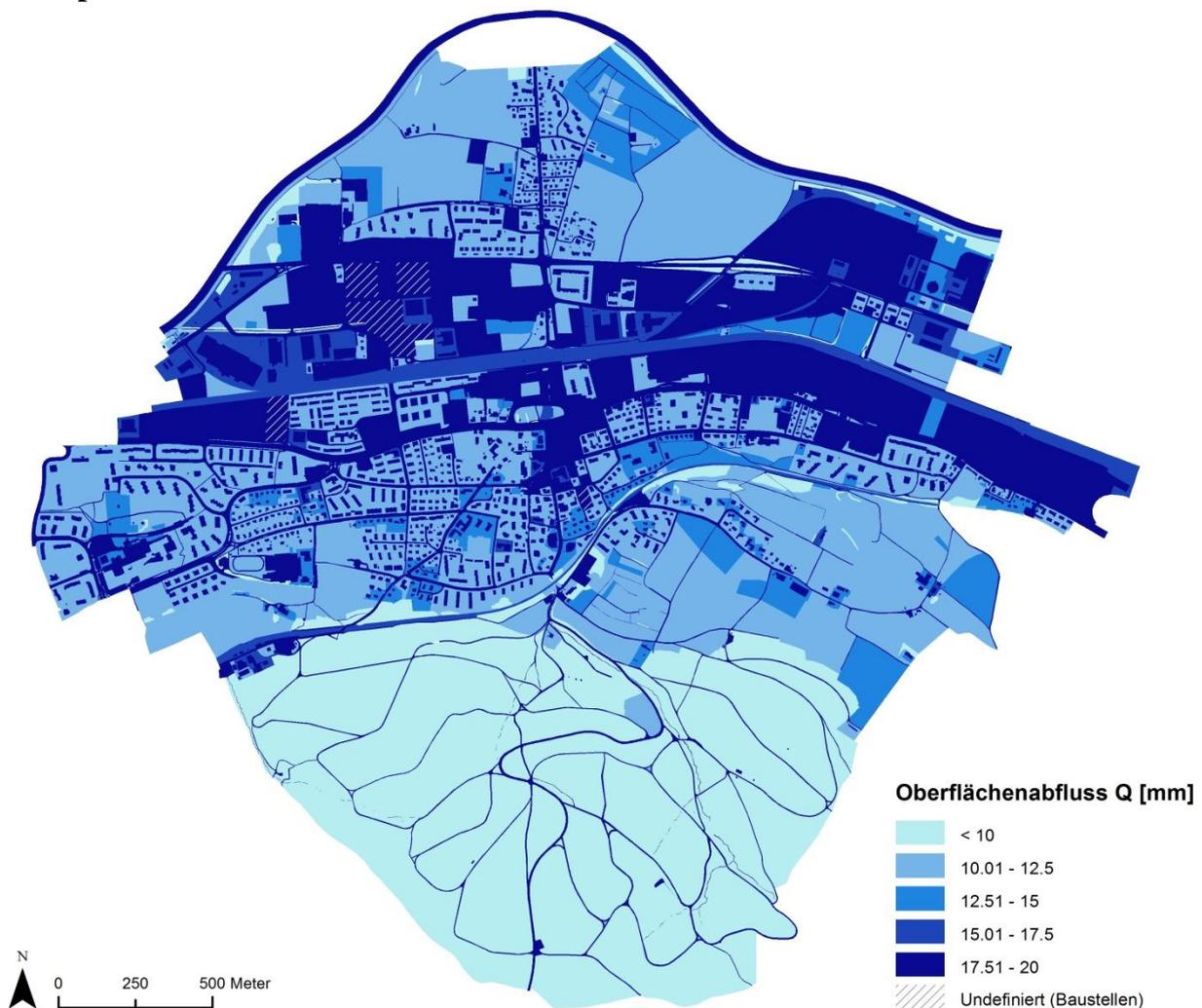


Abb. 11: Oberflächenabfluss durch ein 20 mm Regenereignis in Schlieren

Abb. 11 zeigt die potentielle Menge an Oberflächenabfluss, die durch ein Regenereignis von 20 mm anfällt. Am meisten Abfluss wird in den versiegelten Industriezonen im östlichen (Mülligen/Gaswerk) und westlichen Teil (Steinenwis/Goldschlegli) Schlierens generiert. Auch erreicht der Abfluss aufgrund des hohen Versiegelungsgrads im Zentrum Werte von über 17,5

mm. Einen hohen Abfluss weisen ausserdem Strassen und Gebäude auf. Jedoch sind in Abb. 11 keine Unterschiede zwischen Alter oder Art der Versiegelung berücksichtigt.

Abb. 12 stellt den Oberflächenabfluss ohne einzelne Gebäude dar. Diese werden als versiegelte Flächenanteile den jeweiligen Grünraumtypen zugerechnet. Dadurch ergibt sich, auf die Gesamtfläche eines Grünraumtyps betrachtet, eine höhere Curve Number (CN). Unterschiedliche Abflusswerte zwischen den bebauten und den nicht bebauten Flächen werden so verdeutlicht. Die erhöhten Abflusswerte einiger Landwirtschaftsflächen auf dem Schliererberg sind darauf zurückzuführen, dass diese einer Bodenklasse C (schlechte Infiltration) zugeordnet sind.

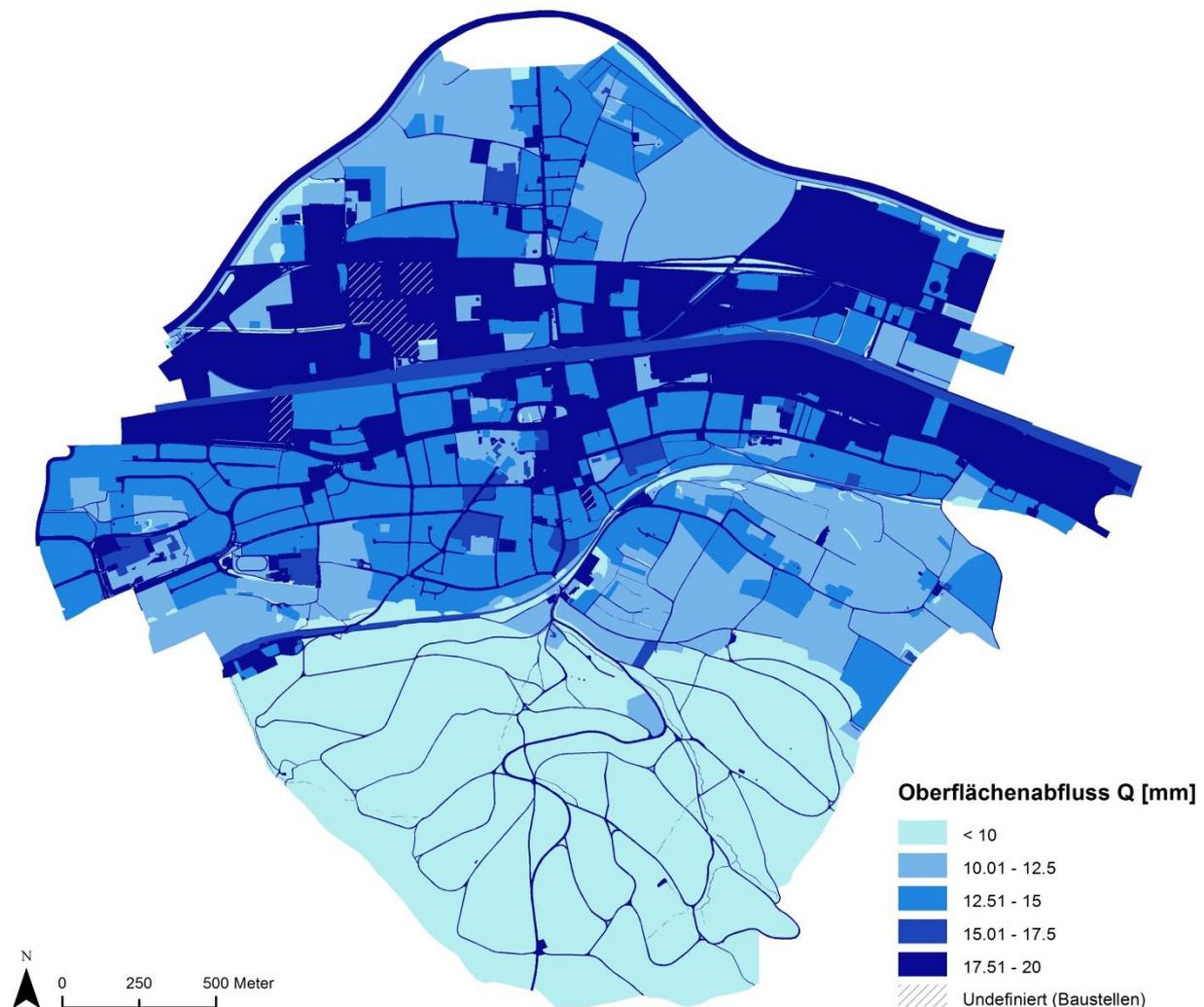


Abb. 12: Oberflächenabfluss durch ein 20 mm Regenereignis, ohne Gebäude

### Sensitivität:

Bei den dargestellten Resultaten ist Vorsicht angebracht. Entscheidend für das Zustandekommen der Abflusswerte ist die Zuweisung einer Fläche bezüglich der hydrologischen Bodenklasse, der Bodenbehandlung, der hydrologischen Kondition, sowie der Landnutzung. Eine als Wiese genutzte Fläche hat z.B. eine tiefere CN als Ackerland. Auch bezüglich der Anbauweise (z.B. Reihenkulturen) oder der Ansaat (z.B. Getreide) variiert die CN. Für den Siedlungsraum zeigt sich hierbei der Vorteil des gewichteten Ansatzes nach McCuen (1989:

299), da die CN vor allem vom Versiegelungsgrad bestimmt wird und weniger durch die Zusammensetzung der Vegetation (Bestätigung Klik, 09.05.2012).

Dies illustriert Abb. 13, wo in der linken Darstellung für mittlere Vegetation und Feldgehölze eine CN von 66 bzw. 77 (Bodenklasse *B* bzw. *C*) angenommen wird. Diese CN wird z.B. in Maniak (2010: 303) für „aufgelockerten Wald“ und in Tratalos et al. (2007: 310) für „scrub“ (dt. Gebüsch) verwendet. In der rechten Abbildung bestimmt sich die gewichtete CN ausschliesslich durch die CN versiegelter Flächen und niedriger Vegetation („Pasture, grassland, or range“), nach Chow et al. (1988: 150).

Zwar resultieren geringfügige Änderungen der CN-Werte, auf die gewählte Klasseneinteilung des Oberflächenabflusses haben die unterschiedlichen Annahmen dagegen kaum einen Einfluss. Dies zeigt, dass im Siedlungsraum mit der verwendeten Methode der Versiegelungsgrad ausschlaggebend für die Höhe des Oberflächenabflusses ist.

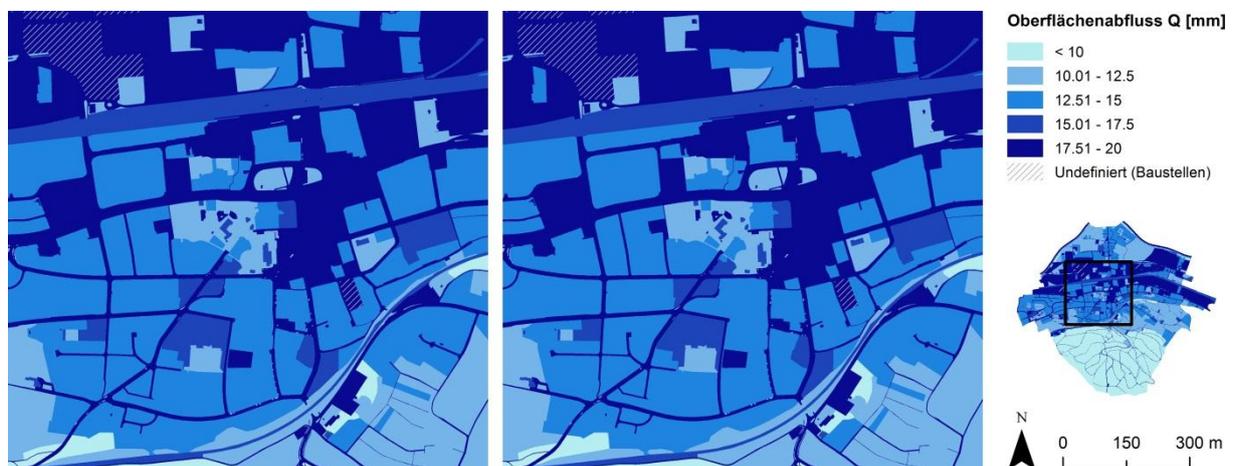


Abb. 13: Sensitivität des Oberflächenabflusses für unterschiedliche Vegetation

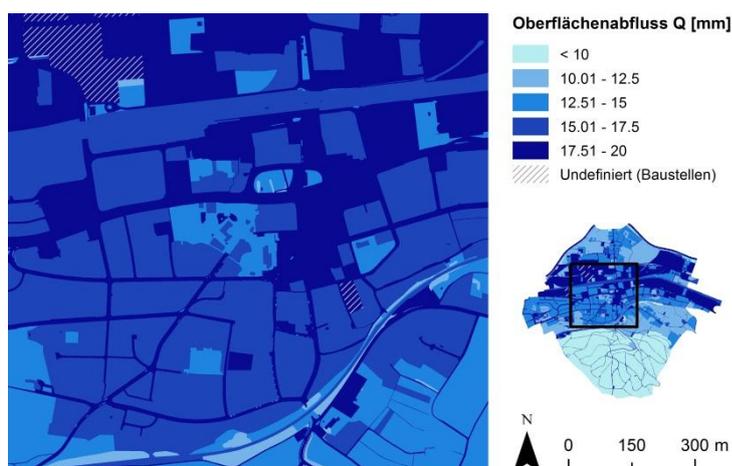


Abb. 14: Oberflächenabfluss für Böden mit einer Bodenklasse C

Eine hohe Sensitivität der Resultate weist dagegen die Wahl der hydrologischen Bodenklasse auf. Dies ist aus Abb. 14 ersichtlich, wo für das gesamte Gebiet eine hydrologische Boden-

klasse C (schlechte Infiltration) angenommen wird. Die Wahl der Bodenklasse ist deshalb mit besonderer Vorsicht zu treffen.

### Relevanz als Planungsinstrument:

Die aufgezeigten Resultate geben Akteuren aus der Planung Hinweise, wo besonders hohe Mengen an Abfluss generiert werden. Diese Erkenntnisse können hilfreich sein in der Beurteilung wo Massnahmen zu treffen sind, die z.B. zu einer Entlastung der Kanalisation beitragen oder wo Verdichtung geeignet scheint. Letzteres kann vor allem im Zusammenhang mit dem Grundwasservorkommen relevant sein, da sich ein Grossteil der Siedlungsfläche Schlierens im Gewässerschutzbereich befindet. Verdichtung kann somit die Grundwasserneubildung beeinträchtigen.

Planungsrelevante Aussagen sind auch in Verbindung mit der Gefahrenkarte für Hochwasser möglich. Flächen mit hohen Infiltrationsraten bzw. geringem Oberflächenabfluss können in den in Abb. 15 eingekreisten Gebieten z.B. dazu beitragen die Hochwassergefahr zu entschärfen, indem sie anfallendes Regenwasser (auch angrenzender Gebiete) aufnehmen. Eine Verdichtung in diesen Räumen ist deshalb mit besonderer Vorsicht vorzunehmen.

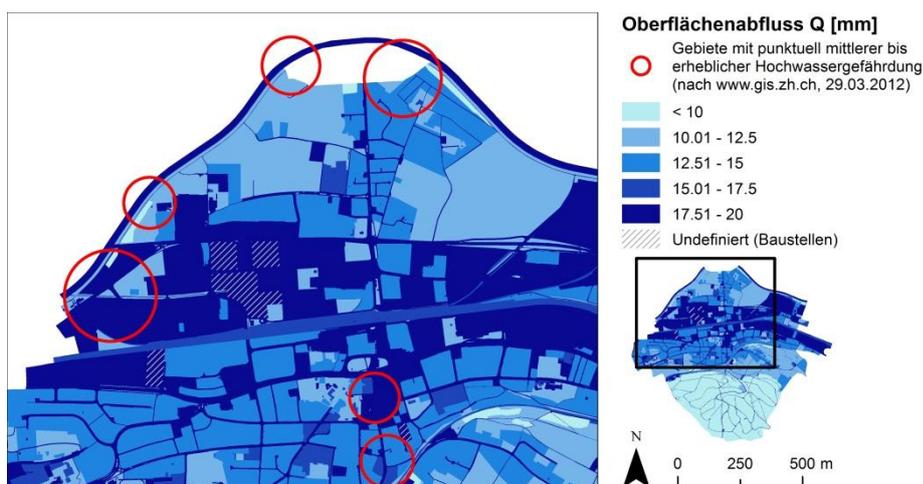


Abb. 15: Gebiete mit mittlerer bis erheblicher Hochwassergefährdung (nach www.gis.zh.ch, 29.03.2012)

Ähnliche Aussagen lassen sich auch auf andere Gebiete mit hohem Oberflächenabfluss oder hohen Kontrasten zwischen Abflusswerten übertragen. Hohe Abflusskontraste finden sich in Schlieren etwa bei Wiesen in den stark versiegelten Industriezonen oder beim Park im Zentrum. Auf Flächen mit hohem Oberflächenabfluss können dagegen planerische und bauliche Massnahmen eine Verringerung des Abflusses herbeiführen, z.B. durch Bepflanzung und Entsigelung, durch die Wahl bodendurchlässiger Baumaterialien oder durch die Nutzung von anfallendem Regenwasser.

Da die absoluten Abflusswerte aber in keiner Relation zu den Werten anderer Anwendungsgebiete stehen, kann ohne fachspezifische Kenntnisse nicht beurteilt werden, ob eine bestimmte Abflusshöhe als grenzwertig zu betrachten ist.

## 5.2 Erholungsfunktionale Versorgung

### Interpretation der Resultate:

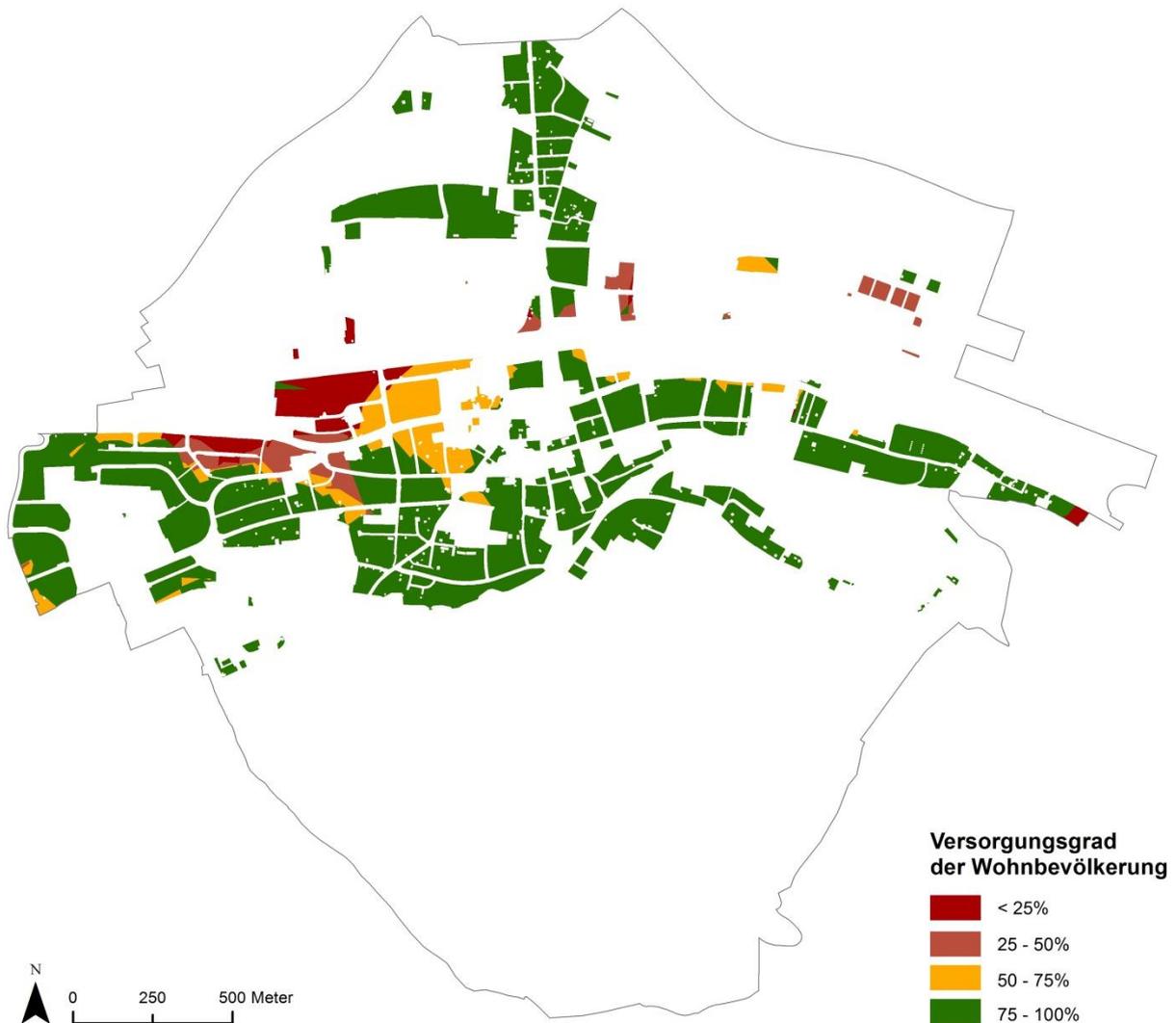


Abb. 16: Versorgungsgrad der Wohnbevölkerung mit öffentlich zugänglichen Freiräumen für die Naherholung, in einer maximalen Entfernung von 400 m

Die Berechnung des Versorgungsgrades der Wohnbevölkerung ergibt, dass ca. drei Viertel der Wohnbevölkerung Schlierens ausreichend (Versorgungsgrad > 75 Prozent) mit öffentlich zugänglichen Freiräumen für die Naherholung ausgestattet sind. 12,5 Prozent verfügen über einen Versorgungsgrad von 50-75 Prozent. Für ebenfalls ca. 12,5 Prozent der Wohnbevölkerung beträgt der Versorgungsgrad dagegen weniger als 50 bzw. 25 Prozent. Der Bevölkerungsanteil innerhalb eines Versorgungsbereichs ermittelt sich durch eine räumliche Selektion in ArcGIS.

Abb. 16 zeigt den Versorgungsgrad der Wohngebiete (Privatgärten und halbprivates Wohnumfeld). Jedoch sind nur jene Wohngebäude visualisiert, die im Datensatz Bodenbedeckung AV als solche gekennzeichnet sind. Einen tiefen Versorgungsgrad weisen dabei vor allem die Gebiete nahe Pfaffenwis auf, sowie kleinere Flächen z.B. im Gebiet Ifang.

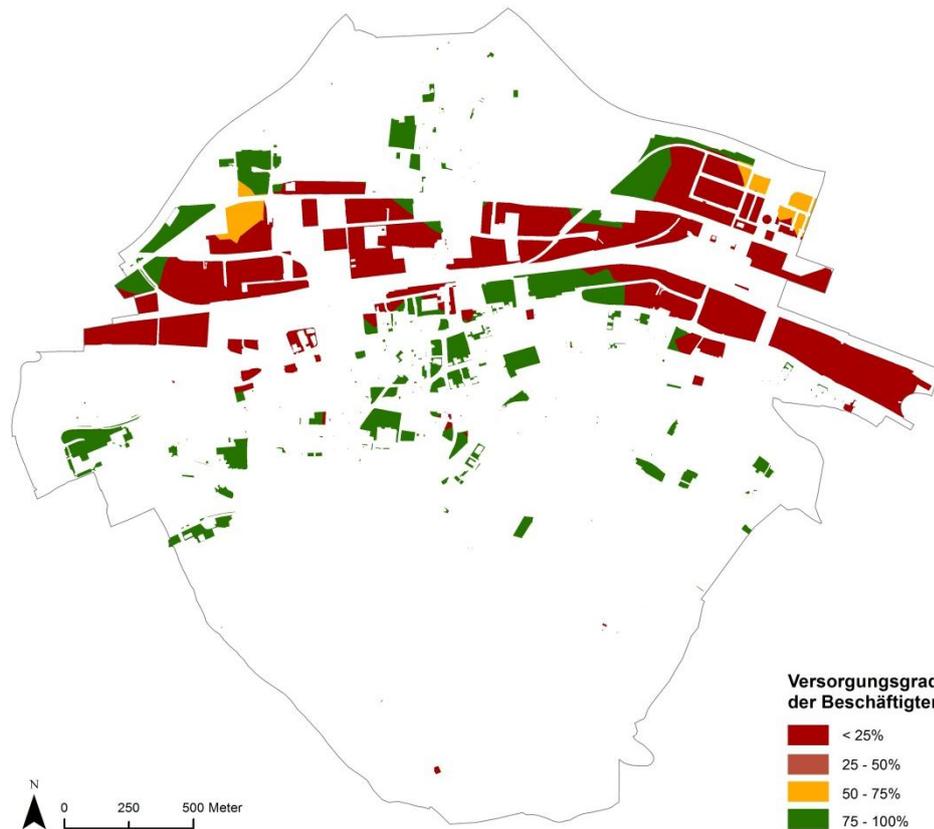


Abb. 17: Versorgungsgrad der Beschäftigten mit öffentlich zugänglichen Freiräumen, in einer maximalen Entfernung von 200 m

Für die Arbeitsbevölkerung zeigt sich, dass vor allem die Industriezonen (Goldschlegli, Ifang und Mülligen) einen geringen Versorgungsgrad aufweisen (Abb. 17). Der tiefe Versorgungsgrad einiger Gebiete, wie z.B. das nahe der Limmat gelegene Gebiet beim Gaswerk, scheint überraschend. Dazu ist anzumerken, dass die Berechnung der Erreichbarkeit eines Freiraums vom Strassennetzwerk abhängt. Sind gewisse Wege oder Pfade darin nicht enthalten, ist eine Unterschätzung des Versorgungsgrads aufgrund der tiefen Maximaldistanz von 200 m möglich.

Ein tiefer Versorgungsgrad mit öffentlich zugänglichen Freiräumen ist aber nicht gleichzusetzen mit einem tiefen Grünanteil. Ebenso wenig ist daraus zu schliessen, dass Gebieten mit einem tiefen Versorgungsgrad wenig Erholungsflächen zur Verfügung stehen. Gerade Wohngebiete enthalten oftmals private und halbprivate Freiräume, die sich zur Naherholung eignen. Aufgrund der eingeschränkten Zugänglichkeit fliessen jene Flächen aber nicht in den Versorgungsgrad mit öffentlichen Freiräumen ein. Der Hausumschwung pro Einwohner(-in) eignet sich dazu, private und halbprivate Freiräume in die Berechnung des Naherholungspotentials zu integrieren. Dieser wird in Abb. 18 dargestellt.

Vor allem im Zentrum steht pro Einwohner(-in) weniger Hausumschwung zur Verfügung. Dagegen verfügen die meisten in Abb. 16 mit öffentlichem Freiraum unterversorgten Gebiete über mehr als 40 m<sup>2</sup> Hausumschwung. Für die Beschäftigten ist eine Berechnung des Hausumschwungs nicht sinnvoll, da unklar ist ob der Hausumschwung (z.B. eines Industrie-

areals) zu Erholungszwecken genutzt werden kann oder ausschliesslich der gewerblichen Nutzung vorbehalten ist.

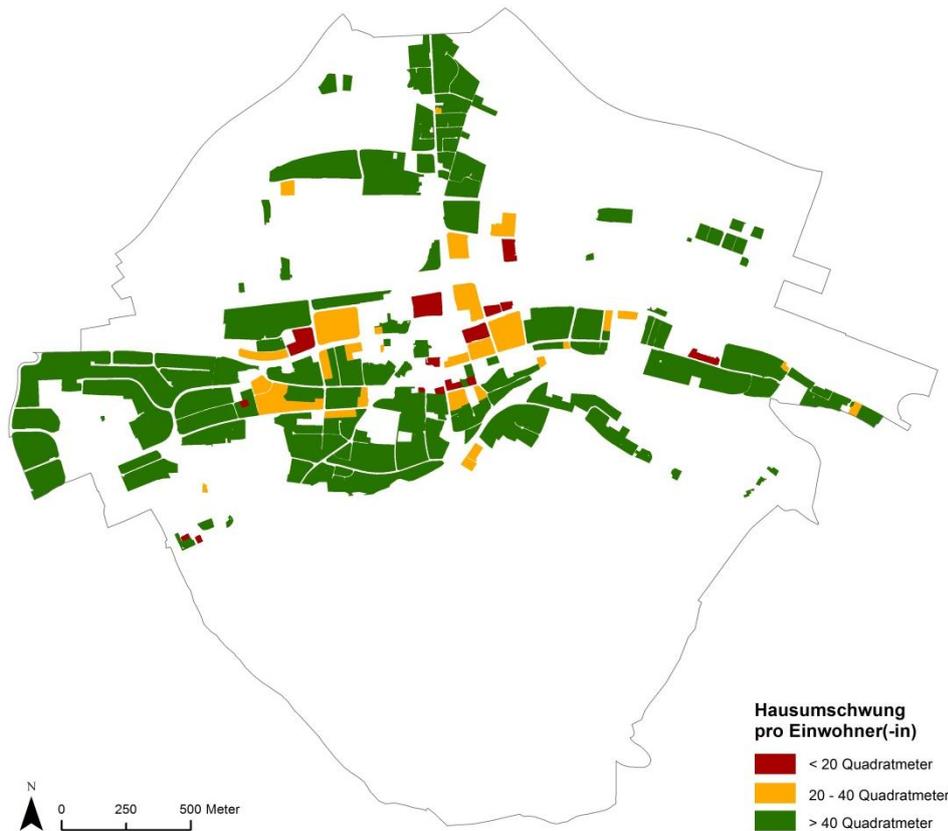


Abb. 18: Hausumschwung pro Einwohner(-in) in Schlieren

### Sensitivität:

Der Versorgungsgrad mit öffentlichen Freiräumen wird einerseits durch die funktionale Zuteilung der in Schlieren vorzufindenden Freiräume beeinflusst. Je nachdem ob ein Freiraum z.B. als übergeordnet oder zweckgebunden eingeteilt ist, resultieren andere Annahmen bezüglich der Kapazität eines Freiraums.

Die für die Kapazität, den Gleichzeitigkeitsfaktor oder die Mindestgrösse eines Freiraums verwendeten Werte wirken sich entscheidend auf das Resultat aus. Des Weiteren spielt die Verteilung der Wohnbevölkerung bzw. der Beschäftigten auf die bestehenden Gebäude eine wichtige Rolle. In dieser Arbeit erfolgt die Verteilung über das Gebäudevolumen und die in der Bodenbedeckung AV als Wohngebäude gekennzeichneten Gebäude. Eine genauere Einwohnerverteilung ist im kantonalen Gebäude- und Wohnungsregister (kGWR) enthalten, welches für diese Arbeit aber nicht zur Verfügung steht.

Wichtige Einflussgrössen des Versorgungsgrades sind weiter die festgelegte maximale Entfernung zu einem Erholungsraum, sowie die Mindestfläche eines Erholungsraumes, die jeder Einwohnerin und jedem Einwohner zur Verfügung stehen sollte.

Abb. 19 zeigt, wie sich der Versorgungsgrad der Wohnbevölkerung ändert, wenn pro Einwohner(-in) mit einem Sollwert von 10 m<sup>2</sup> (links) bzw. 6 m<sup>2</sup> (rechts) öffentlich zugänglichen Freiflächen gerechnet wird. Dabei bestätigt sich, dass je nach Zielgrösse der Versorgungsgrad

unterschiedlich ausfällt. Im vorliegenden Beispiel ergibt sich jedoch trotz unterschiedlichen Sollwerten im Wesentlichen keine Verschiebung der Schwerpunktgebiete mit tiefem Versorgungsgrad.

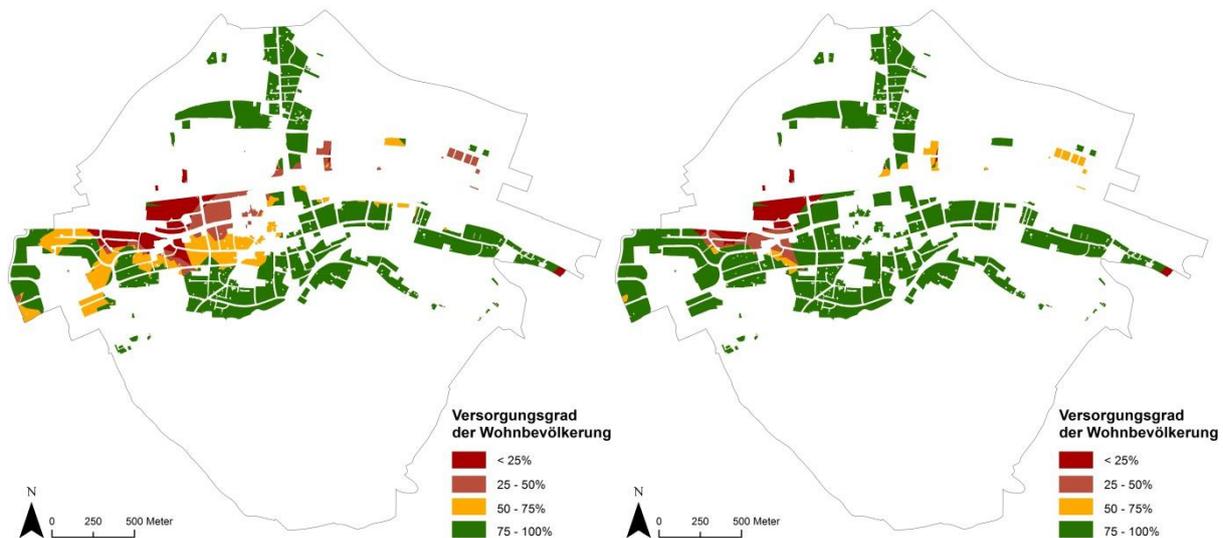


Abb. 19: Versorgungsgrad der Wohnbevölkerung mit öffentlich zugänglichen Naherholungsräumen, für 10 m<sup>2</sup> (links) bzw. 6 m<sup>2</sup> (rechts) öffentlich zugänglichen Freiflächen pro Einwohner(-in)

### Relevanz als Planungsinstrument:

Um differenzierte Aussagen über die erholungsfunktionale Versorgung in Schlieren zu treffen, ist eine kombinierte Betrachtung von Hausumschwung und öffentlich zur Verfügung stehenden Freiräumen vorzunehmen (Abb. 20). Kritisch sind einerseits Gebiete mit wenigen Zugangsmöglichkeiten zu öffentlichen Freiräumen und gleichzeitig tiefem Hausumschwung. Durch die gezielte Schaffung, Ausweitung und Beibehaltung bestehender Parks oder Plätze kann der Versorgungsgrad erhöht bzw. erhalten bleiben. Der vorliegende Ansatz hilft dabei diejenigen Gebiete einzugrenzen, in denen mögliche Angebotsdefizite vorliegen.

Andererseits sind aus planerischer Sicht jene Gebiete interessant die zwar über ausreichend Hausumschwung verfügen, jedoch einen tiefen Versorgungsgrad mit öffentlichen Freiräumen aufweisen. Verdichtungsmassnahmen in diesen Räumen können sich besonders negativ auf die erholungsfunktionale Versorgung auswirken (Grün Stadt Zürich 2005: 20). Dies betrifft z.B. die Wohnüberbauung Pfaffenwis, welche aufgrund des hohen Anteils an halbprivatem und privatem Hausumschwung mit Erholungsflächen ausreichend ausgestattet ist. Innere Verdichtung, auf Kosten von halbprivaten Erholungsflächen würde sich in jenem Gebiet dagegen beeinträchtigend auf die erholungsfunktionale Versorgung auswirken.

Weiter ist zu beachten, dass der Versorgungsgrad nebst der Schaffung und Erhaltung von Freiräumen auch von deren Erreichbarkeit beeinflusst wird. Die Schaffung von Fussgängerstreifen und Übergängen an stark befahrenen Strassen oder verkehrsberuhigende Massnahmen verbessern die Erreichbarkeit.

Schliesslich ist darauf hinzuweisen, dass Abb. 20 keine Angaben über die Bevölkerungsverteilung zulässt. Diese kann aber in ArcGIS abgefragt werden. Ob in Gebieten mit einem tiefen Versorgungsgrad planerische Massnahmen notwendig sind, ist auch eine Frage der Verhältnismässigkeit hinsichtlich der Anzahl an Betroffenen.

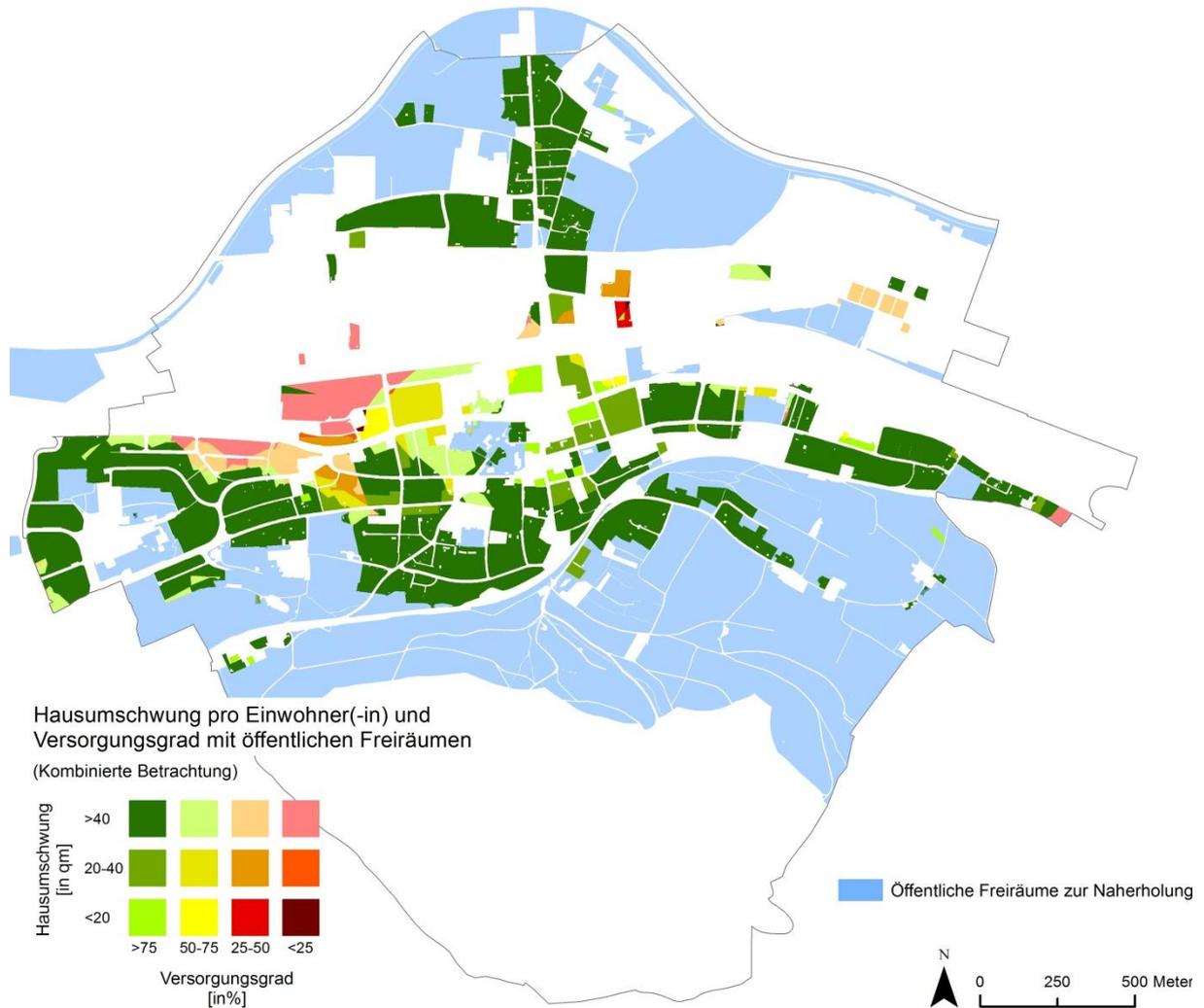


Abb. 20: Kombinierte Betrachtung des Versorgungsgrades mit öffentlich zugänglichen Freiräumen und dem Anteil an Hausumschwung pro Person

### 5.3 Regulierung des Mikroklimas und der Luftqualität

#### Interpretation der Resultate:

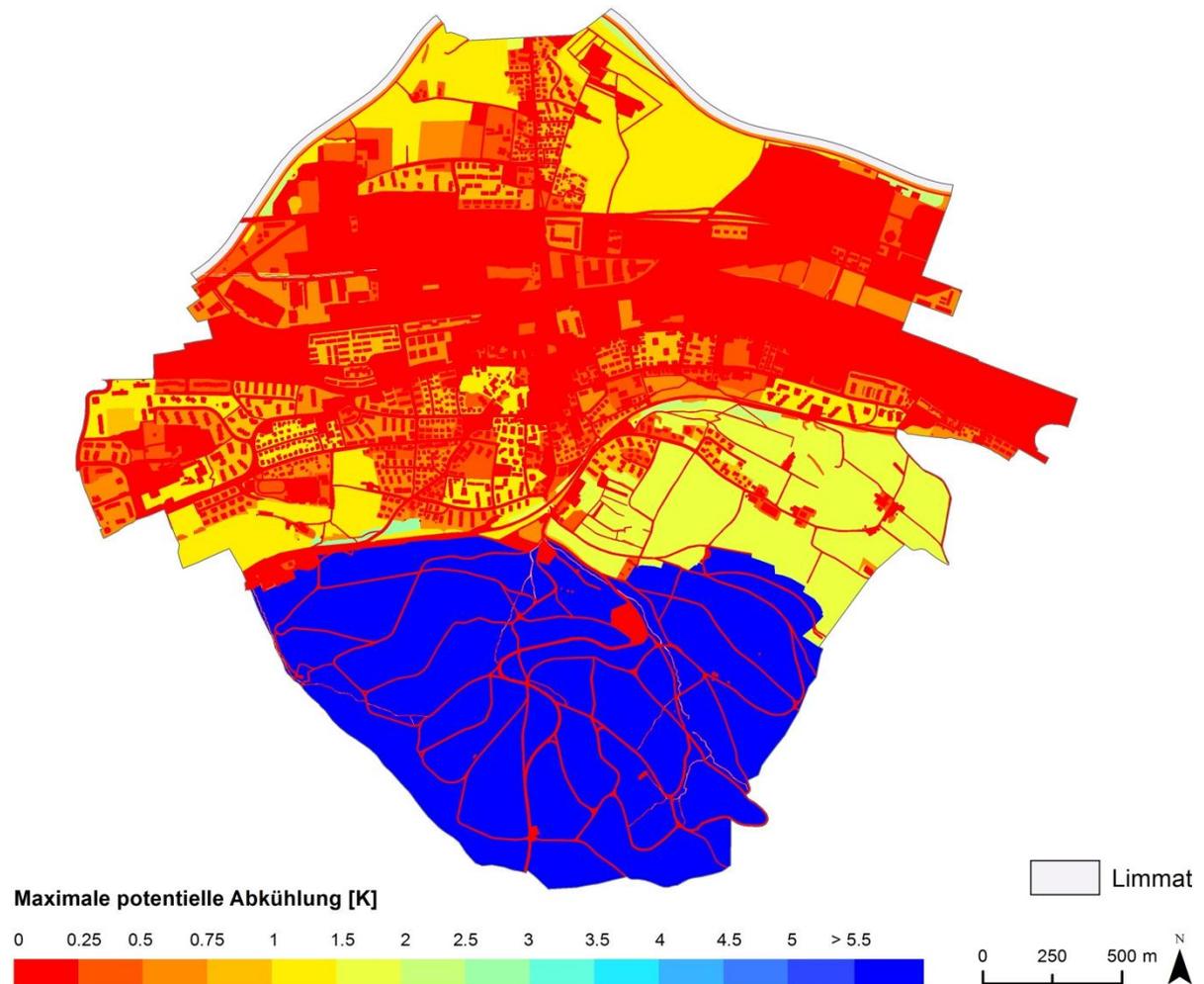


Abb. 21: Maximale potentielle Temperaturabkühlung [K] unterschiedlicher Grünraumtypen für Schlieren, an einem warmen Sommertag (in 1,5 m Höhe, um 14.00 Uhr)

Die Betrachtung der maximalen potentiellen Temperaturabkühlung durch Freiräume zeigt, dass der Schliererwald das höchste Abkühlungspotential besitzt (Abb. 21). Dies ist sowohl auf das hohe Grünvolumen, als auch auf die Fläche zurückzuführen. Die abkühlende Wirkung grösserer zusammenhängender Wiesen, Weiden und Äcker wird dagegen ausschliesslich von deren Fläche bestimmt. Abkühlungspotentiale bis drei Grad Kelvin weisen ausserdem kleinere Waldstücke nahe der Bahn und an der Limmat auf.

Da grosse zusammenhängende Grünflächen (> 1 Hektar) im Siedlungsgebiet nicht vorzufinden sind, beschränkt sich dort das Abkühlungspotential auf maximal 1,5 Grad Kelvin. Grössere Abkühlungspotentiale gehen aus vom Stadtpark, dem Friedhof oder von stark durchgrünter Wohnumfeldern z.B. im Gebiet Schönenwerd. Unbebaute Flächen in den Industriezonen dagegen besitzen nur ein geringes Abkühlungspotential. Grund dafür ist, dass diese hauptsächlich von niedriger Vegetation bewachsen sind und somit ein tiefes Grünvolumen aufweisen.

Bei der Betrachtung des Grünvolumens (Abb. 23) widerspiegelt sich die Problematik des Berechnungsansatzes der maximalen potentiellen Temperaturabkühlung. Das Abkühlungspotential wird für jede Fläche eines Grünraumtyps einzeln berechnet. Da dieses von der Flächengrösse abhängt haben kleine Flächen, trotz hohem Grünvolumen, kaum einen Einfluss auf die Temperatur. Zudem lassen sich aus den potentiellen Abkühlungstemperaturen keine Aussagen über die schattenspendende Wirkung von Bäumen oder über lufthygienische Aspekte treffen.

Bezüglich der CO<sub>2</sub>-Aufnahme durch Bäume geht die grösste Wirkung wiederum vom Wald aus (Abb. 22). Allerdings ist zu beachten, dass z.B. einzelne Privatgärten nur geringe Mengen an CO<sub>2</sub> aufnehmen, in der Summe aller Privatgärten dies jedoch einen Einfluss auf die Gesamtbilanz mit sich zieht. Hierbei gilt ein linearer Zusammenhang zwischen der Anzahl Bäume und der aufgenommenen Menge CO<sub>2</sub> (Rowntree & Nowak 1991: 271). Die Baumanzahl ist aber nicht gleichzusetzen mit der Verbesserung der Luftqualität, da Bäume an stark befahrenen Strassen den Luftaustausch mit der Atmosphäre verhindern können (vgl. Abschnitt 2.1.3). Da jedoch Standorte von Einzelbäumen nicht als Geodaten vorhanden sind, ist auch eine Modellierung von Schadstoffemissionsquellen wenig sinnvoll.

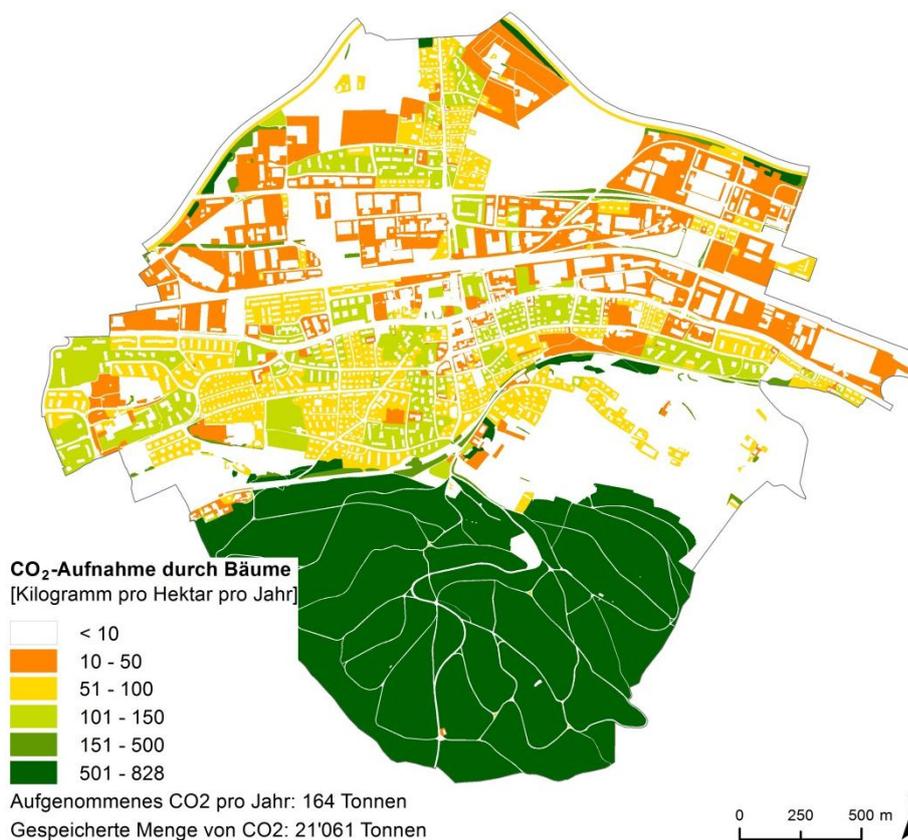


Abb. 22: CO<sub>2</sub>-Aufnahme durch Bäume [Kilogramm pro Hektar pro Jahr]

Der Zusammenhang zwischen dem Baumanteil und dem Grünvolumen wird aus Abb. 23 ersichtlich. Hierbei zeigt sich, dass im Siedlungsraum nebst Parkanlagen (z.B. dem Friedhof oder dem Stadtpark) auch Wohnumfelder (z.B. im Gebiet Schönenwerd) ein hohes Grünvolumen aufweisen. Ein tiefes Grünvolumen liegt dagegen vor allem in den Industriezonen und

im Zentrum vor. Landwirtschaftlich genutzte Flächen weisen im Vergleich zu durchgrünten Wohngebieten ein tieferes Grünvolumen auf. Dies ist auf den tiefen Anteil an mittlerer und hoher Vegetation zurückzuführen. Allerdings ist zu bemerken, dass Feldgehölze als eigener Grünraumtyp erfasst sind und somit nicht als Vegetationsanteile den landwirtschaftlichen Flächen zugezählt sind.



Abb. 23: Spezifisches Grünvolumen [m<sup>3</sup>/m<sup>2</sup>] für Schlieren

### Sensitivität:

Die potentielle Abkühlungstemperatur ist abhängig einerseits von der betrachteten Fläche eines Grünraums und andererseits vom Grünvolumen. Das Grünvolumen wiederum wird grösstenteils von der vorhandenen Baumvegetation bestimmt. Bäume sind ebenso für die Berechnung der CO<sub>2</sub>-Bindung und -Speicherung massgebend. Abb. 24 zeigt die Sensitivität der maximalen potentiellen Abkühlung bei einem Kronenradius von 5 m (links) und von 15 m (rechts).

Dabei zeigt sich, dass bereits die Wahl des Kronenradius einen Einfluss auf das Resultat mit sich bringt. Nebst dem Kronenradius sind vor allem die Baumanteile eines Grünraumtyps massgebend, wie hoch das Grünvolumen ausfällt.

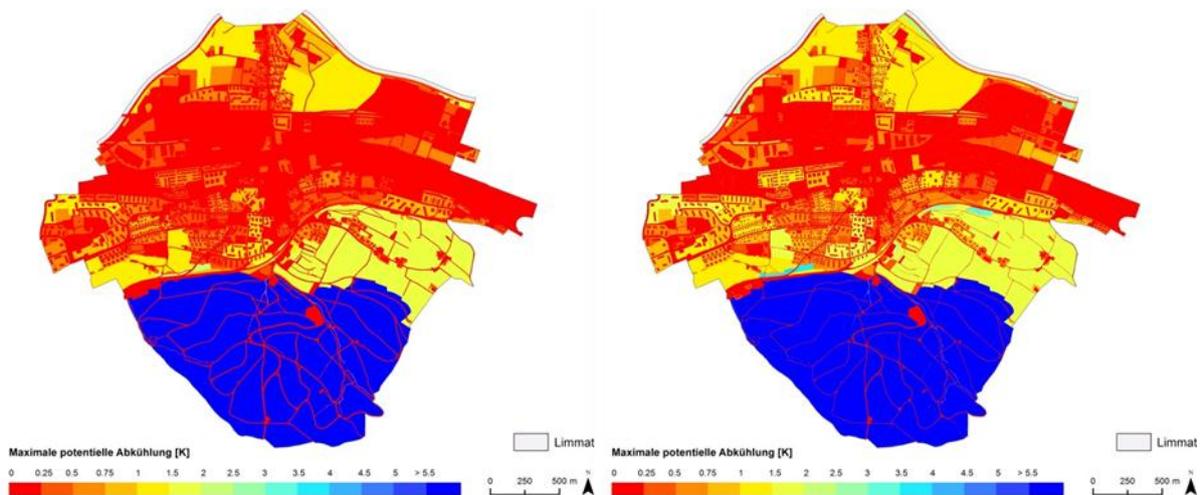


Abb. 24: Maximale potentielle Abkühlung für durchschnittliche Kronenradien von 5 m (links) und 15 m (rechts)

### Relevanz als Planungsinstrument:

Aufgrund der räumlich eingegrenzten Betrachtung, der Flächenabhängigkeit der potentiellen Temperaturabkühlung, sowie der geringen Temperaturunterschiede im Siedlungsraum erweist sich die Aussagekraft aus Abb. 21 für Schlieren als begrenzt. Für grössere Städte kann der Ansatz aus Sicht der Siedlungsplanung aber nützlich sein um aufzuzeigen, wo neue Grünräume vorzugsweise geschaffen bzw. bestehende Grünräume erhalten bleiben sollten.

Ebenso sind Aussagen für die berechnete  $\text{CO}_2$ -Aufnahme und Speicherung durch Bäume zu relativieren. In der Schweiz lag die emittierte Menge an  $\text{CO}_2$  pro Einwohner(-in) bei 5,8 Tonnen im Jahr 2009 ([www.bafu.ch](http://www.bafu.ch), 12.04.2012). Hochgerechnet auf die Einwohnerzahl Schlierens ist die aufgenommene Menge  $\text{CO}_2$ , im Vergleich zur emittierten gering. Hinzu kommt, dass absterbende Bäume zusätzliches  $\text{CO}_2$  freisetzen (Rowntree & Nowak 1991: 271). Als Indikator für die Luftqualität ist die  $\text{CO}_2$ -Bindung und Speicherung deshalb im Zusammenhang mit weiteren lufthygienischen Leistungen von Bäumen, wie die Ablagerung von Feinpartikeln oder das Spenden von Schatten zu betrachten.

Für gleichzeitige Aussagen zu den mikroklimatischen und lufthygienischen Qualitäten von Grünräumen bietet sich das Grünvolumen an, da dieses massgeblich vom Baumanteil beeinflusst wird und somit Hinweise zu den genannten Prozessen der potentiellen Abkühlungstemperatur und der  $\text{CO}_2$ -Aufnahme liefert. Gebiete mit tiefem Grünvolumen weisen auf Angebotsdefizite hin, z.B. bezüglich lufthygienischen oder schattenspendenden Wirkungen durch Bäume. Dies ermöglicht Planungsakteuren eine Übersicht, welche Quartiere besonders hohe Grünanteile aufweisen und wo z.B. die Schaffung eines begrüneten Platzes zu priorisieren ist. Hinsichtlich baulicher Verdichtung können die Ansätze Hinweise erbringen, wo besonders darauf geachtet werden sollte bestehende Grünstrukturen zu erhalten oder neu zu schaffen.

## 5.4 Produktion von Nahrungsmitteln

### Interpretation der Resultate:

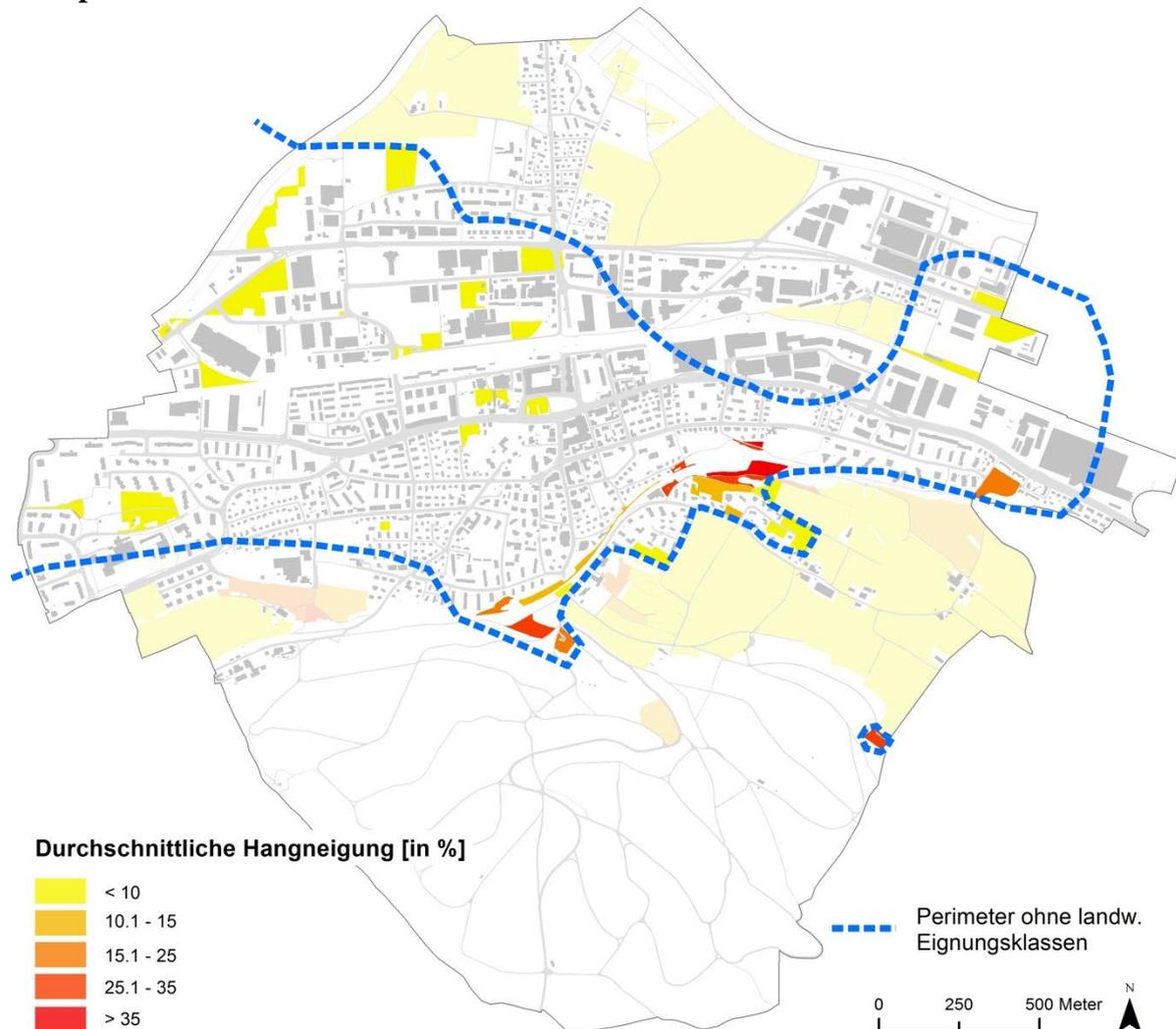


Abb. 25: Durchschnittliche Hangneigung für potentielle Landwirtschaftsflächen ohne Eignungsklasse

Bezüglich der Hangneigung zeigt sich, dass die potentiellen Flächen zur Nahrungsmittelproduktion in Schlieren generell eine tiefe Steigung aufweisen (Abb. 25). Einschränkungen für den Ackerbau treten ab einer Hangneigung von 10 Prozent auf, für den Naturfutterbau ab 25 Prozent (Brunner et al. 1997: A5). Für Schlieren wirkt sich die Hangneigung somit nur für einige Flächen am Schliererberg einschränkend auf die landwirtschaftliche Eignung aus. Aus der durchschnittlichen, flächengewichteten Hangneigung sind jedoch lokale Einschränkungen, wie z.B. Gräben, nicht ersichtlich.

Das Verhältnis des Umfangs zur Fläche zeigt, dass einige Flächen im Siedlungsgebiet eine tiefere Eignung aufweisen (Abb. 26). Diese sind aufgrund ihrer Form oder Grösse aus produktionstechnischer Sicht eher ungeeignet für die Nahrungsmittelproduktion.

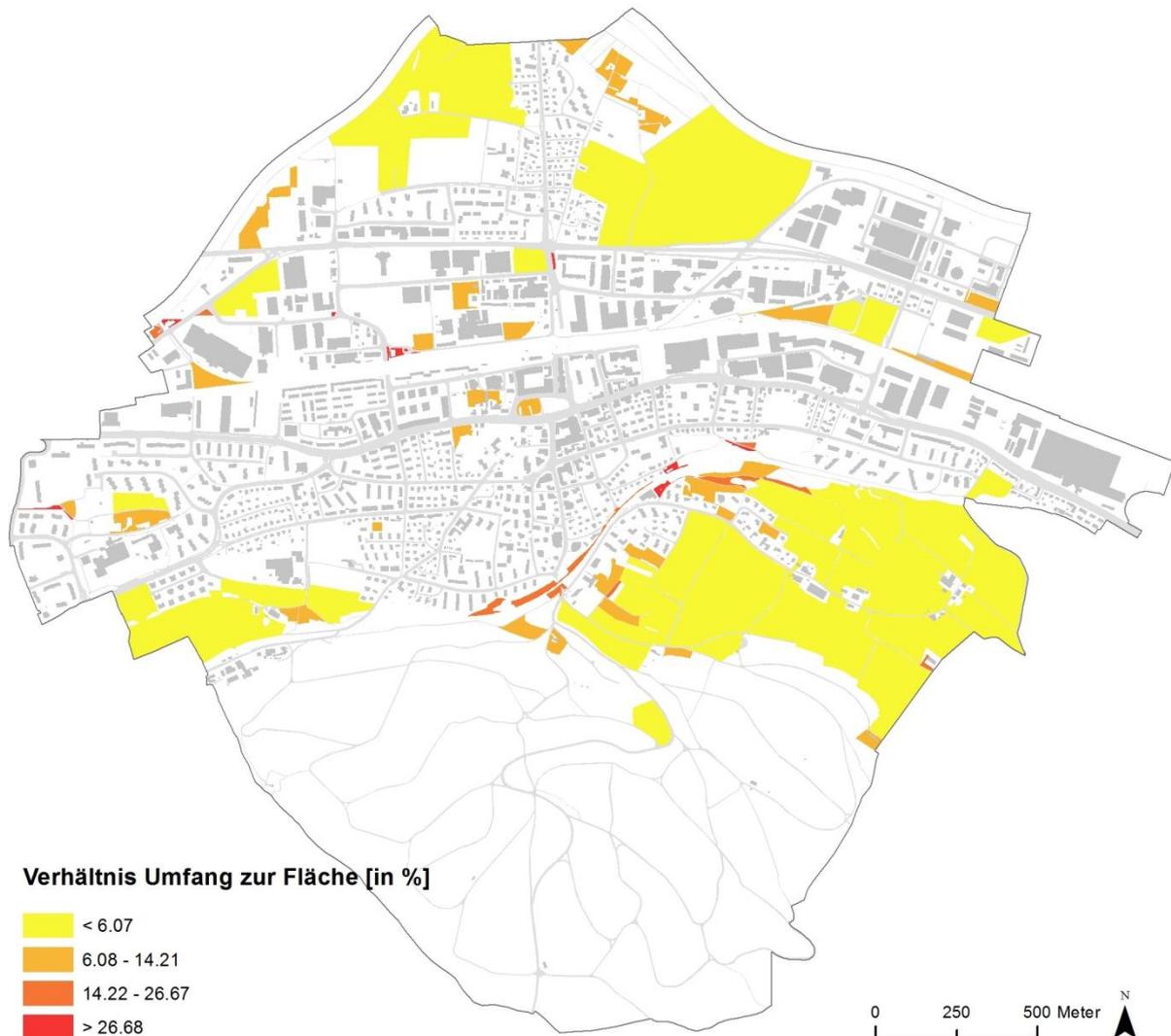


Abb. 26: Verhältnis Umfang zur Fläche für potentielle Flächen zur Nahrungsmittelproduktion

Die kombinierte Betrachtung (Abb. 27) der landwirtschaftlichen Eignung zeigt, dass Schlieren über gut geeignete Landwirtschaftsflächen verfügt. Die Indikatoren Hangneigung und das Verhältnis des Umfangs zur Fläche wirken ergänzend, in dem limitierende Faktoren einerseits für das Pflanzenwachstum und andererseits für die mechanische Bewirtschaftung berücksichtigt werden.

Qualitativ hochwertige Fruchtfolgeflächen (Nutzungsseignungsklassen 1-5) finden sich dabei vor allem auf dem Schliererberg und nahe der Limmat. Einschränkungen liegen aufgrund der Topografie am Hang des Schliererbergs vor. Prioritär untersuchungspflichtige Altlastflächen sind im Gebiet Unterrohr vorhanden.

Die Ausklammerung von Privat- und Familiengärten hat den Grund, dass diese nur schwer mit agrarwirtschaftlich bearbeiteten Flächen verglichen werden können. Trotzdem besteht ein Potential auch jener Flächen für die Nahrungsmittelproduktion. Grössere Flächen mit Familiengärten finden sich u.a. in den Gebieten Betschenrohr, Schönenwerd oder beim Bad.

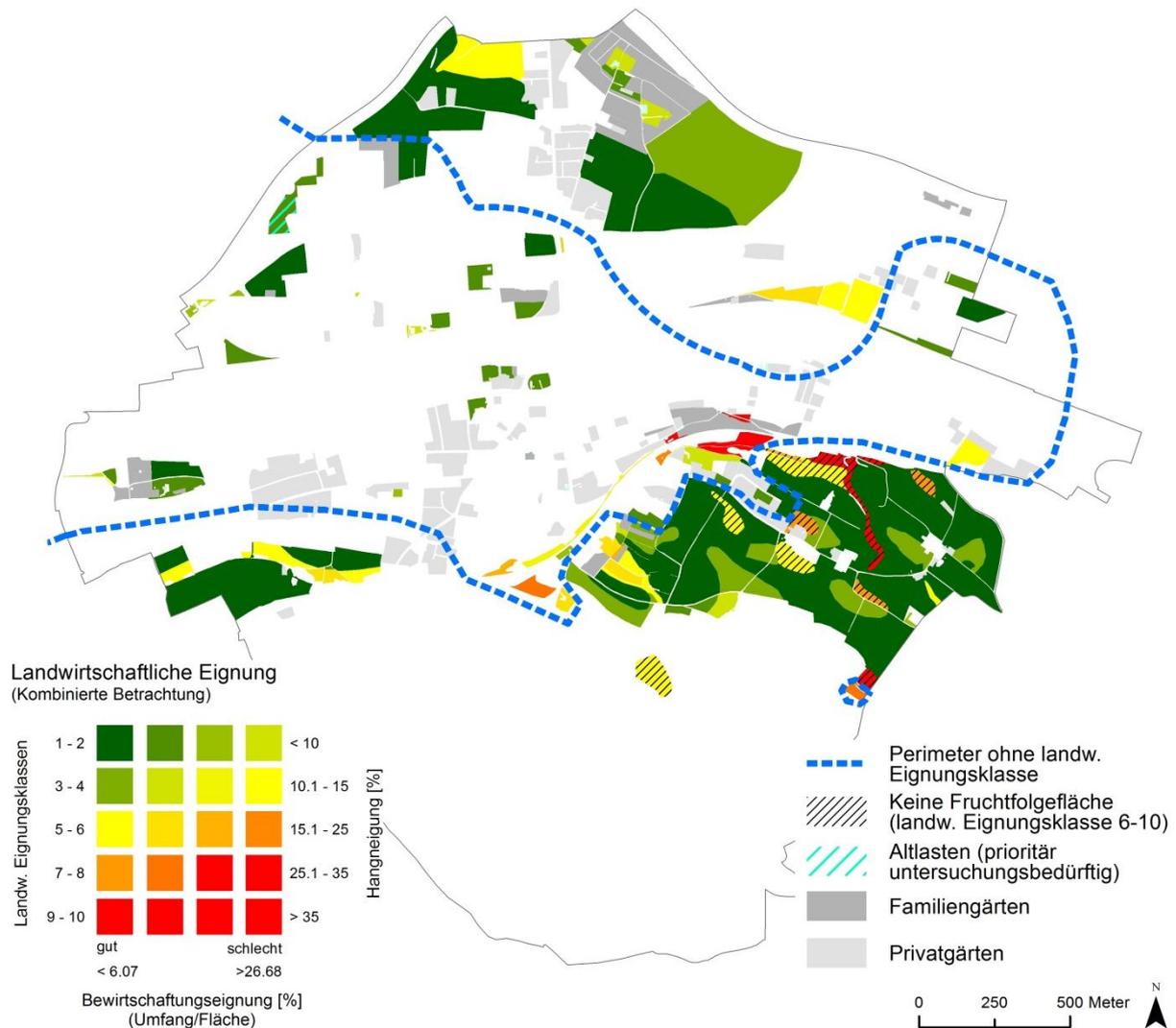


Abb. 27: Kombinierte Betrachtung der landwirtschaftlichen Eignung

**Sensitivität:**

Die Sensitivität der Berechnungen im Siedlungsraum liegt in der Klassierung, sowohl der Hangneigung als auch des Verhältnisses Umfang zur Fläche (Bewirtschaftungseignung). Die Klassierung der Bewirtschaftungseignung basiert im Gegensatz zu derjenigen der Eidgenössischen Forschungsanstalt für Agrarökologie und Landbau auf keiner wissenschaftlichen Grundlage. Somit unterliegt die Klassenfestlegung alleine den anzustrebenden Sollwerten.

**Relevanz als Planungsinstrument:**

Der Verbrauch fruchtbarer und für die Produktion geeigneter Landwirtschaftsflächen ist ein wichtiges Argument gegen eine Siedlungsausdehnung in die Landschaft. Im Sachplan Fruchtfolgeflächen des Bundes wird ein sorgfältiger Umgang mit Fruchtfolgeflächen vorgeschrieben. Darin ist u.a. festgehalten, dass jeder Kanton eine Mindestfläche an Fruchtfolgeflächen aufweisen muss (Bundesratsbeschluss vom 08.04.1992, in: ARE 2006: 13). Für Planungsakteure ist deshalb von Interesse, wo die aus produktionstechnischer Sicht bedeutendsten Landwirtschaftsflächen der Gemeinde bzw. die Fruchtfolgeflächen vorzufinden sind. Dies kann bei

der Entscheidung helfen, welche Flächen für nicht landwirtschaftliche Nutzungen bebaut oder umgenutzt werden sollen. Relevant sind dabei insbesondere jene Flächen, welche unmittelbar an bestehende Siedlung angrenzen oder innerhalb der Bauzone liegen. Vielfach fällt dort der Siedlungsdruck besonders stark aus. Die aufgezeigten Eignungspotentiale ermöglichen Planern die Schwerpunkte der Siedlungsausdehnung oder der Verdichtung so zu setzen, dass potentiell geeignete Flächen zur Nahrungsmittelproduktion möglichst erhalten bleiben.

Allerdings ist zu unterscheiden bezüglich der Flächen inner- und ausserhalb des Siedlungsgebiets. Im Siedlungsraum kommt der Nahrungsmittelproduktion gegenüber erholungsfunktionalen, sozialen und identitätsstiftenden Qualitäten des Nahrungsmittelanbaus eine geringere Bedeutung zu. Eine Übersicht zu den aus produktionstechnischer Sicht wichtigsten Flächen kann dennoch auch innerhalb des Siedlungsgebiets nützlich sein. So lässt sich Verdichtung auf jenen Flächen priorisieren, welche ein geringeres Potential für die Nahrungsmittelproduktion aufweisen. Flächen mit hohem Potential sind dagegen für Nutzungen zu bevorzugen, welche das landwirtschaftliche Potential erhalten.

## 5.5 Soziale und identitätsstiftende Qualität

### Interpretation der Resultate:

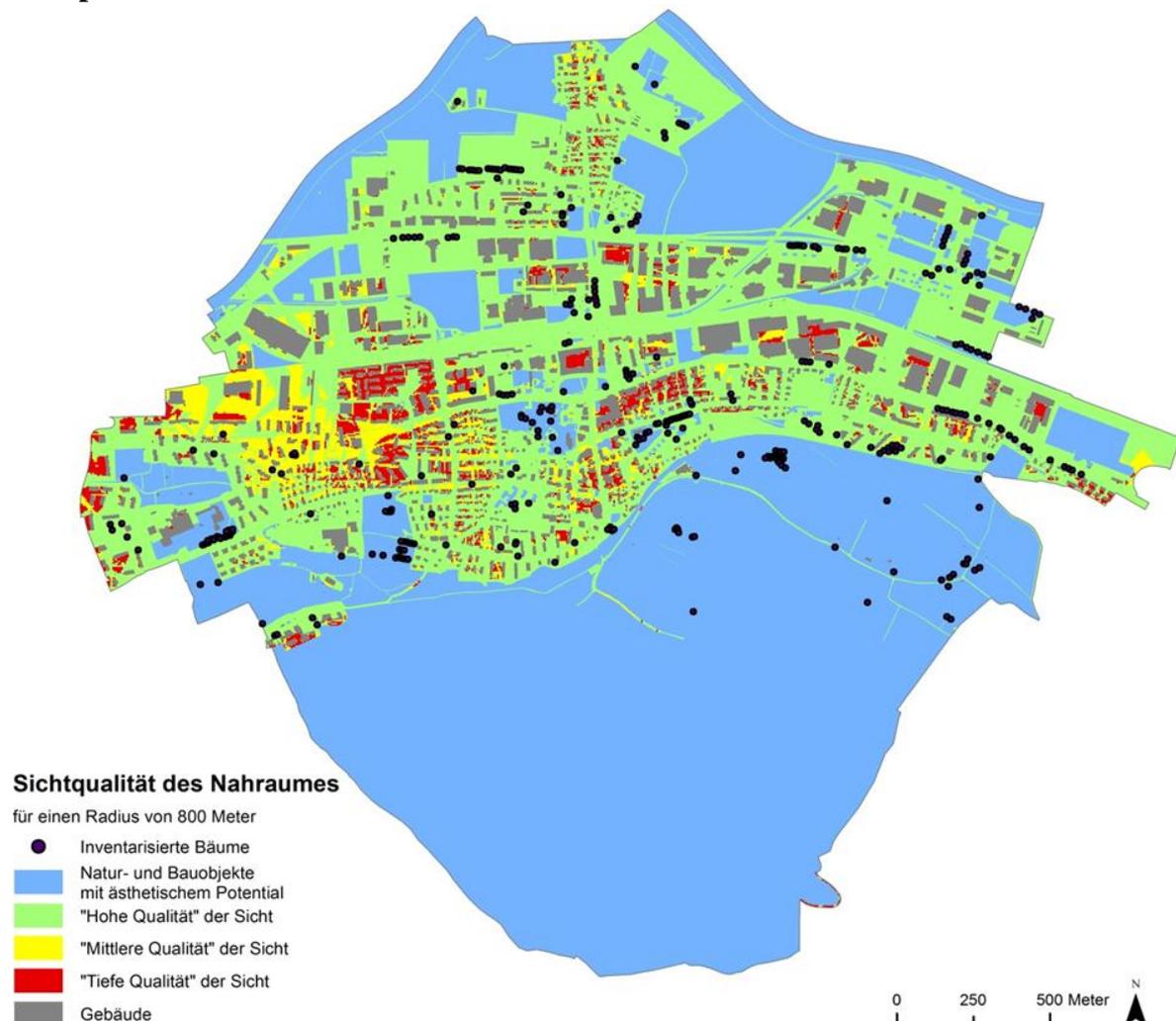


Abb. 28: Sichtqualität des Nahraums, für einen Radius von 800 m

Die Sichtqualität des Nahraumes auf ästhetische Elemente ist in Abb. 28 dargestellt. Rote Flächen, ohne Sicht auf ästhetische Objekte, finden sich vor allem im Gebiet Pfaffenwis und im Zentrum. Die gelben Flächen, mit Sicht lediglich auf ästhetische Objekte mit „mittlerem“ Potential sind ebenfalls vorwiegend im westlichen Gemeindeteil vorzufinden. Nebst der Sichtqualität sind in Abb. 28 auch die als ästhetisch bestimmten Elemente aufgeführt.

### Sichtqualität des Tiefenraumes

für einen Radius von 800 - 3000 Meter

- Landschaftselemente mit ästhetischem Potential
- "Hohe Qualität" der Sicht
- "Tiefe Qualität" der Sicht
- Gebäude

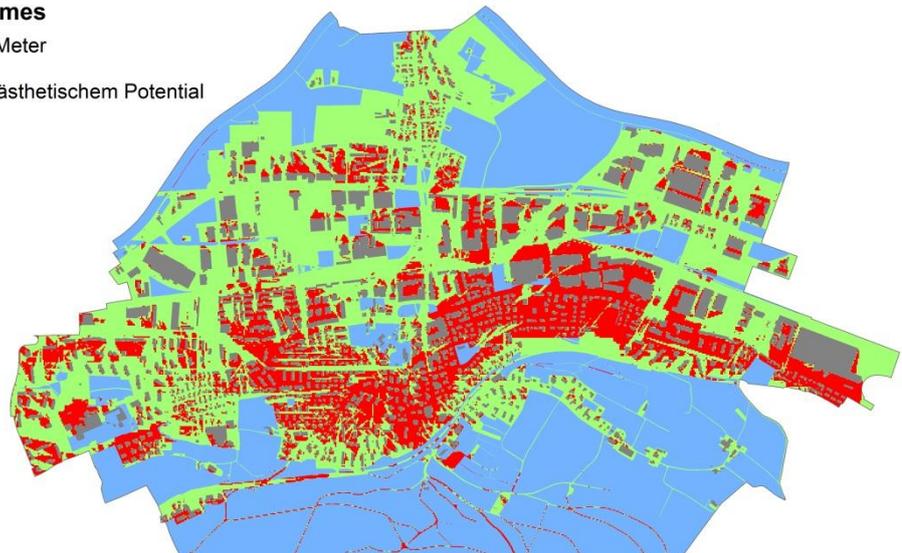


Abb. 29: Sichtqualität des Tiefenraums, für einen Radius zwischen 800 m und 3000 m

### Kombinierte Sichtqualität

Sichtqualität des Nah- und Tiefenraums

- Inventarisierte Bäume
- Natur- und Bauobjekte mit ästhetischem Potential
- "Hohe Qualität" der Sicht
- "Tiefe Qualität" der Sicht
- Gebäude

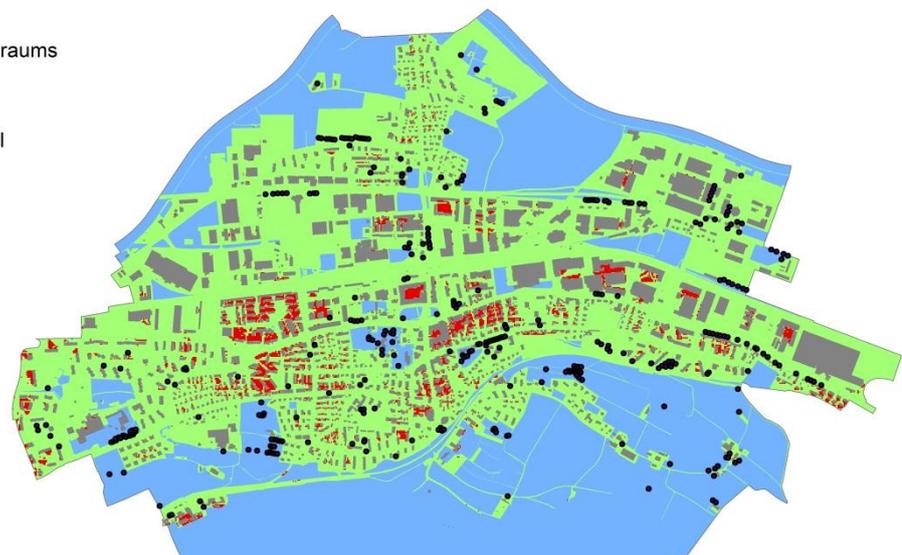


Abb. 30: Kombinierte Sichtqualität für den Nah- und Tiefenraum

Aussagen über die Sichtqualität sind jedoch differenziert vorzunehmen. Sichtbeeinträchtigungen resultieren teilweise in Innenhöfen oder Innenbereichen von Wohnsiedlungen, während für den Aussenbereich eine hohe Sichtqualität vorliegt.

Einschränkungen der Sichtqualität für den Tiefenraum (800 m bis 3000 m) sind vor allem in den dicht bebauten Gebieten zu erkennen (Abb. 29). Da die Höhendifferenz zu den umliegen-

den Hügeln relativ gering ist, genügen auch niedrige Gebäudehöhen, um die Sichttransparenz in den Tiefenraum einzuschränken. An Freiflächen, Geleisen oder Strassen angrenzende Gebiete dagegen weisen gute Sichtqualitäten auf, da dort das Blickfeld in den Tiefenraum erhalten bleibt. Ob die Sichtqualität von einem Punkt aus (z.B. nahe einer Strasse) aufgrund der guten Sicht in den Tiefenraum als hoch beurteilt werden kann ist jedoch in Frage zu stellen, da sichtbeeinträchtigende Faktoren nicht in die Berechnungen mit einfließen.

Die Kombination von Nah- und Tiefenraum (Abb. 30) ermöglicht eine Übersicht über jene Gebiete, die weder eine Sicht auf ästhetische Objekte des Nah-, noch des Tiefenraumes aufweisen. Diese decken sich grösstenteils mit den Gebieten eingeschränkter Sichtqualität des Nahraumes.

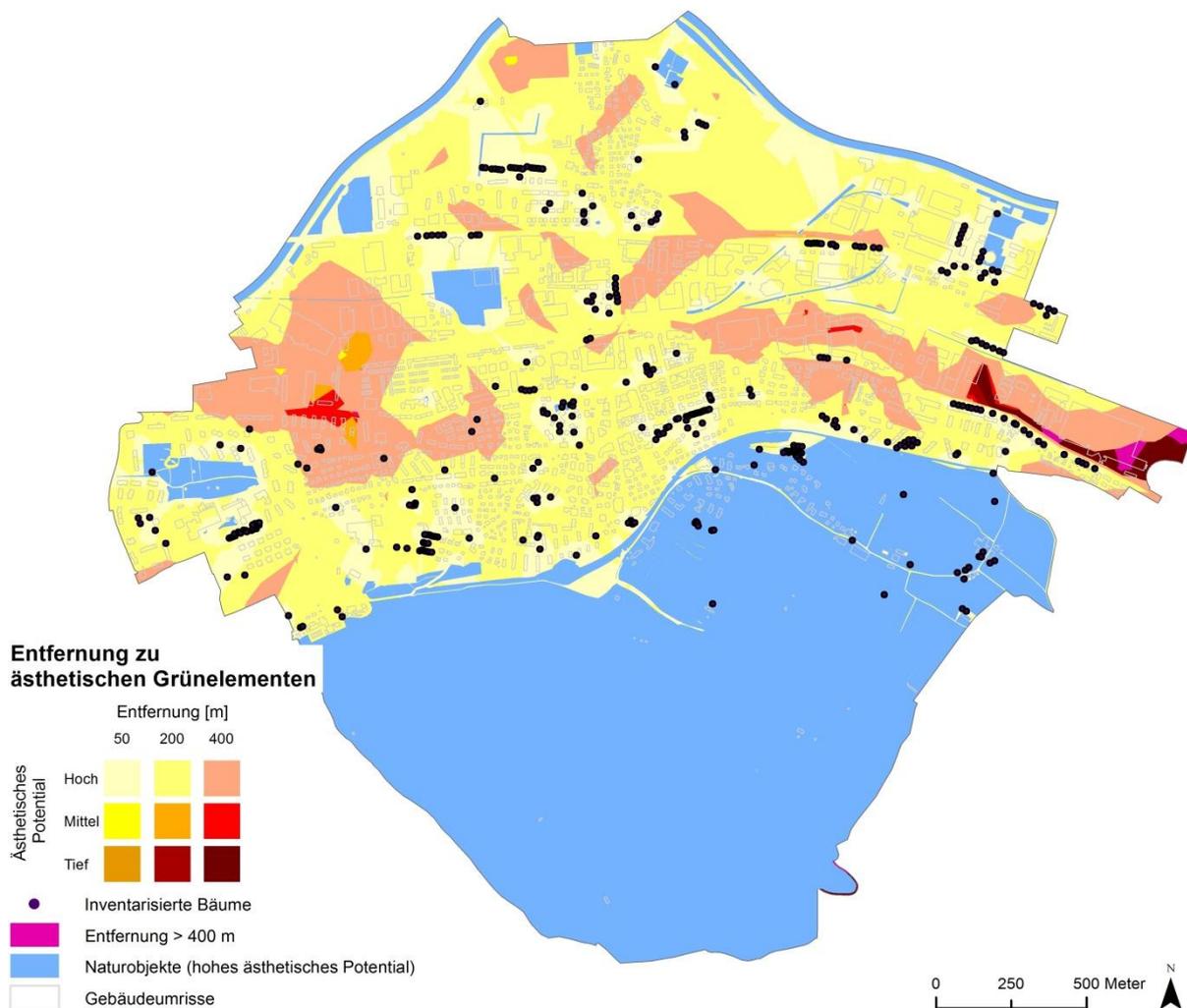


Abb. 31: Entfernung zu ästhetischen Grünelementen

In Abb. 31 ist die Entfernung zu als ästhetisch bestimmten Elementen ersichtlich. Entfernungen zu Elementen mit einem tieferen ästhetischen Potential sind nur dann visualisiert, wenn sie nicht in Reichweite eines Elements mit höherem Potential liegen. Hierbei zeigt sich, dass die grössten Distanzen zu Elementen mit hohem ästhetischem Potential im Gebiet Goldschlegli, Pfaffenwis, Unteralmänd oder Mülligen vorzufinden sind. In Grenzgebieten ist allerdings

auf die in den Berechnungen nicht integrierten inventarisierten Objekte der Nachbargemeinden hinzuweisen.

Im Vergleich zur erholungsfunktionalen Versorgung, wo ebenfalls die Distanz als Indikator verwendet wird, spielen Kapazitäten in den Berechnungen keine Rolle. Die Betrachtung ästhetischer Elemente kann einer Vielzahl an Personen gleichzeitig einen Nutzen erbringen, ohne dabei die ästhetische Qualität negativ zu beeinflussen.

### Sensitivität:

Die grösste Schwierigkeit in der Bestimmung ästhetischer Qualitäten ist die Einteilung des ästhetischen Potentials, durch welches die aufgezeigten Resultate entscheidend beeinflusst werden. Generische Ansätze lassen sich hierbei schwierig anwenden, da ästhetische Anforderungen an eine Landschaft oder ein Landschaftselement je nach Person, Betrachtungswinkel, Zeitpunkt, Ortschaft, Kulturkreis, etc. voneinander abweichen können. Zudem hängt Ästhetik massgeblich von der Gestaltung ab. Dabei kann z.B. ein Wohngebiet durchaus eine attraktive Gestaltung aufweisen, obschon dafür kein ästhetisches Potential angenommen wird. Andererseits können Grünräume wie ein Park, trotz ästhetischem Potential, auch als unästhetisch empfunden werden, z.B. aufgrund mangelnder Pflege.

Nebst der Wahl der ästhetischen Elemente wirkt sich der zu berechnende Radius für den Nah- und Tiefenraum des Blickfelds auf das Resultat aus. Abb. 32 zeigt die Veränderung des Blickfelds für den Nahraum, für unterschiedliche Radien. Die Sichtveränderungen für die angenommenen Radien erweisen sich jedoch als gering und beschränken sich hauptsächlich auf das in Abb. 32 dargestellte Gebiet.



Abb. 32: Veränderung der Sichtqualität des Nahraumes, für unterschiedliche Radien (links 500 m, rechts 650 m)

Hinsichtlich der Distanz zu ästhetischen Elementen liegt die Sensitivität, nebst der Festlegung von ästhetischen Objekten, in der zu berechnenden Entfernung. Die maximale Entfernung, in welcher ästhetische Elemente zu erreichen sind, ist dabei je nach Zielgrösse anzupassen und beeinflusst das Resultat massgeblich.

**Relevanz als Planungsinstrument:**

Für die Siedlungsplanung können die vorgestellten Ansätze nützlich sein um aufzuzeigen, wo Gebiete mit eingeschränkter Sichtqualität bzw. wo wenige oder keine ästhetische Elemente vorzufinden sind. So können Schwerpunktgebiete für Massnahmen zur Verbesserung der ästhetischen Qualitäten verortet werden. Auch zeigen die Karten, wo sich Gebiete mit hoher Sichtqualität befinden. Diese können sich z.B. für neue Wohnbebauungen besser eignen, als solche mit beeinträchtigten Sichtqualitäten. Dieselben Aussagen lassen sich auch für die distanzbezogenen Berechnungen ableiten.

Bei der Verdichtung ist darauf zu achten, dass die Sichtqualität so wenig Beeinträchtigung erfährt wie möglich. Dies kann durch eine gezielte Anordnung von Gebäuden, den Schutz und Pflege ästhetischer Elemente, sowie einer visuell attraktiven Neugestaltung von Landschaftselementen erreicht werden. Die Berechnung der Sichtqualität stellt dabei eine Möglichkeit dar, vor allem identitätsstiftende Qualitäten von Freiräumen räumlich zu erfassen, während die distanzbezogene Betrachtungsweise eher die sozialen Qualitäten betont.

Im Vergleich zur Sichtqualität hat die Anordnung oder Höhe von Gebäuden weniger Einfluss auf die Erreichbarkeit ästhetischer Elemente, da diese nebst den ästhetischen Elementen vom Wegenetz abhängt. Verdichtung sollte deshalb so vorgenommen werden, dass bestehende Verbindungen und Elemente erhalten und aufgewertet bzw. neu geschaffen werden.

Entscheidend für beide Ansätze jedoch ist, nach welchen Kriterien ästhetisches Potential festgelegt wird. Ästhetische Qualitäten sind, wie erwähnt, objektiv nur schwierig festzulegen. Eine Überbauung kann, auch wenn sie z.B. keine inventarisierten Objekte enthält, durchaus ästhetisch gestaltet sein.

Bevor Interpretationen und Aussagen bezüglich ästhetischer Elemente erfolgen, sollte deshalb eine möglichst hohe Zustimmung über die Zuweisung des ästhetischen Potentials vorliegen. Dies kann etwa durch die frühzeitige Einbeziehung der Bevölkerung oder weiterer Interessensvertreter vorgenommen werden.

## 5.6 Biodiversität

### Interpretation der Resultate:

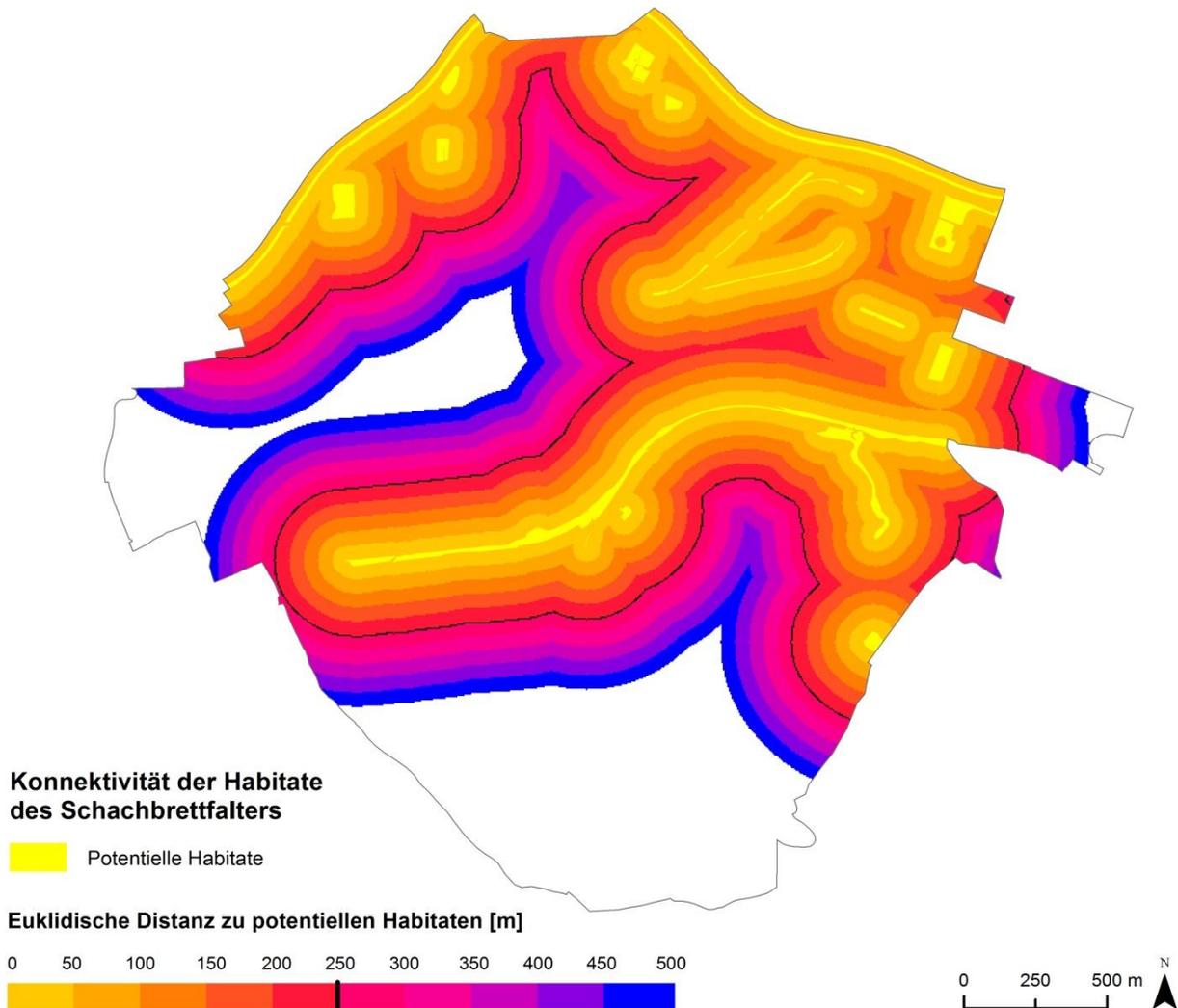


Abb. 33: Potentielle Verbreitung und Konnektivität von Habitaten des Schachbrettfalters

In Abb. 33 sind die potentiellen Habitate des Schachbrettfalters in Schlieren dargestellt. Die grössten zusammenhängenden Flächen sind bei der Bahn und am Limmatufer vorhanden. Ausserdem zeigt Abb. 33 die Konnektivität der Habitate, über die euklidische Distanz. Daraus wird ersichtlich, dass alle potentiellen Habitate innerhalb einer Distanz von 500 m miteinander verbunden und somit für den Schachbrettfalter erreichbar sind. Besonders geringe Distanzen bzw. gute Konnektivität der Trockenhabitats liegen im östlichen Gemeindeteil vor.

Potentielle Habitate des kleinen Wasserfroschs und deren Konnektivität sind aus Abb. 34 ersichtlich. Gute Konnektivität besteht vor allem zwischen den an der Limmat gelegenen Auenwaldflächen. Zum Uferbereich der Limmat ist anzumerken, dass dieser auch ausserhalb der Gemeindegrenze (Gemeinde Unterengstringen) nicht unterbrochen wird und somit die Konnektivität gewährleistet bleibt. Eine eher schlechte Konnektivität liegt zwischen den stehenden Gewässern im Siedlungsgebiet vor.

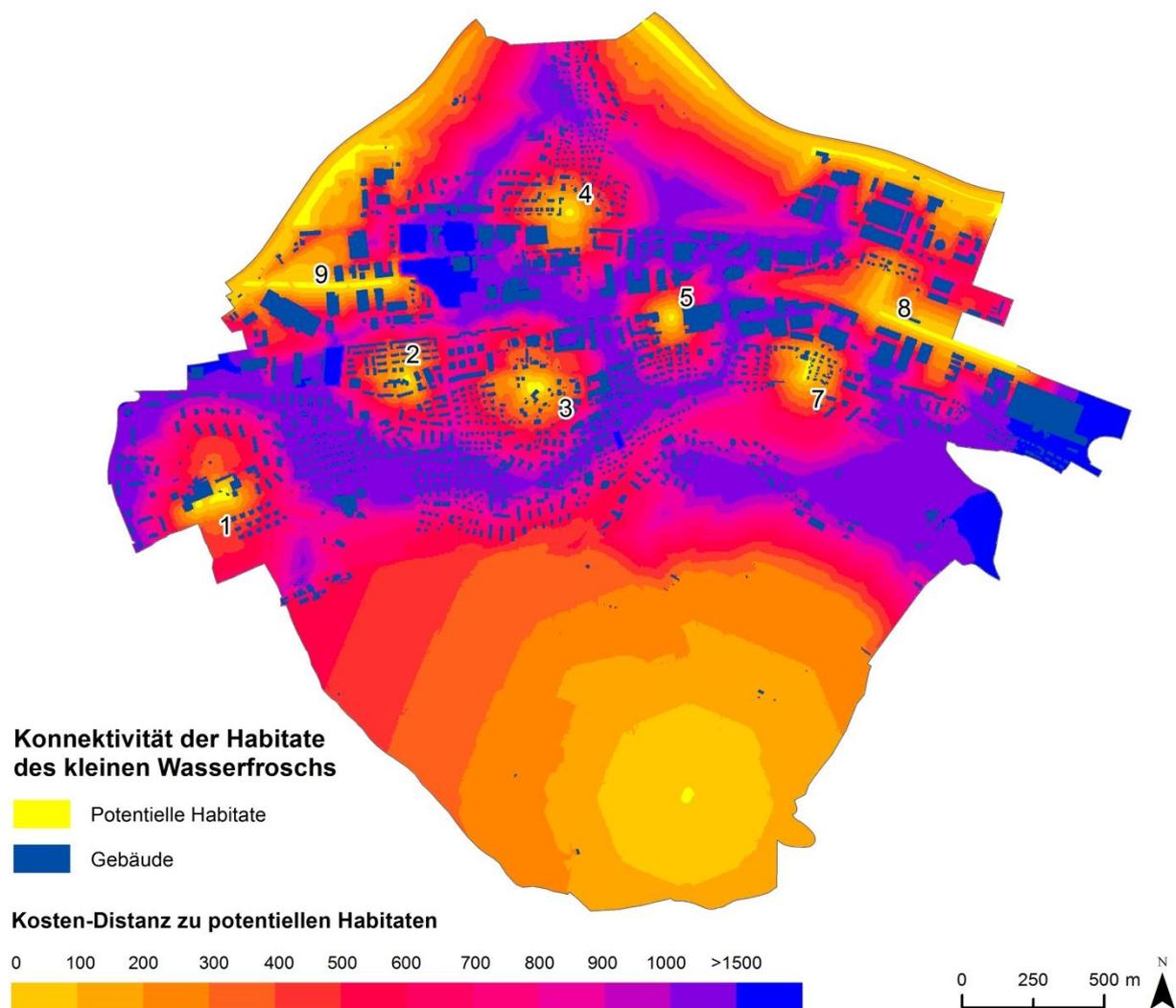


Abb. 34: Konnektivität von Habitaten des kleinen Wasserfroschs

Aussagen über die Qualität der Habitate können aus den Visualisierungen jedoch nicht abgeleitet werden. So ist die Grösse der Habitate nicht ersichtlich, da die Eignung des von den Gewässern umgebenden Raumes nicht beurteilt werden kann. Auch über die strukturelle Ausstattung sind keine Aussagen möglich. Habitate sind deshalb bezüglich ihrer Qualität individuell zu betrachten.

Beispielsweise zeigt sich, dass die in Abb. 34 nummerierten Habitate 1, 3 und 5 in Parkanlagen, mit viel mittlerer und hoher Vegetation situiert sind. 2 und 4 dagegen sind neu angelegte Teiche in Wohn- oder Arbeitsgebieten mit wenig humusiertem Umschwung. Bei 7 und 8 handelt es sich gemäss den Luftbildern (Orthophoto 2005/06) um Wassergräben, welche beide an Sportplätze grenzen. 9 steht für das Feldgehölz am Rietbach. Die übrigen Habitate befinden sich nahe der Limmat oder im Schliererwald.

Diese Ausführungen legen dar, dass sich die als potentielle Habitate ausgewiesenen Flächen erheblich in ihrer Qualität unterscheiden. Zudem bezieht sich die aufgezeigte Konnektivität lediglich auf die Gemeindefläche Schlierens. Dies erweist sich vor allem für die Betrachtung der nahe der Gemeindegrenze liegenden Habitate als Nachteil.

### Sensitivität:

Die Sensitivität der Konnektivitätsberechnung für den kleinen Wasserfrosch liegt in der Festlegung der Widerstandswerte für die verschiedenen Grünraumtypen und Strassenklassen. Die durch die Experten vorgenommene Bestimmung ist nicht einheitlich. Abb. 35 zeigt die Resultate der Kostenentfernungsanalyse nach den Widerstandswerten der Experten Ryser (links) und Zumbach (rechts). Die Unterschiede sind vor allem darauf zurückzuführen, dass unterschiedliche Aussagen über die Habitateignung vorliegen.

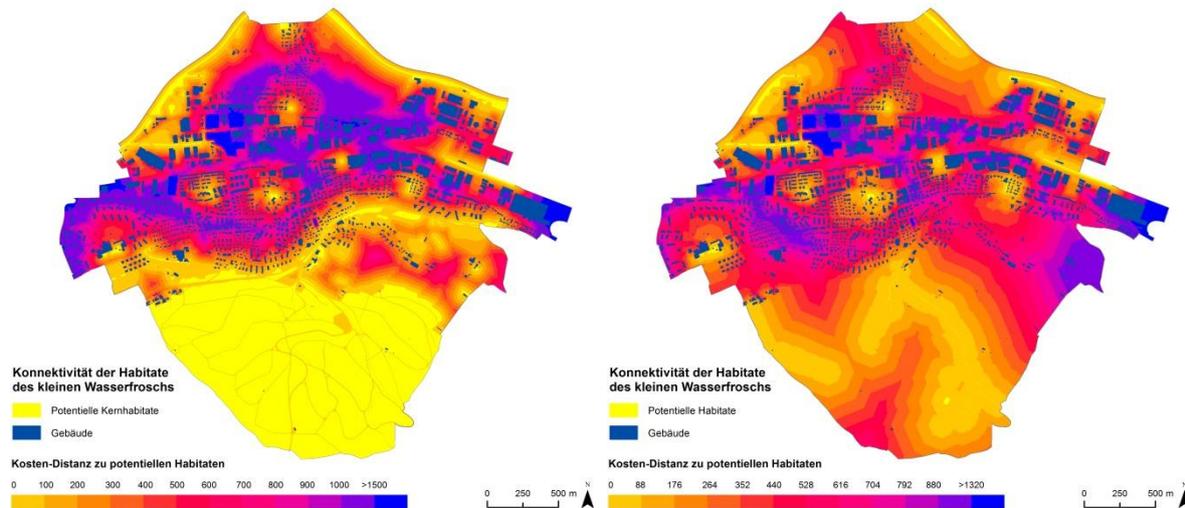


Abb. 35: Kostendistanzanalyse für Widerstandswerte nach Ryser (links) und Zumbach (rechts).

Da die Widerstandswerte von Zumbach durchschnittlich 12% über denjenigen von Ryser liegen, wird die Klassierung in Abb. 35 entsprechend angepasst

### Relevanz als Planungsinstrument:

Für Planer können die aufgezeigten Resultate in zweifacher Weise nützlich sein: Erstens wird aufgezeigt, wo sich potentielle Lebensräume oder Korridore der gewählten Leitart befinden. Dies kann hilfreich sein zur Entscheidung, wo Verdichtung oder Umnutzung gefördert werden soll. Zweitens zeigen die Resultate auf, wo Defizite in der Konnektivität oder im Angebot an Lebensräumen bestehen. Dies ermöglicht Vernetzungsprojekte gezielt dort zu realisieren, wo diese benötigt werden. Beispielsweise können Gebiete mit besonders hohen Widerständen ausfindig gemacht und aufgewertet werden.

ArcGIS bietet ausserdem die Möglichkeit, denjenigen Weg mit den geringsten kumulativen Kosten zwischen zwei Habitaten zu berechnen (Abb. 36). Dadurch wird ersichtlich, wo Individuen Gefahren ausgesetzt sind, z.B. durch die Überwindung einer Strasse. Mit der Schaffung neuer Korridore oder der Verringerung bestehender Gefahren kann die Mortalitätsrate so gesenkt werden.

Die aufgezeigten Ansätze lassen aber keine Schlüsse über die tatsächliche Eignung der Habitate zu. Wo, welche und wie viele Arten vorkommen, kann nur über eine Bestandesaufnahme abgeschätzt werden. Ausserdem ist keinesfalls gewährleistet, dass eine Art denjenigen Pfad wählt, welcher die geringsten Kosten aufweist. Durch das Aufzeigen optimaler Pfade aber

können gezielte Massnahmen gefördert werden, welche die Anreize erhöhen, dass sich eine Art in die gewünschte Richtung bewegt. Die generalisierte Betrachtungsweise hat aber den Nachteil, dass wichtige kleinräumige Korridore oder Hindernisse übersehen werden können.

Entscheidend aus Sicht der Planung ist das in Opdam et al. (2005: 326) erwähnte Ambitionslevel. Dieses bestimmt letztlich, wie hoch die ökologische Qualität, bzw. die Anzahl an zu schützenden und zu fördernden Arten liegen soll. Der vorgestellte Ansatz gewährt dazu einen Überblick, wo für die betrachtete Leitart geeignete Korridore geschaffen oder neue Habitate errichten werden können.

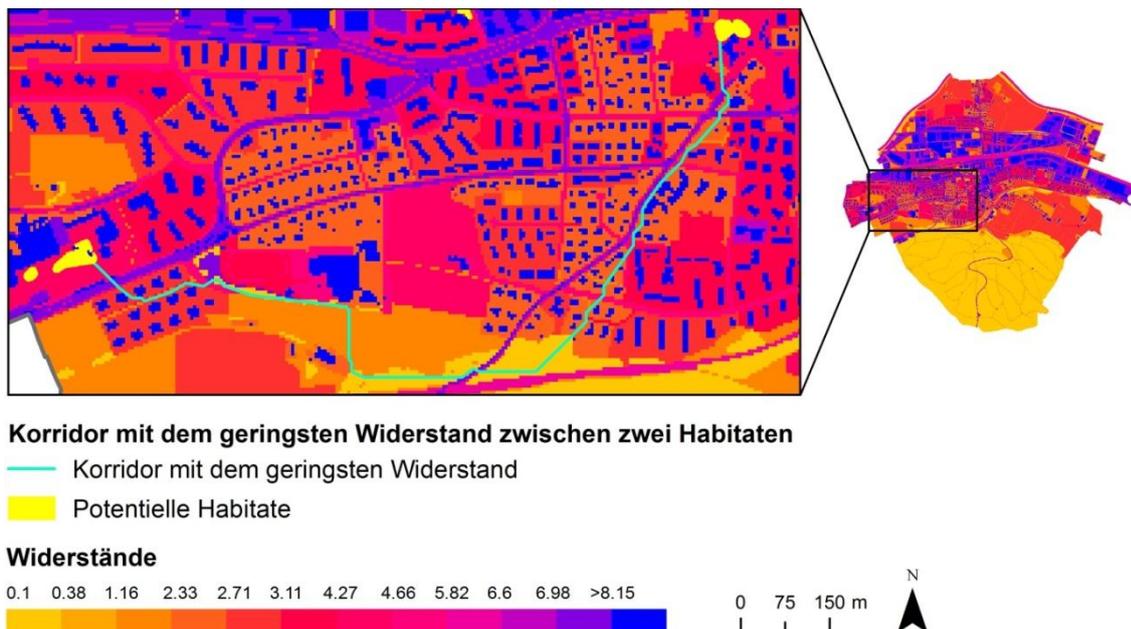


Abb. 36: Korridor mit dem geringsten Widerstand zwischen zwei potentiellen Habitaten

## 6 Berechnungen und Resultate für die Szenarien

Im vorliegenden Kapitel erfolgt die Berechnung von Ökosystemleistungspotentialen für vier unterschiedliche Verdichtungsszenarien. Dazu wird in Abschnitt 6.1 auf die Hintergründe eingegangen, auf welchen die Ausarbeitung der Szenarien basiert. Anschliessend erfolgt eine tabellarische Auflistung der unterschiedlichen Ausprägungen der Szenarien (Abschnitt 6.2).

Vorgehensweise und verwendete Grundlagen für die Modellierung der Szenarien in ArcGIS sind in Abschnitt 6.3 aufgeführt. Schliesslich erfolgt die Berechnung und Interpretation der Resultate für die sechs Bereiche von Ökosystemleistungen, nach den bereits für den Ist-Zustand erfolgten Methoden (Abschnitt 6.4). Exemplarisch wird dazu aufgezeigt, inwiefern sich die Qualität der Ökosystemleistungen in den jeweiligen Szenarien, im Vergleich zum Status Quo verändert.

### 6.1 Hintergrund

Im Forschungsprojekt NFP65 „SUPat – Sustainable Urban Patterns“ wurden für das gesamte Limmattal<sup>1</sup> vier Siedlungsentwicklungsszenarien für das Jahr 2030 ausgearbeitet. Schlieren dient in dieser Arbeit als Testgemeinde. Die Szenarien sollen helfen herauszufinden, welche Siedlungsmuster nachhaltig und für die zukünftige Entwicklung anzustreben sind.

Die Eintreffenswahrscheinlichkeit der Szenarien ist von untergeordneter Bedeutung, da verlässliche Prognosen über eine Zeitspanne bis ins Jahr 2030 nicht möglich sind. Die Szenarien sind aus methodischen Gründen schematisch aufgebaut, um die Vergleichbarkeit untereinander zu gewährleisten und eine vertiefte Analyse zu ermöglichen. In der Realität ist eine Entwicklung als Mischform aus allen Szenarien aber eher anzunehmen (Wissen Hayek et al. 2011: 2).

Für die Ausarbeitung der Szenarien erfolgte unter der Mitarbeit regionaler Stakeholder die Ableitung von Einflussgrössen. Diese beruhen auf der Fragestellung, welche Entwicklung für das Limmattal als nachhaltig beurteilt werden kann bezüglich (Wissen Hayek et al. 2011: 2):

- städtebaulich-architektonischer Gestaltung;
- Ästhetik und der Wahrnehmung öffentlicher Räume;
- Anpassungsfähigkeit, Flexibilität und räumlicher Umnutzbarkeit;
- ökologischer und sozialer Nachhaltigkeit;
- verändernder ökonomischer Produktivitätsansprüche einer Dienstleistungs- und Wissensgesellschaft.

Anschliessend wurden elf Variablen bestimmt, welche die Stakeholder als besonders wichtig für die Entwicklung des Limmattals erachten. Diese sind: Planungskultur, Gemeindestruktur, Wirtschaftsentwicklung, Bevölkerungsentwicklung, Lebensstilgruppen, Segregation, Energieeffizienz, Verkehrsinfrastruktur, lokale Identität, ökologische Vernetzung und die Nutzungsdichte (Wissen Hayek et al. 2011: 3).

<sup>1</sup>Das Limmattal umfasst die 15 Gemeinden: Baden, Dietikon, Ennetbaden, Geroldswil, Killwangen, Neuenhof, Oberengstringen, Oetwil, Schlieren, Spreitenbach, Unterengstringen, Urdorf, Weiningen, Wettingen, Würenlos und das Quartier Altstetten (Stadt Zürich) (Wissen Hayek et al. 2011: 4).

Weiter wurden Dimensionen definiert, nach welchen die Beschreibung der Szenarien erfolgt. Diese betreffen (Wissen Hayek et al. 2011: 4):

1. Den Funktionalraum, die Rolle des Limmattals in der Schweiz und die Kultur im Limmattal: Dazu zählen internationale und nationale Beziehungen, funktionale Bezüge, Vernetzung, Entwicklungsdynamik, vorherrschende gesellschaftliche Werte, Planungskultur (Partizipation, Kooperation) und die Gemeindestruktur.
2. Die Struktur, Gestalt und Form der natürlichen und gebauten Umwelt: Aspekte bezüglich der Struktur werden durch die Topographie, Flächennutzung, Infrastruktur und die Zonenplanung beeinflusst. Die Gestalt wird durch Wachstumspotentiale, Transportkapazitäten und die Belastbarkeit der lokalen Identität bestimmt. Die Form ergibt sich durch den Städtebau, die Architektur und die Gestaltung des öffentlichen Raumes.
3. Spezifische regionale Potentiale: Diese beinhalten die Wohn- und Lebensqualität, die Attraktivität des Wirtschaftsstandorts und die Qualität der Umweltdienstleistungen.

## 6.2 Die vier Szenarien

Die Ausprägungen der vier Szenarien für die Entwicklung des gesamten Limmattals bis ins Jahr 2030 zeigt Tab. 22 auf:

Tab. 22: Grundannahmen für die vier Szenarien (Wissen Hayek et al. 2011: 3)

Einflussgrössen	Ausprägungen	Ausprägungen	Ausprägungen	Ausprägungen
	Charakterstadt	Smart City	Dynamik pur	Charming Valley
<b>Planungskultur</b>	Sehr gute Partizipation der Bevölkerung und interne Kooperation in der Gemeindeverwaltung, extern gute Kommunikation mit Gemeinden	Partizipative Elemente zur Einbeziehung der Bevölkerung, intern (Gemeindeverwaltung) gute Kooperation, gute Vernetzung zwischen Gemeinden	Partizipative Elemente zur Einbeziehung von Bevölkerung, keine Kooperation innerhalb Gemeinden	Partizipative Elemente zur Einbeziehung von Bevölkerung, intern (Gemeindeverwaltung) gute Kooperation, gute Vernetzung zwischen Gemeinden
<b>Gemeindestruktur</b>	Limmattalstadt	Limmattalstadt	16	16
<b>Wirtschaftsentwicklung</b>	138'000 Beschäftigte (Zuwachs: + 20'500; + 17%)	138'000 Beschäftigte (Zuwachs: + 20'500; + 17%)	138'000 Beschäftigte (Zuwachs: + 20'500; + 17%)	138'000 Beschäftigte (Zuwachs: + 20'500; + 17%)
<b>Bevölkerungsentwicklung</b>	196'600 Einwohner (Zuwachs: + 31'000; +19%)	196'600 Einwohner (Zuwachs: + 31'000; +19%)	196'600 Einwohner (Zuwachs: + 31'000; +19%)	196'600 Einwohner (Zuwachs: + 31'000; +19%)
<b>Lebensstilgruppen</b>	Dynamische Lebensstilvielfalt, durch Planung gesteuert	Fokussierung auf spezifische Lebensstilgruppen	Dynamische Lebensstilvielfalt, gesteuert durch Marktkräfte, nicht durch Planung	Dynamische Lebensstilvielfalt, durch Planung gesteuert
<b>Segregation</b>	Innerhalb des Tals und den Gemeinden durchmischt, innerhalb der Baublöcke und Objekte separiert	Innerhalb des Tals durchmischt, innerhalb der Gemeinden, Baublöcke und Objekte separiert	Innerhalb des Tals durchmischt, innerhalb der Gemeinden, Baublöcke und Objekte separiert	Innerhalb des Tals durchmischt, innerhalb der Gemeinden und Baublöcke durchmischt, innerhalb der Objekte eher separiert
<b>Energieeffizienz</b>	BFE Scenario III, (-19%)	BFE Scenario IV, (-31%)	BFE Scenario I, (-3%)	BFE Scenario III, (-19%)
<b>Verkehrsinfrastruktur</b>	Limmattalbahn	Limmattalbahn und Querverbindungen	Ohne Limmattalbahn	Limmattalbahn und Querverbindungen
<b>Lokale Identität</b>	Starke eigene Charakterentwicklung	Starke eigene Charakterentwicklung	Keine eigene Charakterentwicklung	Starke eigene Charakterentwicklung
<b>Ökologische Vernetzung</b>	Vernetzung verbessert, inselhafte Vernetzung, regional eher schlecht	Vernetzung verbessert, inselhafte Vernetzung, regional eher schlecht	Keine aktive Schaffung von Vernetzung	Optimal auf regionaler Ebene
<b>Nutzungsdichte</b>	Moderate Erhöhung v.a. in Zentrumszonen, leichte Erhöhung in Wohnzonen und erhöhte Multifunktionalität (Zentrumszonen AZ = 1,9, Wohnzonen AZ = 0,9)	Starke Erhöhung in Zentrumszonen, moderate Erhöhung in Wohnzonen und stark erhöhte Multifunktionalität (Zentrumszonen AZ = 2,3, Wohnzonen AZ = 1,3)	Moderate Erhöhung v.a. in Zentrumszonen, leichte Erhöhung in Wohnzonen und erhöhte Multifunktionalität (Zentrumszonen AZ = 1,9, Wohnzonen AZ = 0,9)	Leichte Erhöhung in Zentrumszonen und erhöhte Multifunktionalität (Zentrumszonen AZ = 1,6, Wohnzonen AZ = 0,6)

### 6.3 Modellierung der Szenarien

Um die vorgestellten Berechnungsansätze auf die Szenarien anzuwenden ist die Grünraumtypologie mit den im Projekt SUPat definierten Entwicklungsszenarien zu verknüpfen. Die Modellierung und Verknüpfung der Szenarien mit der Grünraumtypologie basiert auf den in Tab. 22 erläuterten Grundannahmen und der Beschreibung der Szenarien nach Wissen Hayek et al. (2011: 3f). Zusätzlich wurden die wichtigsten baulichen Entwicklungen anlässlich einer Sitzung von der Forschungsgruppe des Projekts SUPat festgelegt (Besprechung vom 16.03.2012).

Die Umsetzung der Digitalisierung erfolgt mittels georeferenzierten Plänen (z.B. Gestaltungsplänen und Stadtentwicklungskonzepten). Für Gebäude ohne Plangrundlagen werden bestehende, zonenkonforme Gebäude als Schablonen benutzt und in ArcGIS in die entsprechenden Baufelder kopiert (Besprechung vom 16.03.2012). Die verwendeten Grundlagen für die Modellierung der Szenarien sind nachfolgend aufgeführt. Weitere bauliche Ausprägungen in den Szenarien beziehen sich auf die Besprechung vom 16.03.2012. Eine Visualisierung der modellierten Szenarien findet sich im Anhang D.

- Stadtentwicklungskonzept Schlieren:
  - Frei- und Grünraumkonzept Schlieren:

Das Frei- und Grünraumkonzept zeigt, wo und welche Massnahmen zur Aufwertung der Frei- und Grünraumstruktur in Schlieren anzustreben sind. Das Konzept sieht die Realisierung von öffentlichen Plätzen, Strassenräumen, Parks und Freiräumen, Bachöffnungen oder Grünverbindungen vor (Stadt Schlieren 2005).

In allen Szenarien wird das Freiraumkonzept umgesetzt, jedoch in unterschiedlichem Masse. Im Szenario Charming Valley ist für Plätze und Parks die grösste Ausdehnung vorgesehen. Plätze werden zudem, im Gegensatz zu den restlichen Szenarien, begrünt. Neue Freiräume entstehen in allen Szenarien durch die Ausweitung des Stadtparks und die Umsetzung eines neuen Parks an der Limmat (Gebiet Zelgli). Bachöffnungen werden in allen Szenarien realisiert, mit Ausnahme von Szenario Dynamik pur, wo sich diese auf einen kurzen Abschnitt im Stadtpark beschränken.

Jedoch werden nicht alle im Konzept vorgesehenen Massnahmen für die Szenarien modelliert, da z.B. die Begrünung von Strassenräumen durch Bäume nicht der für die Grünraumtypologie verwendeten, tiefer aufgelösten Skala entspricht.

- Zielkonzept Zentrum:

Das Zielkonzept sieht verschiedene Aufwertungsmassnahmen im Zentrum Schlierens vor. U.a. sollen Verknüpfungen zwischen Räumen, sowie verkehrstechnische Massnahmen durchgeführt werden. Für die Szenarienmodellierung wichtig sind die Gestaltung eines neuen Stadtplatzes, sowie die Öffnung des Stadtparks in Richtung Bahnhof. Diese Massnahmen werden in allen vier Szenarien umgesetzt. Verknüpfungen und verkehrstechnische Verbesserungen sind im Rahmen dieser Arbeit dagegen lediglich für die Bildung des Strassennetzwerks, zur Berechnung der erholungsfunktionalen Versorgung relevant.

- Hochhauskonzept Schlieren:

Das Hochhauskonzept sieht vor, in einem abgegrenzten Gebiet der Industrie- und Zentrumszone, Hochhäuser bis 45 m Höhe zuzulassen. Für das Stadtzentrum sind Gebäude mit unbeschränkter Höhe erlaubt (Stadt Schlieren 2005). Die Realisierung des Hochhauskonzeptes findet nur im Szenario Smart City statt.

- Gesamtplan Schlieren:

Nebst den bereits erwähnten Frei- und Grünräumen enthält der Gesamtplan potentielle Baufelder für Neubauten ([www.schlieren.ch](http://www.schlieren.ch), 20.03.2012). Je nach Szenario werden diese Baufelder unterschiedlich stark verbaut. Im Szenario Dynamik pur sind die bestehenden Baufelder vollständig verbaut, in den Szenarien Smart City und Charakterstadt dagegen nur teilweise. In Charming Valley bleiben die Baufelder unbebaut, mit Ausnahme der nachfolgend aufgeführten Projekte.

- Gestaltungspläne Schlieren-West, Färbi- und Geistlichareal:

Das Projekt Schlieren-West beinhaltet den Neubau von Wohnungen auf den Arealen Goldschlegli, Pfaffenwis, Geissweid und Storchennest (Stadt Schlieren 2009). Teilweise sind diese heute bereits realisiert.

Das Projekt Färbi- und Geistlichareal wird gegenwärtig gebaut und sieht bis in das Jahr 2024 den Neubau von Gebäuden vor, welche für das Wohnen, Gewerbe und Dienstleistungen bestimmt sind ([www.amrietpark.ch](http://www.amrietpark.ch), 20.03.2012). In allen Szenarien werden die genannten Projekte umgesetzt.

- Massnahmenplan Wasser:

Der Massnahmenplan Wasser des Amts für Abfall, Wasser, Energie und Luft des Kantons Zürich (AWEL 2005: 84f) enthält mögliche Aufwertungsmassnahmen im Einzugsgebiet der Limmat. Die Massnahmen sehen vor, Uferrevitalisierungen an der Limmat durchzuführen. Für Schlieren betrifft dies das nordöstlich an die Limmat grenzende Gebiet. Die Revitalisierungsmassnahmen sollen zu einer landschaftlichen Aufwertung beitragen, den Hochwasserschutz verbessern und auentypischen Tier- und Pflanzenarten einen Lebensraum bieten. Als Erholungsraum soll das Gebiet stark aufgewertet werden. Dagegen gehen landwirtschaftliche Flächen verloren (AWEL 2005: 84). Der Massnahmenplan wird einzig im Szenario Charming Valley umgesetzt.

- Verteilung der Bevölkerung:

In allen vier Szenarien wird für Schlieren ein Bevölkerungswachstum von 4'500 und ein Beschäftigungswachstum von 3'000 Personen bis ins Jahr 2030 prognostiziert (Meyer 2011, in: Wissen Hayek 2011). Für die Berechnung des Versorgungsgrads mit öffentlichen Freiräumen ist für die Szenarien eine Verortung der Bevölkerung notwendig. Während die Wohnfläche pro Person in Charakterstadt und Charming Valley beim heutigen Stand verbleibt, steigt diese in Dynamik pur und Smart City an (Besprechung vom 16.03.2012). Daraus wird angenommen, dass auch das Bauvolumen pro Einwohner(-in) für Charakterstadt und Charming Valley

in etwa beim heutigen Wert verbleibt. Für Dynamik pur und Smart City dagegen wird mit einer Zunahme des Bauvolumens von rund 10 Prozent gerechnet (Bestätigung Wissen Hayek 26.04.2012).

Die Verteilung der zusätzlichen Einwohner und Beschäftigten erfolgt in allen Szenarien auf die neu gebauten Gebäude. Als Gebäudehöhe zugewiesen wird die in der Bauordnung vorgeschriebene Maximalhöhe, mit Ausnahme der oben genannten Projekte mit Gestaltungsplan (Stadt Schlieren 1996). Da die neuen Gebäude nicht ausreichen, um den Bevölkerungszuwachs bei gleichbleibendem oder steigendem Gebäudevolumen pro Person zu decken, werden zusätzlich die Gebäudehöhen heraufgesetzt.

In Smart City geschieht dies durch Anheben der Gebäudehöhen in den im Hochhauskonzept festgelegten Gebieten. Für die übrigen Szenarien erfolgt die Verteilung einerseits indem die in der Bodenbedeckung AV deklarierten Nebengebäude innerhalb von Wohnzonen als Wohngebäude umgenutzt werden. Andererseits werden denjenigen Gebäuden einer Zone mit den geringsten Höhen die maximale Gebäudehöhe nach der Bauordnung zugewiesen. Dies wird schrittweise und gleichmässig über alle Wohn- oder Arbeitszonen durchgeführt, bis die prognostizierte Einwohnerzahl dem gewünschten Gebäudevolumen pro Person in etwa entspricht. Die gleichmässige prozentuale Anhebung aller Gebäudehöhen, bis zum gewünschten Gebäudevolumen kann zwar systematischer und einfacher umgesetzt werden, ist jedoch als weniger realistisch zu beurteilen und wird deshalb nicht angewandt.

## **6.4 Resultate für die Szenarien**

Anschliessend wird auf die Berechnungsergebnisse für die Szenarien eingegangen. Hierzu werden die wichtigsten Erkenntnisse für alle sechs Bereiche von Ökosystemleistungen zusammengefasst. Die Ergebniskarten zu den einzelnen Szenarien sind in Anhang D aufgeführt. Die nachfolgenden Erläuterungen beziehen sich auf die Veränderungen in den Szenarien, verglichen mit dem Status Quo als Referenzzustand.

### **6.4.1 Regulierung des Wasserhaushalts**

Hinsichtlich des Oberflächenabflusses ergibt sich in allen Szenarien eine Verringerung des Abflusses im Neubaugebiet Schlieren-West. Dies ist darauf zurückzuführen, dass bestehende Industrie- und Gewerbeareale durch begrünte Wohnumfelder ersetzt werden. Wo dies bestehende bebaute Flächen betrifft, gilt dasselbe für das Färbi- und Geistlichareal.

Dagegen bewirkt die Umsetzung des Parks im Gebiet Zelgli einen leicht erhöhten Oberflächenabfluss, da für Parks ein höherer Versiegelungsanteil angenommen wird, als für die bestehenden Landwirtschaftsflächen. Ebenfalls allen Szenarien gemeinsam sind die Veränderungen der Abflusswerte im Stadtzentrum aufgrund der Umsetzung des Zielkonzeptes Zentrum. Einige Flächen weisen in allen Szenarien tiefere Abflusswerte auf, da diese im Ist-Zustand als Baustellen ausgewiesen sind. Für Baustellen wird vereinfacht eine CN von 98 gewählt, weil z.B. aufgrund der Bearbeitung mit schweren Maschinen die Infiltration stark eingeschränkt ist. Unterschiede zwischen den Szenarien zeigen sich vor allem dort, wo heute

unversiegelte Flächen verbaut werden. Dies ist besonders in Dynamik pur ersichtlich, z.B. auf neu verbauten Landwirtschaftsflächen im Gebiet Hofuren und Ifang.

In Smart City ergeben sich höhere Abflusswerte im Zentrum, sowie in Teilen der Industriezonen, wo Verdichtung stattfindet. In Charming Valley finden sich dagegen tiefere Abflusswerte einerseits aufgrund der Uferrevitalisierungen an der Limmat und andererseits aufgrund der Schaffung begrünter Plätze. Kleinräumige Veränderungen, wie die Bepflanzung durch Strassenbäume, sind jedoch in den Berechnungen nicht enthalten.

Abb. 37 zeigt die Veränderung des Oberflächenabflusses für die vier Szenarien. Daraus lässt sich folgern, dass der hohe Flächenverbrauch in Dynamik pur zum stärksten Anstieg des Oberflächenabflusses führt. Allerdings führt auch das Szenario Smart City zu einem erhöhten Abfluss, da etwa durch Verdichtung im Zentrum, zu Lasten von Freiflächen, wichtige Infiltrationsflächen verloren gehen. In Charakterstadt dagegen verringert sich der Oberflächenabfluss, da Verdichtung dort stattfindet, wo die Infiltration bereits vorher relativ tief war, z.B. auf Brachflächen beim Gaswerk. Abb. 37 soll jedoch lediglich die Unterschiede in den jeweiligen Szenarien aufzeigen. Den absoluten Werten ist, wie bereits dargelegt, eine eher geringe Aussagekraft zuzuweisen.

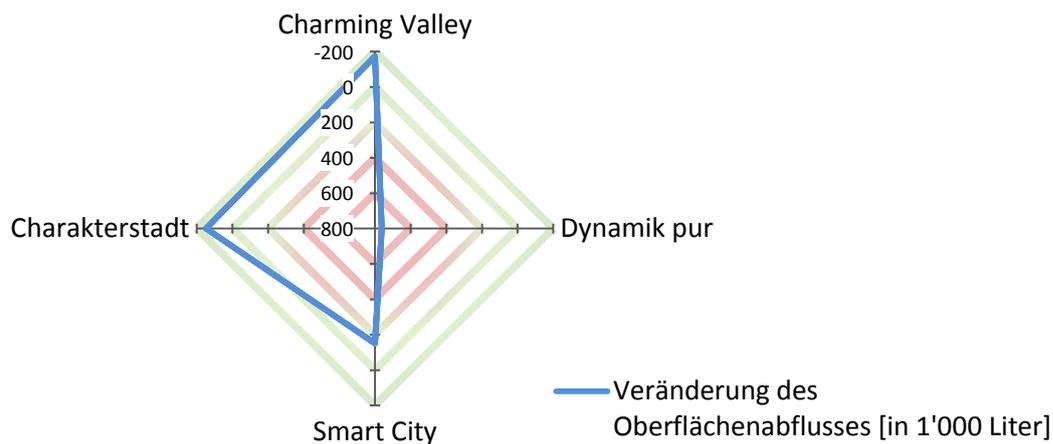


Abb. 37: Veränderung des Oberflächenabflusses

## 6.4.2 Erholungsfunktionale Versorgung

Bezüglich des Versorgungsgrades mit Freiräumen zur Naherholung ist allen vier Szenarien der tiefe Versorgungsgrad der neuen Wohngebiete Schlieren-West gemeinsam. Hierbei sind jedoch private und halbprivate Erholungsräume nicht berücksichtigt. Der neue Park im Zelgli erhöht den Versorgungsgrad nur geringfügig, da die verwendete maximale Entfernung von 400 m nicht ausreicht, um unterversorgte Gebiete abzudecken.

Unterschiede zeigen sich vor allem im Szenario Smart City, wo im Zentrum eine Abnahme des Versorgungsgrades resultiert. Dies ist darauf zurückzuführen, dass durch den Bau von Hochhäusern der Bevölkerungsanteil im Zentrum ansteigt. Die Kapazität des Stadtparks reicht dabei nicht aus, um den Versorgungsgrad vollständig zu decken. In den übrigen Szenarien dagegen führen die Neugestaltung des Zentrums, sowie die Schaffung von Plätzen zu einer Erhöhung des Versorgungsgrades in den zentrumsnahen Wohngebieten. In Dynamik pur

weist u.a. das Neubaugebiet im Raum Ifang einen tiefen Versorgungsgrad auf. Auch hier ist, wie für das Projekt Schlieren-West, darauf zu achten, dass der tiefe Versorgungsgrad mit Naherholungsflächen über einen hohen Anteil an privaten und halbprivaten Erholungsflächen kompensiert wird.

Aus Abb. 38 geht hervor, dass der Versorgungsgrad in den Szenarien Smart City und Dynamik pur prozentual am stärksten beeinträchtigt wird. Während dies in Smart City vor allem auf die Umverteilung der Nachfrage zurückzuführen ist (höherer Bevölkerungsanteil im Zentrum), sind die Gründe in Dynamik pur in der Veränderung des Freiraumangebots, durch die Verbauung bestehender Freiräume, zu finden.

Die Szenarien Charakterstadt und Charming Valley schneiden ähnlich ab. Hierzu ist anzufügen, dass in Charming Valley nebst dem Zelglipark auch die Uferrevitalisierungen an der Limmat den Versorgungsgrad nur unwesentlich beeinflussen, da das Einzugsgebiet von 400 m nicht ausreicht um zusätzliche Einwohner zu versorgen. Die aufgezeigten Veränderungen in Abb. 38 sind wiederum exemplarisch zu verstehen, da etwa der Anteil an Hausumschwung oder der Versorgungsgrad der Beschäftigten für die Szenarien nicht berechnet wird.

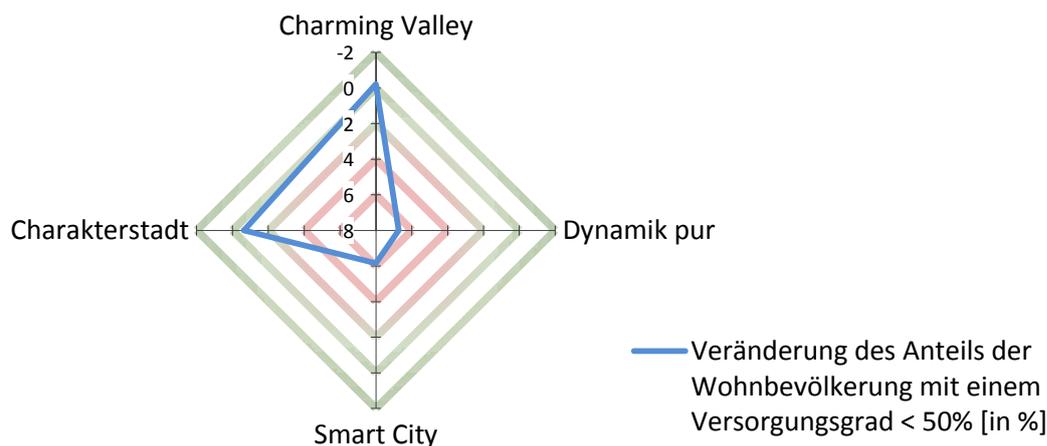


Abb. 38: Veränderung des Versorgungsgrads der Wohnbevölkerung

### 6.4.3 Regulierung des Mikroklimas und der Luftqualität

Wie bereits erläutert, eignet sich das Grünvolumen dazu, indirekte Aussagen über das Abkühlungspotential und die Luftqualitätsverbesserung durch Grünräume abzuleiten. In allen Szenarien ist mit einer Zunahme des Grünvolumens zu rechnen. Dies ist u.a. auf die Schaffung des Parks im Gebiet Zelgli und dem damit verbundenen Anstieg des Baumanteils zurückzuführen.

Auch führen die Projekte Schlieren-West, Geistlich- und Färbiareal in allen Szenarien zu einer Erhöhung des Grünvolumens, da die vorhandenen stark versiegelten Industrieflächen durch begrünte Wohngebiete ersetzt werden. Gleiches gilt für das Zentrum, wo u.a. aufgrund der Ausdehnung des Stadtparks neue Grünflächen entstehen.

Unterschiede zeigen sich vor allem in Charming Valley, wo die höchste Zunahme des Grünvolumens resultiert. Dies ist grösstenteils auf die Schaffung begrünter Plätze zurückzuführen.

Die geringste Zunahme des Grünvolumens findet in Smart City statt, was auf die Verdichtungen im Zentrum und in den Industriezonen zurückzuführen ist.

In Dynamik pur und Charakterstadt erfolgt eine in etwa gleich starke Zunahme des Grünvolumens (Abb. 39). Dazu ist anzufügen, dass das Grünvolumen vor allem durch Bäume beeinflusst wird. Landwirtschaftsflächen in Schlieren haben einen geringen oder keinen Baumbestand. Die Umwandlung dieser Flächen in Siedlungsgebiet kann deshalb in einer Erhöhung des Grünvolumens resultieren. Aus dem hohen Verlust von Landwirtschaftsflächen in Dynamik pur ist somit nicht automatisch auf eine Verringerung des Grünvolumens zu schliessen.

Das Grünvolumen hängt letztlich aber von der Gestaltung der Siedlungsräume ab. Dies zeigt, dass die Aussagekraft des Indikators für die Szenarien eingeschränkt ist, da sich letztlich spezifische Aufwertungsmassnahmen entscheidend auf das Grünvolumen auswirken.

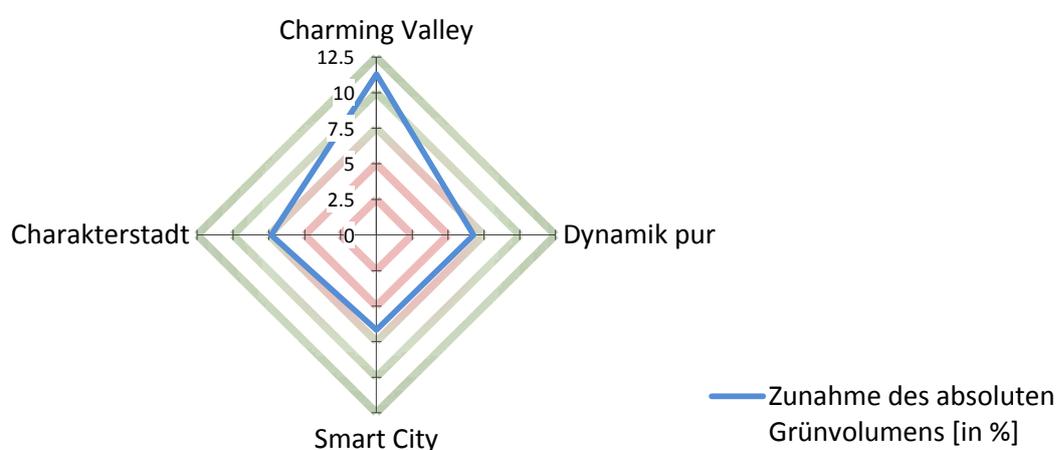


Abb. 39: Zunahme des absoluten Grünvolumens (ohne Wald)

#### 6.4.4 Produktion von Nahrungsmitteln

In allen vier Szenarien findet ein Verlust an Flächen für die Nahrungsmittelproduktion statt. Der grösste Flächenverlust erfolgt aufgrund des neuen Parks im Gebiet Zelgli. Ebenfalls gehen Landwirtschaftsflächen durch die Bebauung des Geistlich- und Färbiareals verloren. In Charming Valley werden zwar nur wenige neue Flächen verbaut, jedoch geht durch die Uferrevitalisierungen an der Limmat ein beträchtlicher Teil an landwirtschaftlich genutzten Flächen verloren. Nebst Ackerland betrifft dies auch Familiengärten. Dynamik pur weist den höchsten Verlust an potentiellen Flächen zur Nahrungsmittelproduktion auf, was auf die Bebauung von Flächen für neue Wohn- und Arbeitsgebiete zurückzuführen ist.

Die Karte in Anhang D zeigt allerdings nur jene potentiellen Landwirtschaftsflächen auf, die verloren gehen. Durch den Bau z.B. von Einfamilienhäusern können auch neue Privatgärten entstehen. Dies ist vor allem in Dynamik pur der Fall, während in Smart City keine Einfamilienhäuser mehr bewilligt werden. Auch ist zu unterscheiden zwischen Flächen, welche für die Nahrungsmittelproduktion langfristig durch Überbauung verloren gehen und Flächen, die lediglich aufgrund von Nutzungsänderungen nicht landwirtschaftlich bewirtschaftet werden, jedoch als potentielle Flächen zur Nahrungsmittelproduktion erhalten bleiben (z.B. der Park im Zelgli).

Abb. 40 zeigt, dass der geringste Verlust an Flächen zur Nahrungsmittelproduktion in Smart City erfolgt. Dies ist darauf zurückzuführen, dass Verdichtung einerseits vor allem in die Höhe stattfindet und andererseits im Zentrum erfolgt, wo nur wenige potentielle Flächen zur Nahrungsmittelproduktion vorzufinden sind.

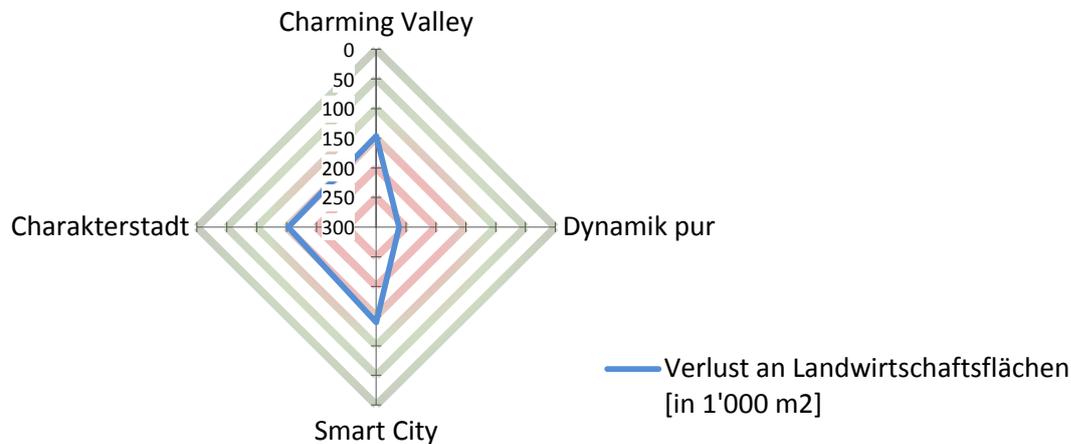


Abb. 40: Verlust an Flächen zur Nahrungsmittelproduktion (ohne Familien- und Privatgärten)

#### 6.4.5 Soziale und identitätsstiftende Qualität

Für die Szenarien wird die Sichtqualität des Nahraumes berechnet. Bauliche Veränderungen wirken sich auf das Blickfeld aus. So ändert sich z.B. je nach Anordnung von Gebäuden die Sicht auf bestimmte Objekte. Neue Bauten etwa in Schlieren-West, beim Geistlich- und Färbiareal oder im Zentrum bewirken folglich in allen Szenarien eine veränderte Sicht im Nahraum.

Erwähnenswert sind die Einschränkungen der Sichtqualität in Smart City. Diese erfolgen vor allem im Zentrum und in den Industriezonen, was auf Verdichtung durch den Bau von Hochhäusern zurückzuführen ist. Jedoch nimmt die Fläche mit verringerter Sichtqualität auch in Dynamik pur zu (Abb. 41). Dies erklärt sich dadurch, dass einzelne historische Gebäude neuen Bauten weichen mussten oder bestehende Grünräume verbaut wurden. Die Beibehaltung geschützter Natur- und Kulturelemente oder die Schaffung neuer Grünräume wirken sich dagegen positiv auf die Sichtqualität in den Szenarien Charming Valley und Charakterstadt aus.

Für Berechnungen der Sichtqualität für den Tiefenraum ist aufgrund des Baus von Hochhäusern vor allem in Smart City eine Veränderung der Sichtqualität anzunehmen. Da die Modellierung der Szenarien jedoch lediglich für die Gemeindefläche Schlierens vorliegt, erweist sich eine Berechnung für den Tiefenraum als ungeeignet.

Auch ist darauf hinzuweisen, dass die Gestaltung von Neubaugebieten, z.B. des Geistlichareals, nicht in die Berechnungen der Sichtqualität mit einfließt. Als ästhetische Elemente werden nur die in Abschnitt 4.5 aufgeführten Objekte angenommen. Ob ein verdichtetes oder neu bebautes Gebiet ästhetische Qualitäten aufweist, hängt letztlich aber entscheidend von der spezifischen Gestaltung jener Räume ab.

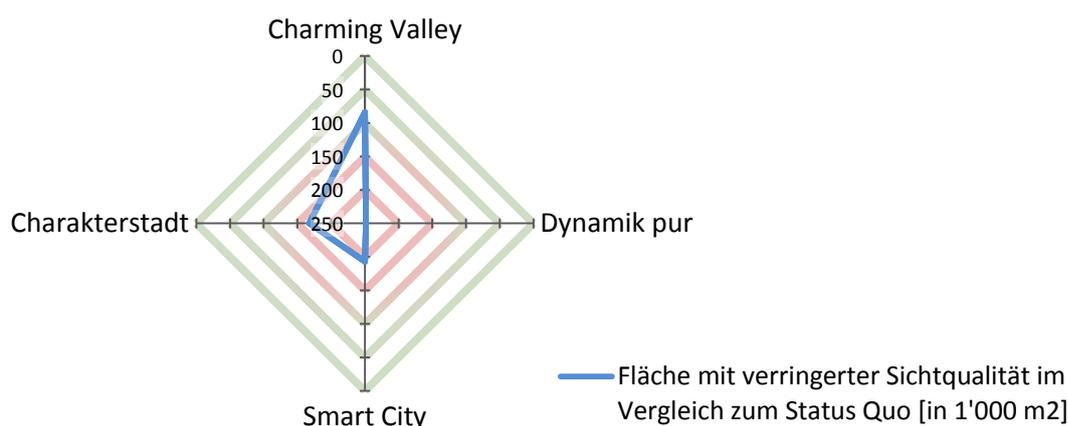


Abb. 41: Fläche mit verringerter Sichtqualität des Nahraumes [in 1'000 m<sup>2</sup>]

### 6.4.6 Biodiversität

Die Ausprägung der Biodiversität in den Szenarien wird anhand der Konnektivität von potentiellen Habitaten des kleinen Wasserfroschs aufgezeigt. Im Vergleich zum Status Quo zeigen sich in allen Szenarien höhere Kostendistanzen im Gebiet Lacheren, sowie in Teilen des Zentrums und im Zelgli. Diese resultieren aus veränderten Widerstandswerten aufgrund baulicher Tätigkeiten oder Nutzungsänderungen. Für den Park im Zelgli werden z.B. höhere Widerstände angenommen, als für eine offene Wiese, da der Störungsgrad durch die Bevölkerung höher liegt.

Die mit Ausnahme von Dynamik pur in allen Szenarien durchgeführte Bachausdolung in den Räumen Müli und Geistlich-/Färbiareal schafft neue potentielle Habitate und erhöht die Konnektivität dieser Gebiete. Gleiches gilt für das nördliche Gebiet im Zelgli, wo durch die Realisierung des Aggloparcs neue Lebensräume erzeugt werden ([www.aggloparklimmattal.ch](http://www.aggloparklimmattal.ch), 14.02.2012). Neue potentielle Habitate entstehen ausserdem durch die Uferrevitalisierung in Charming Valley.

Beeinträchtigungen des Lebensraumes finden sich in Smart City im Gebiet Unteralmänd, wo durch bauliche Verdichtung ein potentielles Habitat entfällt. Erhöhte Kostendistanzen treten auf wegen der Verbauung der als potentielle Korridore dienenden Grünflächen in den Gebieten Reitmen und Mülligen. In Dynamik pur und Charakterstadt wirkt sich zusätzlich die Bebauung von Brachflächen beim Gaswerk und im Unterrohr beeinträchtigend auf die Konnektivität aus.

Die in Abb. 42 und im Anhang D aufgezeigte Veränderung der Kostendistanz ist jedoch differenziert zu betrachten. Eine Stadt ist kein Naturschutzgebiet. Deshalb ist es auch nicht erstrebenswert die Widerstandskosten auf allen Flächen zu minimieren. Vielmehr sollen geeignete Habitate geschaffen und deren Vernetzung durch Korridore ermöglicht werden. Tiefere Kostendistanzen sind demzufolge räumlich zu betrachten und in Verbindung mit den potentiellen Habitaten zu setzen.

Da die Schaffung neuer bzw. die Dezimierung bestehender Lebensräume die Kostendistanz stark beeinflusst, wird diese dennoch zum Aufzeigen von Veränderungen der Konnektivität

potentieller Lebensräume in den Szenarien verwendet. Dabei zeigt sich, dass eine Kostenzunahme in Dynamik pur erfolgt. In Charming Valley und Charakterstadt dagegen sinkt insgesamt die Kostendistanz.

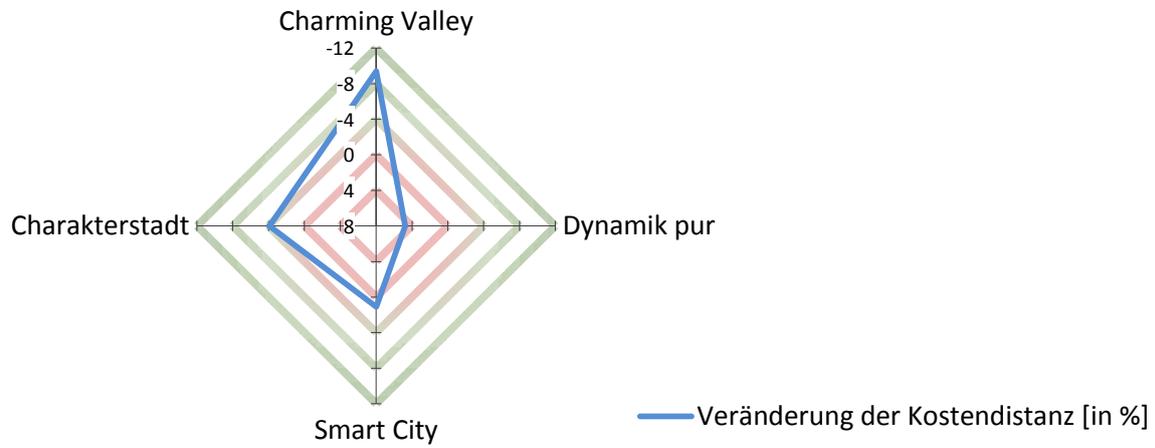


Abb. 42: Veränderung der Kostendistanz für den kleinen Wasserfrosch [in %]

## 7 Evaluierung

Dieses Kapitel beurteilt die aufgezeigten Indikatoren und Berechnungsansätze bezüglich ihrer Nützlichkeit und Relevanz als Planungsinstrument. Dazu wurden vier Expertengespräche mit folgenden Akteuren aus dem Planungsumfeld durchgeführt:

- Christian *Leisi*, Fachstelle Landschaft der Abteilung Raumplanung, Amt für Raumentwicklung Kanton Zürich
- Manuel *Peer*, Stadtingenieur und Abteilungsleiter Bau und Planung Schlieren
- Dr. Sigrun *Rohde*, Freiraumplanung Grün Stadt Zürich
- Timo *von Wirth*, Lehrstuhl Natural and Social Science Interface (NSSI), Institut für Umweltentscheidungen ETH Zürich

Nachfolgend sind die wichtigsten Ergebnisse der Gespräche aufgeführt, unterteilt nach thematischen Schwerpunkten. Vorgelegt wurden den Experten die Ergebniskarten aus Kapitel 5, welche aus den für die Szenarien verwendeten Indikatoren und Ansätzen resultieren.

### - Relevante Bereiche von Ökosystemleistungen im Siedlungsraum:

Alle vier Experten bestätigen, dass mit den untersuchten sechs Bereichen (vgl. Abschnitt 2.1.3) die wichtigsten Ökosystemleistungen im Siedlungsraum abgedeckt sind. Ergänzend angefügt wird der Bereich Sicherheit, da Grünräume z.B. als Puffer zwischen stark befahrenen Strassen dienen können (*von Wirth*, mündliche Mitteilung 03.05.2012).

Bezüglich der Bedeutung der Ökosystemleistungsbereiche ist zu unterscheiden zwischen dem Innen- und Aussenbereich des Siedlungsgebiets. Während z.B. in Schlieren im Aussenbereich vor allem der Biodiversität, der Nahrungsmittelproduktion und der erholungsfunktionalen Versorgung eine übergeordnete Bedeutung zukommt, spielen im Innenbereich eher die Regulierung des Wasserhaushalts, mikroklimatische, lufthygienische, sowie soziale und identitätsstiftende Qualitäten eine Rolle (*Peer*, mündliche Mitteilung 03.05.2012).

### - Berechnung von Ökosystemleistungspotentialen in der Planungspraxis:

Die Gespräche zeigen, dass in der Planungspraxis Ökosystemleistungspotentiale kaum berechnet werden. Eine Beurteilung der Gegebenheiten erfolgt vor allem qualitativ (*Peer*). Laut *Leisi* (mündliche Mitteilung 23.05.2012) beruhen die meisten Projektplanungen des Kantons Zürich auf den bestehenden kantonalen Datengrundlagen, wie z.B. der Gefahrenkarte für Hochwasser. Weiterführende Berechnungen stellen dagegen aufgrund mangelnder zeitlicher oder finanzieller Ressourcen die Ausnahme dar.

Grün Stadt Zürich wendet für die Berechnung der erholungsfunktionalen Versorgung das in Abschnitt 4.2 verwendete Verfahren an. Zur Ermittlung der Biodiversität dient die für Zürich durchgeführte Biotoptypenkartierung, mit der sich u.a. Arten- und Diversitätszahlen berechnen lassen (*Rohde*, mündliche Mitteilung 14.05.2012). Bezüglich der Regulierung des Wasserhaushalts erfolgen parzellenscharfe Berechnungen der Infiltrationsmengen im Rahmen der gesetzlich vorgeschriebenen Meteorwasserversickerung durch die generelle Entwässerungsplanung (GEP) (*Peer*).

- Bewertung der Indikatoren und Ansätze bezüglich ihrer Eignung als Planungsinstrument:
  - Oberflächenabfluss:

Die Nützlichkeit des Indikators Oberflächenabfluss als Planungsinstrument wird von den Experten und der Expertin als gering eingeschätzt. Nach *Rohde* können die Resultate z.B. für die Siedlungsentwässerung von Relevanz sein. Aus Sicht der Freiraumplanung jedoch spielt die Abflussmenge keine Rolle. Hinsichtlich der Versiegelung bestimmter Gebiete können in Kombination mit der Gefahrenkarte für Hochwasser oder den Grundwasservorkommen Aussagen abgeleitet werden, wo erhöhte Versickerung stattfinden sollte. Dadurch können mögliche negative Auswirkungen der Verdichtung bezüglich des Wasserhaushalts im Siedlungsraum vermieden werden (*Leisi*).

Grundsätzlich werden die vorhandenen Grundlagen der Gefahrenkarte oder der Grundwasservorkommen aber als ausreichend beurteilt. Diese sind planungsrelevant, da sie wichtige Hinweise darüber geben, wo z.B. planerische Massnahmen erforderlich sind (*Leisi*). Die Nützlichkeit des Ansatzes für die strategische Planung, in Verbindung mit Aussagen zum Versiegelungsgrad, kann sich auch *von Wirth* vorstellen. Als mögliche alternative Indikatoren werden Wasserqualität oder Trinkwasserangebot genannt (*von Wirth*).

*Peer* verweist auf die erwähnte Ermittlung der Infiltrationsmengen durch die generelle Entwässerungsplanung. Die Nützlichkeit der Berechnung wird deshalb in Frage gestellt, da diese ohnehin in einem detaillierteren Masse aus Sicht der Wasserentsorgung erfolgt. Ausserdem wird angefügt, dass der Oberflächenabfluss wesentlich vom Baujahr eines versiegelten Gebietes abhängig ist, was in den Berechnungen nicht berücksichtigt ist.

- Versorgungsgrad mit Naherholungsflächen und Hausumschwung pro Einwohner(-in):
- Die gewählten Indikatoren und Ansätze von Grün Stadt Zürich werden als sinnvolles Planungsinstrument bewertet. *Peer* bemerkt dazu, dass die aufgezeigten Resultate insbesondere aus Sicht der Verdichtung für Schlieren interessant sind und wichtige Aussagen im Rahmen einer Gesamtauswertung zulassen. Dadurch kann der Fokus auf bestimmte Gebiete gelegt werden, welche dann einer genaueren qualitativen Untersuchung unterzogen werden müssen.

*Leisi* verweist auf die Bedeutung der Naherholung als Indikator, da vor allem im urbanen Raum eine ausreichende Versorgung mit Naherholungsgebieten anzustreben ist, um die Mobilität gering zu halten. *Rohde* betrachtet die Wahl der Indikatoren, bezogen auf Ökosystemleistungen kritisch, da die Bereitstellung einer Erholungsfläche an sich keine Ökosystemleistung darstelle. Aus Sicht der Planung werden die Berechnungen jedoch als sehr nützlich beurteilt.

Planungsentscheide werden insofern beeinflusst, als die Resultate aufzeigen, wo Unterversorgung vorliegt. Bei der Arealentwicklung oder bei Einzelprojekten können in Gebieten mit tiefem Versorgungsgrad so frühzeitig Gegenmassnahmen eingeleitet werden (*Rohde*). Unterversorgung kann als Argument für die Schaffung neuer Freiräume dienen. *Leisi* fügt als Beispiel an, dass die Resultate Argumente liefern können, um privat genutzte Familiengärten für die Bevölkerung durch Wege zu öffnen oder durch Freiräume zu ersetzen.

Der Ansatz eignet sich auch um darzulegen, wo verdichtungsempfindliche Gebiete vorliegen, für welche eine allfällige Verdichtung mit besonderer Sorgfalt, hinsichtlich der Schaffung und dem Erhalt von Freiräumen, durchgeführt werden muss (*Rohde*).

- Grünvolumen:

*Peer* erachtet das Grünvolumen als sinnvolle Grundlage, um Aussagen und Massnahmen abzuleiten, z.B. die Begrünung von Dächern. *Peer* erwähnt allerdings die Bedeutung von Frischluftkorridoren, welche durch die Visualisierung nur teilweise ersichtlich sind. Nach *Leisi* kann das Grünvolumen zwar interessante Aussagen zulassen, etwa wo ein niedriger Grünanteil vorliegt, der Schaffung von Frischluftkorridoren hinsichtlich mikroklimatischer und lufthygienischer Qualitäten wird aber eine höhere Bedeutung zugemessen, insbesondere als Argument wo gebaut werden sollte und wo nicht. Planungsgrundlagen, aus welchen Frischluftschneisen ersichtlich sind, sind jedoch nicht vorhanden.

*Rohde* erachtet das Grünvolumen als sinnvollen Indikator, welcher in der Siedlungsplanung wichtige Hinweise über den Grünanteil eines Quartiers erbringt. Dies kann Planungsentscheide beeinflussen, indem z.B. in Gebieten mit bereits hohem Grünvolumen die Realisierung eines versiegelten Platzes der Schaffung von zusätzlichen Grünräumen bevorzugt wird. Auch können Forderungen der Bevölkerung nach mehr Grünräumen einfacher überprüft werden. Nach *von Wirth* ist ein Indikator geeigneter, der die mikroklimatischen und lufthygienischen Qualitäten in Verbindung mit bestimmten Vegetationstypen stellt z.B. um aufzuzeigen, welche Baumarten das Mikroklima stärker beeinflussen.

- Landwirtschaftliche Nutzungseignung, Hangneigung und Bewirtschaftungseignung:

Bezüglich der Nahrungsmittelproduktion wird differenziert zwischen den Flächen innerhalb und ausserhalb des Siedlungsgebiets (Flächen ohne bzw. mit Nutzungseignungsklasse). Für Flächen ausserhalb der Siedlung wird die Nutzungseignungsklasse als wichtiger und sinnvoller Indikator angesehen. Vor allem die Ausweisung als Fruchtfolgefläche bildet ein wichtiges (auch politisches) Argument jene Flächen zu erhalten, da sie sonst andernorts kompensiert werden müssen. Planungsentscheide werden dadurch massgeblich beeinflusst (*Leisi*).

Diese Beurteilung wird auch von den übrigen Experten geteilt. *Von Wirth* ergänzt dazu die Bedeutung derjenigen Landwirtschaftsflächen, welche an bestehende Siedlungsgebiete angrenzen. *Peer* bemerkt, dass Flächen zur Nahrungsmittelproduktion für Schlieren als Agglomerationsgemeinde nicht aus produktionstechnischer sondern vor allem aus erholungsfunktionaler, sozialer oder identitätsstiftender Sicht relevant sind.

Die Indikatoren innerhalb des Siedlungsraumes werden von den Experten als nicht nützlich betrachtet. *Von Wirth* relativiert die Aussagekraft der Hangneigung, da im Siedlungsgebiet auch an steilen Hängen Nahrungsmittelanbau vorzufinden ist. Dies wird auch von *Rohde* bekräftigt, da entscheidend nicht die produktionstechnische Eignung, sondern die erholungsfunktionalen Qualitäten einer Fläche sind.

Nach *Rohde* sind Flächen ohne Altlasten grundsätzlich für urbane landwirtschaftliche Nutzungsformen geeignet. Form und Fläche spielen dabei ebenso keine Rolle. Einschränkende Kriterien sind einzig Bodennässe, Altlasten oder Schattenlagen (*Rohde*). Nach *Leisi* sind Flä-

chen ohne Nutzungseignungsklassen innerhalb der Bauzonen bezüglich der Nahrungsmittelproduktion zu vernachlässigen, da diese ohnehin früher oder später verbaut werden.

- Sichtqualität des Nahraumes:

Die Berechnung der identitätsstiftenden Qualitäten mittels Sichtbarkeitsanalyse für den Nahraum wird von allen Experten als für die Planung interessanter Ansatz bewertet. *Rohde* betrachtet die Indikatorwahl und Umsetzung als geeignet und hilfreich, um Bereiche aufzuzeigen die z.B. erhaltenswert sind oder um Auswirkungen von Verdichtung auf die Sichtqualität darzulegen. Jedoch wird auf die Unsicherheit bezüglich der Festlegung des ästhetischen Potentials hingewiesen. Für die Stadt Zürich würde z.B. das ästhetische Potential unterschätzt, da für Bäume kein Schutzinventar besteht. Nach *Peer* ist es ausserdem wichtig, die Anforderungen für ästhetische Objekte nicht zu tief zu setzen, damit für Planer ersichtlich ist, wo Handlungsbedarf besteht.

Laut *von Wirth* hilft der Ansatz nebst dem Aufzeigen der Sichtqualität auch, Muster und Strukturen zu erkennen, wo geschützte Objekte vorliegen. Dies wird als planungsrelevant erachtet. Auch *Leisi* betrachtet die Indikatorwahl als sinnvoll und den Ansatz als gute Annäherung, weist aber darauf hin, dass die Resultate nur einen Teil der Realität abbilden können. Nach *Leisi* ist deshalb der Einfluss auf Planungsentscheide gering, da sich aufgrund des schwierigen greifbaren Themas auch die Argumentation erschwert.

- Konnektivität potentieller Habitate für den Wasserfrosch:

Die Modellierung der Konnektivität potentieller Habitate des kleinen Wasserfroschs wird von *Peer* zwar als spannend befunden, Aussagen über die Biodiversität erfordern jedoch die Betrachtung zusätzlicher Leitarten. Dies wird auch durch *Rohde* und *Leisi* bekräftigt. Ausserdem wird sowohl durch *Peer* als auch *Rohde* die Wahl der Leitart für den Siedlungsraum in Frage gestellt. Für Schlieren wäre eventuell die Eidechse typischer. Ansonsten wird der Ansatz als geeignet bewertet, um die Verbesserung der Konnektivität durch Schaffung von Korridoren und Beseitigung von Widerständen zu bewirken. Im Siedlungsgebiet hat die Ansiedlung bestimmter Leitarten für Schlieren aber zurzeit keine Priorität (*Peer*).

*Rohde* betrachtet den Indikator als sinnvoll um Vernetzung aufzuzeigen. Die Wahl der Leitart müsste auch hinsichtlich der Beliebtheit bei der Bevölkerung erfolgen. Der aufgeführte Ansatz könnte Planungsentscheide beeinflussen, indem Verdichtung dort realisiert wird, wo z.B. Widerstandskosten bereits sehr hoch sind (*Rohde*). *Leisi* erachtet den Indikator als zu spezifisch. Geeigneter wäre ein Indikator, welcher die Qualitäten aller Lebensräume ermittelt, z.B. nach Vegetation oder Lebensraumtypen. Liegt der Fokus jedoch auf einer bestimmten Art, so wird der Ansatz als planungsrelevant betrachtet, der in diesem Falle auch Planungsentscheide beeinflussen kann. *Von Wirth* erachtet die Indikatorwahl und den Ansatz als sehr planungsrelevant, da so die Form der Vernetzung wiedergegeben wird. Dadurch würden auch Entscheide, z.B. wo neue Korridore durch Massnahmen geschaffen werden sollten beeinflusst.

- Beurteilung des Betrachtungsmassstabs und des Perimeters:

Die Wahl des Betrachtungsmassstabs wird durch *Peer* als geeignet erachtet, da der erste Schritt in der Siedlungsplanung aus dieser Flughöhe erfolgt. Für weitere Betrachtungen müss-

te der Betrachtungsmassstab entsprechend herabgesetzt werden. *Rohde* und *Leisi* bemerken, dass die Eignung des Betrachtungsmassstabs abhängig von der Art der Planung ist, wobei diese z.B. für ein Landschaftsentwicklungskonzept oder die kommunale Nutzungsplanung als geeignet erscheint, weniger dagegen für Arealentwicklungen oder Gestaltungspläne. Ebenso ist die Wahl des Perimeters von der Art der Planung abhängig, für kommunale Planung ist sie aber als geeignet zu betrachten. Einzig für das Aufzeigen der Vernetzung ist eine Ausweitung des Perimeters zu prüfen (*Rohde*).

*Peer* fügt hinzu, dass aus wissenschaftlicher Sicht ein grösserer Perimeter wünschenswert ist, aus Sicht der Handlungsmöglichkeiten jedoch die Gemeindegrenze ausschlaggebend ist. Für *von Wirth* ist der Betrachtungsmassstab für die Bereiche der erhölungsfunktionalen und der identitätsstiftenden Qualitäten eher zu hoch gewählt, da diese letztlich vor allem von lokalen Massnahmen bestimmt werden.

- Aussagen über die zukünftige Siedlungsentwicklung und deren Nachhaltigkeit:

*Peer* erachtet die Berechnung der Ökosystemleistungspotentiale für zukünftige Entwicklungsszenarien als geeignet, um aufzuzeigen in welche Richtung eine gewünschte Siedlungsentwicklung erfolgen soll bzw. welche Auswirkungen eine Entwicklung auf Ökosystemleistungspotentiale haben kann. Die Entscheidung, in welche Richtung eine Entwicklung erfolgen soll, liegt aber letztlich bei der Politik. Ist die Stossrichtung festgelegt, so können die Resultate helfen, Ressourcen dort einzusetzen wo Defizite vorliegen. Aussagen über die Nachhaltigkeit erfordern jedoch zusätzlich die Berücksichtigung wirtschaftlicher und sozialer Aspekte.

*Rohde* ist der Meinung, dass die Berechnung und Visualisierung von Ökosystemleistungspotentialen für Szenarien bei der Diskussion hilfreich sein kann, welche Entwicklungen angestrebt werden sollen. Für Aussagen über die Nachhaltigkeit bestimmter Siedlungsmuster sind dagegen breiter abgestützte Nachhaltigkeitsindikatoren z.B. des Nachhaltigkeitsmonitorings MONET ([www.monet.admin.ch](http://www.monet.admin.ch), 30.05.2012) zu bevorzugen.

Nach *Leisi* können Berechnungen für Szenarien sinnvoll sein, um auf kommunaler Ebene die Auswirkungen zukünftiger Entwicklungen auf Ökosystemleistungspotentiale aufzuzeigen. Jedoch weist *Leisi* darauf hin, dass dies nur dann sinnvoll ist, wenn eine relativ offene Planung möglich ist. Vorgegebene Planungsprojekte bieten dagegen oftmals kaum Handlungsspielraum, um gewünschte Anpassungen vorzunehmen. Die Zulässigkeit von Aussagen über die Nachhaltigkeit einer Entwicklung wird grundsätzlich bestätigt, jedoch hängt dies von der Definition der Nachhaltigkeit ab. Dem pflichtet auch *von Wirth* bei, fügt jedoch an, dass die Szenarien nur als mögliche Entwicklung betrachtet werden sollten.

## 8 Diskussion

Im vorliegenden Kapitel werden die in Abschnitt 1.2 formulierten Fragestellungen beantwortet (Abschnitt 8.1). Ausserdem erfolgt eine Bewertung der Ergebnisse, sowohl aus inhaltlicher als auch aus operationeller Sicht (Abschnitt 8.2).

### 8.1 Beantwortung der Forschungsfragen

*Wie lässt sich das Potential der Lebensraumqualität von Siedlungsfreiräumen in Schlieren ermitteln und welche Aussagen über die Lebensraumqualität können daraus für den Status Quo und für zukünftige Verdichtungsszenarien abgeleitet werden?*

Das Potential der Lebensraumqualität von Siedlungsfreiräumen lässt sich durch die von Freiräumen erbrachten Ökosystemleistungen ermitteln (Abschnitt 2.1.2). Dazu wurde der Fokus auf die in Abschnitt 2.1.3 aufgeführten sechs Bereiche von Ökosystemleistungen gelegt, welche als besonders relevant für den Siedlungsraum betrachtet werden können. Die Expertengespräche bestätigen, dass die wichtigsten Ökosystemleistungen im Siedlungsraum damit abgedeckt sind.

Um die Potentiale von Ökosystemleistungen quantitativ zu erfassen wurden für jeden der sechs Bereiche Indikatoren und Berechnungsansätze bestimmt. Eine ganzheitliche Erfassung aller Ökosystemleistungspotentiale ist aufgrund der Komplexität und Vielfältigkeit des Systems nicht möglich. Deshalb mussten Indikatoren und Ansätze so gewählt werden, dass sie Aussagen über die wichtigsten Ökosystemleistungen zulassen, gleichzeitig aber mit den für das Fallbeispiel Schlieren vorhandenen Daten ermittelbar sind. Dementsprechend wurden in der vorliegenden Arbeit folgende Indikatoren ausgewählt (Tab. 23):

Tab. 23: Indikatoren zur Berechnung von Ökosystemleistungspotentialen im Siedlungsraum

Bereiche von Ökosystemleistungen	Ausgewählte Indikatoren
Regulierung des Wasserhaushalts	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Oberflächenabfluss</li> </ul>
Erholungsfunktionale Versorgung	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ fussläufige Entfernung zu Naherholungsräumen</li> <li>▪ Fläche an Hausumschwung pro Einwohner(-in)</li> </ul>
Regulierung des Mikroklimas und der Luftqualität	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ spezifisches Grünvolumen</li> <li>▪ maximale potentielle Temperaturabkühlung</li> <li>▪ CO<sub>2</sub>- Speicherung und Aufnahme</li> </ul>
Produktion von Nahrungsmitteln	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ landwirtschaftliche Nutzungseignung</li> <li>▪ Hangneigung</li> <li>▪ Bewirtschaftungseignung (Umfang / Fläche)</li> </ul>
Soziale und identitätsstiftende Qualität	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Sichtqualität für den Nahraum</li> <li>▪ Sichtqualität für den Tiefenraum</li> <li>▪ Distanz zu ästhetischen Landschaftselementen</li> </ul>
Biodiversität	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Konnektivität potentieller Habitate von Leitarten</li> </ul>

Mit den ausgewählten Indikatoren wurden anschliessend Berechnungen nach den in Kapitel 4 erläuterten Verfahren durchgeführt. Diese Ansätze zeigen, wie sich die Ökosystemleistungspotentiale im Siedlungsraum berechnen lassen. Für präzise Berechnungen sind die Ansätze jedoch nicht geeignet, da dazu zusätzliche und höher aufgelöste Daten erforderlich sind. Erschwerend kommt hinzu, dass objektive Grössen für die Bestimmung immaterieller Leistungen schwierig festzulegen sind.

Das Treffen von Annahmen ist demzufolge unvermeidbar und verringert die Genauigkeit der Resultate. Nach Opdam (2007: 1446) ist aber eine generalisierte, aus einer übergeordneten Skala erfolgende Betrachtungsweise durch die Integration von detailliertem, fachspezifischem Wissen notwendig. Über einen transdisziplinären Wissenstransfer kann dadurch das in der Forschung erarbeitete Fachwissen auch für die Planung nützliche und relevante Informationen erbringen, die zur Beibehaltung oder Verbesserung der Lebensraumqualität verwendet werden können (Opdam 2007: 1446).

Die vorliegenden Ansätze ermöglichen dazu, die wichtigsten Potentiale der Ökosystemleistungen bzw. Angebotsdefizite abzuschätzen und räumlich zu verorten. Die Resultate bieten Planungsakteuren einen Überblick auf einer kommunalen oder regionalen Betrachtungsebene. Somit lassen sich Handlungsschwerpunkte räumlich eingrenzen und wichtige Aussagen über das Potential der Lebensraumqualität von Siedlungsfreiräumen für den Ist-Zustand ableiten. Diese betreffen sowohl räumlich quantitative, als auch qualitative Aussagen über angebotene Ökosystemleistungen. Bezüglich der erholungsfunktionalen Versorgung kann z.B. aufgezeigt werden, wo welche und wie viele Erholungsflächen bereitstehen und in welchem Masse diese die Bevölkerung mit Freiräumen versorgen. Daraus lässt sich etwa ableiten, wie viel Verdichtung in einem bestimmten Gebiet möglich ist, bei gleichbleibendem Versorgungsgrad mit Naherholungsflächen. Eine eingehende Diskussion über die Umsetzung der Resultate in der Siedlungsplanung wurde bereits in Kapitel 5 geführt.

Weiter ermöglichen die Ansätze aufzuzeigen, inwiefern sich eine zukünftige Siedlungsentwicklung auf die Ökosystemleistungspotentiale auswirkt. Dies hilft in der Beurteilung, wie viel und wo Verdichtung gefördert werden soll, bei gleichzeitiger Erhaltung der wichtigsten Ökosystemleistungspotentiale. Auch lassen sich die Potentiale von Ökosystemleistungen für unterschiedliche Entwicklungsszenarien miteinander vergleichen. Dies kann hilfreich sein um abzuschätzen, welche Siedlungsmuster aus ökologischer Sicht problematisch sind bzw. in die erwünschte Richtung zielen.

Unterschiede können wiederum sowohl räumlich qualitativ als auch quantitativ festgestellt werden. So erfolgt z.B. quantitativ gesehen in Charakterstadt ein höherer Verlust an Landwirtschaftsflächen als in Charming Valley. Aus qualitativer Sicht ist allerdings zu beachten, dass in Charming Valley nahe der Limmat erhebliche Flächen mit hoher landwirtschaftlicher Nutzungseignung verloren gehen.

In der vorliegenden Arbeit jedoch sind Aussagen zum Potential der Lebensraumqualität sowohl für den Status Quo, als auch für die Szenarien auf die einzelnen Bereiche von Ökosystemleistungen zu beschränken. Eine Gesamtbeurteilung bzw. eine Aggregation aller Potentiale zu einem Gesamtwert ist nur dann möglich, wenn eine Gewichtung der Bedeutung einzel-

ner Ökosystemleistungen vorgenommen wird. Dies, weil nicht alle Ökosystemleistungen in gleichem Masse zur Lebensraumqualität des Menschen beitragen.

Die Gewichtung oder Priorisierung unterschiedlicher Ökosystemleistungen ist letztlich eine politische Entscheidung. Dasselbe gilt für die Wahl und Festlegung von Sollwerten und Zielgrößen. Je nachdem, welche Parameter zur Berechnung der Ökosystemleistungspotentiale verwendet und angestrebt werden, ergeben sich unterschiedliche Resultate. Die Parameter sind demzufolge durch die Entscheidungsträger, im Bewusstsein um die Sensitivität der Resultate, festzulegen. Um eine möglichst hohe Akzeptanz der verwendeten Parameter zu erreichen, sind diese vorzugsweise in einem partizipativen Prozess zu erarbeiten, in welchem namentlich Planungsakteure, politische Entscheidungsträger als auch die lokale Bevölkerung mit einzubeziehen sind.

*Sind die vorgeschlagenen Indikatoren und Berechnungsansätze als Planungsinstrument geeignet? Inwiefern sind die gewonnenen Erkenntnisse über die Qualität der Ökosystemleistungen in der Planungspraxis nützlich bzw. werden Planungsentscheide dadurch beeinflusst?*

Die Expertengespräche zeigen, dass die Indikatoren und Berechnungsansätze als Planungsinstrument unterschiedlich geeignet sind (Abb. 43). Von eher geringer Nützlichkeit ist die Berechnung des Oberflächenabflusses zu bewerten. Zwar wird die Wahl des Indikators und des Ansatzes als sinnvoll erachtet, die daraus ableitbaren Aussagen sind jedoch von untergeordneter Bedeutung einzuschätzen weil z.B. eine detailliertere Berechnung der Infiltrationsmengen im Rahmen der gesetzlich vorgeschriebenen Meteorwasserversickerung stattfindet oder weil die bestehenden Grundlagen der Gefahrenkarte und des Grundwasservorkommens als ausreichend beurteilt werden. Aus diesem Grund bringt eine übergeordnete Betrachtung wenige planungsrelevante Erkenntnisse.

Indikatoren und Ansätze der erholungsfunktionalen Versorgung erweisen sich dagegen als nützlich für die Planungspraxis und können Planungsentscheide beeinflussen. Dies z.B. bezogen auf die Frage, wo Freiräume entstehen bzw. erhalten bleiben sollen oder wo Verdichtung geeignet vorzunehmen ist.

Positiv bewertet wird der Indikator des Grünvolumens. Hierzu ist allerdings auf die generelle Nützlichkeit des Indikators hinzuweisen und weniger auf die Aussagekraft bezüglich den mikroklimatischen und lufthygienischen Qualitäten. Dennoch kann das Grünvolumen nützlich sein, Hinweise z.B. über den Grünanteil bestimmter Gebiete zu erlangen oder die Resultate als Argumente zur Schaffung neuer Grünräume herbeizuziehen.

Die Ansätze bezüglich der Nahrungsmittelproduktion werden unterschiedlich bewertet. Für ausserhalb des Siedlungsraums wird die Nutzungseignung von Flächen als sinnvoller und geeigneter Indikator betrachtet. Hierbei dienen vor allem Fruchtfolgeflächen als wichtiges planungspolitisches Argument, ob bauliche Massnahmen vorgenommen werden oder nicht. Für innerhalb des Siedlungsraums dagegen scheinen die aufgezeigten Methoden ungeeignet, da dort der Anbau von Nahrungsmitteln vor allem mit erholungsfunktionalen Qualitäten verbunden wird.

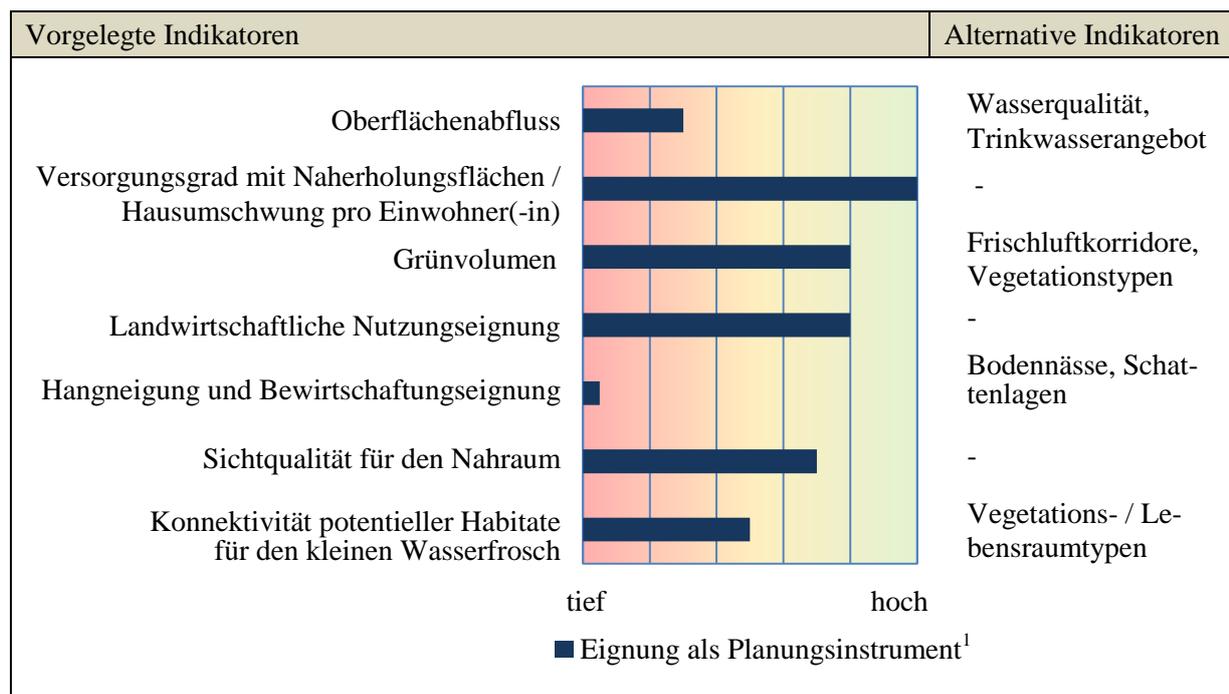


Abb. 43: Eignung der Indikatoren als Planungsinstrument nach Einschätzung der Experten

<sup>1</sup>Die Ermittlung der Eignung als Planungsinstrument beruht auf einer qualitativen Einschätzung, gemäss den Experteninterviews.

Als nützlich beurteilt werden die Methoden zur Berechnung sozialer und identitätsstiftender Qualitäten, um z.B. Hinweise zu erlangen, wo Gebiete mit wenig ästhetischen Qualitäten vorzufinden sind. Jedoch ist die Beeinflussung von Planungsentscheiden, aufgrund der schwierig quantitativ fassbaren Grössen, als geringer einzuschätzen.

Die Modellierung der Konnektivität von Leitarten wird als eher ungeeignet angesehen um Aussagen über die Qualität der Gesamtbiodiversität abzuleiten. Liegt der Fokus jedoch auf einer bestimmten Leitart, so erachten die Experten den Ansatz als geeignet und nützlich, sowohl potentielle Habitats, als auch deren Konnektivität zu veranschaulichen und dadurch planungsrelevante Entscheidungen abzuleiten, z.B. wo Verdichtung geeigneter erscheint oder wo Massnahmen zu priorisieren sind und eingeleitet werden sollten.

Die Expertengespräche haben ausserdem ergeben, dass die oben als nützlich aufgeführten Indikatoren und Ansätze hilfreich sein können, Auswirkungen einer zukünftigen Siedlungsentwicklung auf Ökosystemleistungspotentiale aufzuzeigen und als Diskussionsgrundlage zu verwenden, welche Entwicklung anzustreben ist.

## 8.2 Wertung der Ergebnisse

### Wertung aus inhaltlicher Sicht:

Der Fokus dieser Arbeit liegt auf den ökologischen Aspekten im Siedlungsraum. Um Aussagen über die Nachhaltigkeit bestimmter Siedlungsmuster abzuleiten, genügt die ökologische Perspektive nicht. Dazu ist ebenso die soziale und ökonomische Dimension zu berücksichti-

gen. Die Bedeutung der ökologischen Potentiale im Siedlungsgebiet ist wichtig, aber nicht zu überschätzen. Der Siedlungsraum ist kein Naturschutzgebiet und soll dies auch nicht sein. Jedoch können Siedlungsfreiräume, wie in dieser Arbeit aufgezeigt, in Form von Ökosystemleistungen zur Lebensraumqualität beitragen. Deshalb sollte gerade in Siedlungsräumen, wo eine hohe Anzahl an Menschen wohnt und arbeitet, darauf geachtet werden, dass nebst den sozialen und ökonomischen auch den ökologischen Aspekten ausreichend Rechnung getragen wird.

Die aufgeführten Ansätze liefern in Zahlen fassbare und räumlich lokalisierbare *Argumente für die planungspolitische Diskussion*, indem Zu- bzw. Missstände der angebotenen Ökosystemleistungen aufgezeigt werden. Die vorhandenen Potentiale bzw. Angebotsdefizite können dabei in visualisierter Form den politischen Entscheidungsträgern und der Bevölkerung zugänglich gemacht und als Überzeugungswerkzeug verwendet werden. Das Aufzeigen bedeutender Korridore für Leitarten kann beispielsweise Entscheidungsträger davon überzeugen Innenverdichtung so vorzunehmen, dass wichtige Korridore erhalten bleiben oder entsprechende Ersatzkorridore geschaffen werden.

Jedoch ist anzumerken, dass sich die vorliegende Arbeit ausschliesslich auf den *menschlichen Nutzen*, also auf positive Auswirkungen des Ökosystems bezieht. Allergische Reaktionen aufgrund erhöhter Pollenkonzentration, als unsicher oder unästhetisch wahrgenommene Grünräume, erhöhte Gefahr von Verkehrsunfällen durch anfallendes Laub oder sichtversperrende Bäume, sowie störende Geruchs- oder Lärmemissionen z.B. aufgrund gedüngter Felder oder durch nächtliche Froschkonzerte sind einige Beispiele für negative Auswirkungen der Umwelt (disservices) auf die Lebensraumqualität in Siedlungsräumen (Lyytimäki & Sipilä 2009: 311f).

Auch kann die *Bedeutung von Ökosystemleistungen* für den Menschen nicht nur innerhalb der einzelnen Bereiche variieren, sondern auch je nach Betrachtungsgebiet z.B. aufgrund klimatischer Bedingungen oder unterschiedlicher Wertvorstellungen der Bevölkerung. Da die befragten Experten ihre Tätigkeiten ausschliesslich im Raum Zürich ausüben, können sich für andere Anwendungsgebiete auch Abweichungen hinsichtlich der relevanten Bereiche von Ökosystemleistungen ergeben.

Die Berechnung nach den vorgestellten Verfahren birgt die Gefahr, dass Resultate in ihrer Aussagekraft überbewertet werden und dadurch zu falschen Folgerungen führen. Bei der Interpretation der Berechnungen ist folglich zu betonen, dass Aussagen nur aus einer *übergeordneten Betrachtungsebene* möglich sind. Dies stets in Anbetracht der aufgrund von Annahmen und Generalisierungen vorliegenden Sensitivität der Resultate.

Insbesondere für eine externe Verwendung der Resultate ist deshalb Vorsicht geboten. Andernfalls können Missverständnisse entstehen und falsche Schlüsse gezogen werden, z.B. aufgrund von Differenzen zwischen tatsächlich empfundenen Gegebenheiten und den aus den Berechnungen resultierenden Ergebnissen. Eine *breite Abstützung* der als Input verwendeten Grundlagedaten, z.B. die Einteilung der Erholungsräume nach Freiraumtypen, die Auswahl von Leitarten oder die Bestimmung ästhetischer Elemente hilft dabei, die angesprochenen Differenzen zu verringern. Wichtig ist ebenso die *Transparenz der Resultate*. Berechnungs-

wege müssen nachvollziehbar sein, damit Akteure aus der Planung diese auch nach den entsprechenden Zielgrößen anpassen, berechnen und anwenden können.

### **Wertung aus operationeller Sicht:**

Aus Sicht der technischen Operationalisierung stellt sich die Frage, welche Ansprüche an die Qualität und den Detaillierungsgrad der Resultate gestellt werden. Die durchgeführten Expertengespräche haben aufgezeigt, dass der gewählte Betrachtungsmaßstab und der Perimeter ausreichen, um für die Planung nützliche *Informationen in einer frühen Phase* zu liefern. Um konkrete Massnahmen durchzuführen braucht es aber nebst den quantitativen Berechnungen auch eine vertiefte qualitative Betrachtung der ortsspezifischen Gegebenheiten und eine entsprechende Herabsetzung des Betrachtungsmaßstabs.

Kritisch zu betrachten ist die Auslegung, was unter „schnell“ und „einfach“ bezüglich den Berechnungen der Potentiale zu verstehen ist. Zwar erfordern die Ansätze weder hochaufgelöste Daten z.B. über die Ausstattung eines Parks, noch sind aufwändige Erhebungen z.B. der Bodeneigenschaften notwendig. Aus Sicht einer generischen Anwendung auf weitere Fallbeispiele ist dennoch eine bestimmte Anzahl und Qualität der Geodaten erforderlich.

Hierbei zeigt sich die Problematik in der *generischen Verwendung der Ansätze*. Je nach Untersuchungsgebiet sind Daten in unterschiedlicher Qualität und Anzahl vorhanden. Liegt beispielsweise ein Baumkataster als Geodatensatz vor, wie dies für die Stadt Zürich der Fall ist, so ergibt sich eine neue Ausgangslage zur Berechnung von Ökosystemleistungspotentialen. Alternative Ansätze oder Indikatoren können in diesem Falle durchaus zu einer Erhöhung der Aussagekraft führen, indem z.B. die von *von Wirth* erwähnte Verknüpfung unterschiedlicher Baumarten mit den Auswirkungen auf das Mikroklima angewendet wird.

Weiter beruhen die Berechnungen auf einer *Grünraumtypologie*, deren Erfassung mit einem nicht unwesentlichen Aufwand verbunden ist. Zwar können generalisierte Berechnungen losgelöst von der Typologie geschehen, auch kann die Erfassung von Grünraumtypen vereinfacht z.B. mit Hilfe des Zonenplans oder der Daten der amtlichen Vermessung zur Bodenbedeckung und -nutzung durchgeführt werden. Für eine analoge Übertragung der aufgezeigten Ansätze ist eine Grünraumtypologie aber notwendig.

Für die *Operationalisierung der Verfahren mit GIS* sind ausserdem Grundkenntnisse in ArcGIS erforderlich, ohne die die einfache und schnelle Anwendung ebenso zu relativieren ist. Mit Hilfe von ArcGIS Modelbuilder lassen sich Berechnungsschritte zwar automatisieren, dennoch sind Kenntnisse über den Umgang mit Geodaten, z.B. zur Speicherung oder Visualisierung notwendig.

Die Verwendung Geographischer Informationssysteme bietet aber den Vorteil, dass die vorgestellten Ansätze *flexibel* angewendet werden können. Berechnungsparameter lassen sich, je nachdem welche Zielgrößen angestrebt werden, beliebig anpassen. Die Festlegung der Parameter, z.B. der maximalen Distanz zu einem Freiraum, liegt letztlich im Ermessen der Planer. Die in dieser Arbeit verwendeten Größen sind deshalb lediglich als eine mögliche Variante aufzufassen.

## 9 Schlussfolgerungen und Ausblick

### 9.1 Erreichtes und Erkenntnisse

In der vorliegenden Arbeit wurden Forschungslücken geschlossen, indem die aufgeführten *Indikatoren und Ansätze* aufzeigen, wie sich *Ökosystemleistungspotentiale im Siedlungsraum*, ohne grosse fachspezifische Kenntnisse und hohem zeitlichem und finanziellem Aufwand ermitteln lassen. Dadurch können einerseits Aussagen über das *Potential der Lebensraumqualität für den Ist-Zustand* abgeleitet werden. Andererseits ermöglichen die Ansätze unterschiedliche *Entwicklungsszenarien* miteinander zu vergleichen und bezüglich ihrer ökologischen Qualität zu bewerten. Die Operationalisierung lässt sich mit Hilfe *Geographischer Informationssysteme* (GIS) umsetzen.

#### **Erreichtes:**

Die in Abschnitt 1.2 formulierten Ziele wurden insofern erreicht, als dass:

- basierend auf der Forschungsliteratur belegt wurde, inwiefern Ökosystemleistungen zur Lebensraumqualität beitragen;
- geeignete und aussagekräftige Indikatoren aufgezeigt wurden, welche das Potential von Ökosystemleistungen im Siedlungsraum möglichst gut abdecken;
- generische Berechnungsansätze der Indikatoren dargelegt wurden, Ökosystemleistungspotentiale einfach und schnell mit den vorhandenen Ressourcen in einem Geographischen Informationssystem zu berechnen;
- für die Stadt Schlieren als Fallbeispiel eine Grünraumtypologie definiert und erfasst wurde, welche mit den Berechnungsansätzen verknüpft ist;
- die aufgezeigten Berechnungsverfahren am konkreten Fallbeispiel der Stadt Schlieren für den Ist-Zustand durchgeführt und die daraus resultierenden Ergebnisse interpretiert und auf ihre Sensitivität geprüft wurden;
- mögliche planungsrelevante Aussagen erläutert wurden, welche sich aus den Berechnungsergebnissen ableiten lassen;
- die im Forschungsprojekt SUPat definierten vier Entwicklungsszenarien des Limmattals exemplarisch für die Stadt Schlieren umgesetzt und in ArcGIS modelliert wurden;
- Ökosystemleistungspotentiale mit den aufgezeigten Berechnungsansätzen für die vier Entwicklungsszenarien in Schlieren berechnet, interpretiert und bewertet wurden;
- eine Evaluierung der Indikatoren und Berechnungsansätze hinsichtlich ihrer Relevanz als Planungsinstrument durch Expertengespräche mit Akteuren aus der Planung, sowohl für den Ist-Zustand als auch für die Szenarien erfolgte.

#### **Erkenntnisse:**

- *Beitrag zur Lebensraumqualität:* Ökosystemleistungen erbringen wichtige Beiträge zur Lebensraumqualität im Siedlungsraum. Die Expertengespräche bestätigten dabei, dass mit den in der vorliegenden Arbeit untersuchten sechs Bereichen von Ökosystemleistungen: Regulie-

rung des Wasserhaushalts, erholungsfunktionale Versorgung, Regulierung des Mikroklimas und der Luftqualität, Produktion von Nahrungsmitteln, soziale und identitätsstiftende Qualität und Biodiversität, die wichtigsten Leistungen im Siedlungsraum abgedeckt sind.

- *Auswahl geeigneter Indikatoren und Ansätze:* In der Forschungsliteratur sind verschiedene Indikatoren und Ansätze beschrieben und aufgeführt, die aufzeigen wie sich Ökosystemleistungen berechnen lassen. Dabei hat sich gezeigt, dass nicht alle als relevant befundenen Indikatoren sich zur Berechnung eignen. Der einfachen und schnellen Quantifizierung von Indikatoren im Siedlungsraum sind vielfach Grenzen gesetzt, da diese aufgrund der Komplexität von Prozessen und der Abhängigkeit von unterschiedlichen Parametern, mit den vorhandenen Daten und Ressourcen nicht ermittelbar sind.
- *Berechnungen der Ökosystemleistungspotentiale für den Ist-Zustand und die Szenarien:* Die Berechnungen für den Ist-Zustand haben aufgezeigt, in welchem Masse Ökosystemleistungspotentiale in Schlieren vorzufinden sind und welche räumliche Verteilung diese aufweisen. Für die Siedlungsplanung lassen sich dadurch sowohl räumlich quantitative und qualitative Aussagen über den Ist-Zustand, als auch über zukünftige Entwicklungsszenarien treffen. Hinsichtlich der Szenarien erlauben die Ansätze unterschiedliche Entwicklungen miteinander zu vergleichen und nach ökologischen Qualitäten zu bewerten. Die Resultate haben dabei die Unterschiede der Ökosystemleistungspotentiale aufgezeigt, je nach Wahl des Indikators oder Szenarios.
- *Eignung der Indikatoren und Ansätze als Planungsinstrument:* Die Expertengespräche mit Akteuren aus dem Planungsumfeld haben ergeben, dass die Berechnungen der erholungsfunktionalen Versorgung als Planungsinstrument geeignet sind und Planungsentscheide beeinflussen können. Ebenfalls mehrheitlich als geeignet bewertet wurde das Grünvolumen als Indikator für mikroklimatische und lufthygienische Qualitäten, die landwirtschaftliche Nutzungseignung als Indikator für die Nahrungsmittelproduktion ausserhalb des Siedlungsgebiets, sowie die Berechnung der Sichtqualität als Indikator für identitätsstiftende Qualitäten. Die Konnektivitätsberechnung von Leitarten zur Berechnung der Biodiversität wurde als nützliches Planungsinstrument beurteilt, sofern der Fokus auf einer bestimmten Leitart liegt. Als eher ungeeignet befunden wurde die Berechnung des Oberflächenabflusses als Indikator der Regulierung des Wasserhaushalts, sowie die Hangneigung und der Umfang zur Fläche als Indikatoren der Nahrungsmittelproduktion im Siedlungsgebiet.
- *Planungsrelevante Aussagen:* Die als nützlich bewerteten Indikatoren und Ansätze können im planerischen Entscheidungsprozess in einer frühen Phase auf einer kommunalen oder regionalen Betrachtungsebene eingesetzt werden. Die Verwendung von Geographischen Informationssystemen (GIS) hat sich dabei als geeignetes Werkzeuge erwiesen, Ökosystemleistungspotentiale schnell und einfach zu Planungszwecken zu berechnen. Die Berechnungsergebnisse zeigen räumliche Handlungsschwerpunkte oder Auswirkungen bestimmter Siedlungsentwicklungen auf die Ökosystemleistungspotentiale auf und ermöglichen dadurch eine planerische

Abwägung, wo Verdichtung geeignet durchzuführen ist und wie diese hinsichtlich der Erhaltung von Ökosystemleistungspotentialen zu erfolgen hat.

## 9.2 Ausblick

Die aus den Expertengesprächen hervorgegangenen Bewertungen der Indikatoren und Ansätze bezüglich ihrer Eignung als Planungsinstrumente haben aufgezeigt, wo alternative oder weitere Indikatoren und Ansätze zu prüfen sind (vgl. Abb. 43). Beispielsweise hat sich herausgestellt, dass Frischluftkorridore für die Siedlungsplanung von Bedeutung sind und dass das Aufzeigen geeigneter Berechnungsverfahren somit einen wichtigen Beitrag leisten würde.

Bezüglich den Ansätzen der erholungsfunktionalen, identitätsstiftenden und sozialen Qualitäten ist für weiterführende Arbeiten interessant, die angenommenen Sollwerte oder als ästhetisch eingestufte Elemente auf ihre Plausibilität (z.B. durch Befragungen der Bevölkerung) zu überprüfen. Dadurch könnte die Aussagekraft der Resultate verbessert werden. Die Qualität der Ergebnisse liesse sich auch für weitere Berechnungsansätze aufwerten, z.B. durch die Ausweitung der Konnektivitätsberechnungen auf weitere Leitarten oder durch die Erhebung von Bodeneigenschaften innerhalb des Siedlungsgebiets.

Untersuchungen über die Bedeutung unterschiedlicher Ökosystemleistungen für den Menschen oder über ortsspezifische Abweichungen der relevanten Ökosystemleistungsbereiche sind weitere Fragen, welchen in zukünftigen Arbeiten nachgegangen werden kann. Wie bereits erwähnt sind Aussagen über die Nachhaltigkeit einer Siedlungsentwicklung nur in Kombination der sozialen, ökonomischen und ökologischen Dimension möglich. Die Erweiterung der Indikatoren auf soziale und ökonomische Bereiche wäre deshalb für zukünftige Arbeiten ein weiterer wichtiger Beitrag. Um übergeordnete Aussagen über die Nachhaltigkeit zu treffen, wäre hierbei eine Aggregation aller Indikatoren zu einem Gesamtwert zu prüfen.

Die in dieser Arbeit vorgenommenen Berechnungen beschränken sich auf das Fallbeispiel Schlieren. Eine Ausweitung der Berechnungen auf weitere Untersuchungsgebiete, z.B. auf das gesamte Limmattal, ist in Betracht zu ziehen. Dadurch könnte aufgezeigt werden, ob die Verfahren als generische Ansätze geeignet sind bzw. welche Anpassungen bezüglich der Auswahl der Indikatoren und Berechnungsverfahren erforderlich sind.

Aussagen über das Potential der Lebensraumqualität können dadurch auf weitere Gebiete übertragen werden und so zu einer Siedlungsentwicklung beitragen, welche die im Raumplanungsbericht 2005 vom Bund (ARE 2005: 30) geforderte Innenverdichtung erzielt, diese aber gleichzeitig qualitätsvoll umsetzt, mit Rücksicht auf die Ökosystemleistungspotentiale.



## Quellenverzeichnis

### Literaturverzeichnis:

ACKERMAN, K.; PLUNZ, R.; CONARD, M.; KATZ, R.; BRENNAN, S. & CULLIGAN P. (2011): The Potential for Urban Agriculture in New York City. Growing Capacity, Food Security & Green Infrastructure. Urban Design Lab at the Earth Institute. Columbia University.

AMT FÜR WALD BEIDER BASEL (2012): Wüchsigkeit und Waldstandorte nach ökologischen Gruppen. Basel-Stadt.

[http://www.baselland.ch/fileadmin/baselland/files/docs/vsd/forstamt/doku/zahlen/wuechsigkeit-waldstandorte\\_bs.pdf](http://www.baselland.ch/fileadmin/baselland/files/docs/vsd/forstamt/doku/zahlen/wuechsigkeit-waldstandorte_bs.pdf). 15.03.2012.

ARE (Bundesamt für Raumentwicklung) (2011): Raumkonzept Schweiz - Entwurf für die tripartite Konsultation 2011. Bern.

<http://www.are.admin.ch/themen/nachhaltig/02519/03697/index.html?lang=de>. 29.12.2011.

ARE (Bundesamt für Raumentwicklung) (2008): Strategie nachhaltige Entwicklung: Leitlinien und Aktionsplan 2008-2011. Bericht des Schweizerischen Bundesrates vom 16. April 2008. Bern.

ARE (Bundesamt für Raumentwicklung) (2006): Sachplan Fruchtfolgeflächen FFF. Vollzugshilfe 2006.

<http://www.are.admin.ch/themen/raumplanung/00244/02186/02189/index.html?lang=de>. 30.05.2012.

ARE (Bundesamt für Raumentwicklung) (2005): Raumplanungsbericht 2005. Bern. <http://www.are.admin.ch/themen/raumplanung/00228/00275/index.html?lang=de>. 30.12.2011.

ARLT, G. & LEHMANN, I. (2005): Ökologische Flächenleistungen – Methodische Grundlagen: Analyse und Bewertung teilstädtischer Gebiete in Dresden. Leibnitz-Institut für ökologische Raumentwicklung (IÖR). Dresden.

AVISSAR, R. (1996): Potential effects of vegetation on the urban thermal environments. Atmospheric Environment, 30. 437-448.

AWEL (Amt für Abfall, Wasser, Energie und Luft) (2006): Richtlinie und Praxishilfe Regenwasserentsorgung. Praxishilfe für Baubehörden und Planer, Anweisungen für private Fachleute mit Vollzugsaufgaben im Gewässerschutz. Zürich.

[www.awel.zh.ch/.../Richtlinie\\_Regenwasserentsorgung.html](http://www.awel.zh.ch/.../Richtlinie_Regenwasserentsorgung.html). 15.05.2012.

AWEL (Amt für Abfall, Wasser, Energie und Luft) (2005): Schlussbericht Massnahmenplan Wasser im Einzugsgebiet Limmat und Reppisch.

[http://www.awel.zh.ch/internet/audirektion/awel/de/wasserwirtschaft/massnahmenplan/limmat\\_reppisch.html](http://www.awel.zh.ch/internet/audirektion/awel/de/wasserwirtschaft/massnahmenplan/limmat_reppisch.html), 11.05.2012.

BAGSTAD, K.; VILLA, F.; JOHNSON, G. & VOIGT, B. (2011): ARIES - Artificial Intelligence for Ecosystem Services: A guide to models and data, version 1.0. ARIES report series n.1.

BERCHTOLD, U.; GLAUSER, R.; GRAF, R.; KUCHEN, S. & SCHIESS-BÜHLER, C. (2004): Hecken – richtig pflanzen und pflegen. Landwirtschaftliche Beratungszentrale Lindau. <http://www.netzwerk-naturschutz-le.at/zubehoer/literatur/Hecken.pdf>. 11.03.2012.

BFS (Bundesamt für Statistik) (2010): Landschaft Schweiz im Wandel. Siedlungswachstum in der Schweiz. Neuchâtel.

<http://www.bfs.admin.ch/bfs/portal/de/index/news/publikationen.html?publicationID=4052>. 30.12.2011.

BFS (Bundesamt für Statistik) (2010b): Bilanz der ständigen Wohnbevölkerung (Total), nach Agglomerationen. Neuchâtel.

[www.bfs.admin.ch/bfs/portal/de/index/themen/01/02/blank/key/raeumliche\\_verteilung/agglomerationen.html](http://www.bfs.admin.ch/bfs/portal/de/index/themen/01/02/blank/key/raeumliche_verteilung/agglomerationen.html). 23.03.2012

BLASCHKE, T. & LANG, S. (2007): Landschaftsanalyse mit GIS. Stuttgart.

BLASCHKE, T. (1999): Quantifizierung der Struktur einer Landschaft mit GIS: Potential und Probleme. In: Walz, U. (Hrsg.): Erfassung und Bewertung der Landnutzungsstruktur. IÖR-Schriften 29. Dresden. 9-25.

BOLUND, P. & HUNHAMMAR, S. (1999): Ecosystem services in urban areas. *Ecological Economics*, 29. 293-301.

BOONSTRA, J. (1994): Estimating Peak Runoff Rates. In: Ritzema H. P. (Hrsg.): *Drainage Principles and Applications*. ILRI Publications, 16. 111-145.

BOURASSA, S.; HOESLI, M. & SUN, J. (2004): What's in a view? *Environment and Planning* 2004, Volume 36. 1427-1450.

BOYD, J. & BANZHAF, S. (2007): What are ecosystem services? The need for standardized environmental accounting units. *Ecological Economics* 63 (2–3). 616–626.

BRANDER, L. M. & KOETSE, M. J. (2007): The Value of Urban Open Space: Meta-Analyses of Contingent Valuation and Hedonic Pricing Results. IVM Working Paper 07/03.

BROWN, G. & RAYMOND, C. (2007): The relationship between place attachment and landscape values: Toward mapping place attachment. *Applied Geography*, 27(1). 89–111.

BRUNNER, J.; JÄGGLI, F.; NIEVERGELT, J. & PEYER, K. (1997): Kartieren und Beurteilen von Landwirtschaftsböden. Schriftenreihe der FAL 24. Eidgenössische Forschungsanstalt für Agrarökologie und Landbau, Zürich-Reckenholz.

BRUNOTTE, E.; GEBHARDT, H.; MEURER, M.; MEUSBURGER, P.; NIPPER, J. & MARTIN, C. (Hrsg.) (2002): *Lexikon der Geographie*. Spektrum, Heidelberg.

BRUSE, M.; BÜRGER, M.; BOHNSTEDT, A.; IHDE, A. & JESIONEK, K. (2002): Measurements and model simulations in WP Micro. Research Group Climatology, Ruhr-University. Bochum.

BRUSE, M. (2003): Stadtgrün und Stadtklima. Wie sich Grünflächen auf das Mikroklima in Städten auswirken. Geographisches Institut Ruhr-Universität Bochum. Bochum.

- BRUSE, M. & FLEER, H. (1998): Simulating surface-plant-air interactions inside urban environments with a three dimensional numerical model. *Environmental Modelling and Software*, 13 (3-4). 373-384.
- BV (Bundesverfassung) (2001): Bundesverfassung der Schweizerischen Eidgenossenschaft vom 18. April 1999 (Stand am 1. Januar 2011).  
<http://www.admin.ch/ch/d/sr/1/101.de.pdf>. 10.04.2012.
- CHIESURA, A. (2004): The role of urban parks for the sustainable city. *Landscape and Urban Planning*, 68. 129–138.
- CHOW, V. T.; MAIDMENT, D. R. & MAYS, L. W. (1988): *Applied Hydrology*. McGraw-Hill.
- CLASSEN, T.; BREI, B. & HORNBERG, C. (2009): Alles im „Grünen Bereich“. Forschungsergebnisse zur gesundheitlichen Bedeutung von Bewegung im urbanen Grün-Raum. In: Niedersächsisches Ministerium für Umwelt- und Klimaschutz (Hrsg.): *Umwelt und Sport. Partnerschaft für die Zukunft*. Hannover. 14-21.
- DEELSTRA, T. & GIRARDET, H. (1999): Urban Agriculture and Sustainable Cities. In: *Growing Cities, Growing Food: Urban Agriculture on the Policy Agenda, a Reader on Urban Agriculture*. Resource Center on Urban Agriculture and Forestry.
- DE RIDDER, K. & LEFEBRE, F. (2004): Benefits of urban green space (BUGS). Case study in the German Ruhr area and description of the methodology. Part II: Urban/regional scale, Final report, BUGS.
- DE VRIES, S.; VERHEIJ, R.; GROENEWEGEN, P. & SPREEUWENBERG, P. (2003): Natural environments – healthy environments? *Environment and Planning*, 35. 1717-1731.
- DIFU (Deutsches Institut für Urbanistik) (2005): Leitfaden zur Ausgestaltung der Gemeinschaftsinitiative „Soziale Stadt“. Arbeitspapiere zum Programm Soziale Stadt Bd. 3, Berlin.  
[http://www.sozialestadt.de/veroeffentlichungen/arbeitspapiere/band3/3\\_ergebaut.shtml](http://www.sozialestadt.de/veroeffentlichungen/arbeitspapiere/band3/3_ergebaut.shtml). 23.03.2012.
- DORSTÄTTER, B. & KLINGLER, S. (2005): Bedeutung und Veränderung multifunktionaler Freiräume. In: Österreichische Raumordnungskonferenz, ÖROK (Hrsg.): *Steuerung von Nutzungsprozessen in multifunktionalen Freiräumen*. Wien.
- ESRI (2011): ArcGIS 10 Help.  
<http://help.arcgis.com/en/arcgisdesktop/10.0/help/index.html#//009z000000v2000000.htm>. 02.04.2012.
- EWEL, K. C. (1997): Water quality improvement by wetlands. In: Daily, G. (Hrsg.): *Natures Services. Societal dependence on natural ecosystems*. Island Press, Washington DC. 329–344.
- FABER-TAYLOR, A.; KUO, F. E. & SULLIVAN, W. C. (2001): Coping with ADD. The surprising connection to green play settings. *Environment and Behaviour* 33. 54-77.
- FISCHER, M. & JONECK, M. (2006): Reservoir und Filter - Die Rolle des Bodens im Wasserkreislauf. In: Bayerisches Staatsministerium für Umwelt, Gesundheit und Verbraucher-

schutz (StMUGV) und Staatsinstitut für Schulqualität und Bildungsforschung (ISB) (Hrsg.): Lernort Boden. München.

FISHER, B.; TURNER, R. K. & MORLING, P. (2009): Defining and classifying ecosystem services for decision making. *Ecological Economics* 68, 643–653.

FRIEDER, T. (2001): Kommunale Agrarpolitik heute. Wandlungen, Motive und Perspektiven am Beispiel von Landkreisen und Grossstädten in der Bundesrepublik Deutschland. Fachbereich Stadt- und Landschaftsplanung Universität Gesamthochschule Kassel. Kassel.

GÄLZER, R. (2001): Grünplanung für Städte. Planung, Entwurf, Bau und Erhaltung. Ulmer. Stuttgart.

GASSER, K. & HAYOZ, R. (2005): Wald und Volksgesundheit. Literatur und Projekte aus der Schweiz. In: BUWAL (Bundesamt für Umwelt, Wald und Landschaft) (Hrsg.): Umwelt-Materialien Nr. 195, Bern.

GIVONI, B. (1991): Impact of planted areas on urban environmental quality: A review. *Atmospheric Environment* Vol. 25B, Nr. 3. 289-299.

GÖBEL, P.; STUBBE, H.; WEINERT, M.; ZIMMERMANN, J.; FACH, S.; DIERKES, C.; KORIES, H.; MESSER, J.; MERTSCH, V.; GEIGER, W. & COLDEWEY, W. (2004): Near-natural stormwater management and its effects on the water budget and groundwater surface in urban areas taking account of the hydrogeological conditions. *Journal of Hydrology*, 299. 267-283.

GÖDEKE, S. (2000): Berechnung von Grundwasserneubildung und Verdunstung auf Basis eines digitalen Geländemodells. Technische Universität Bergakademie Freiberg. Freiberg.

GREN, I. M. (1995): Costs and benefits of restoring wetlands. Two Swedish case studies. *Ecological Engineering*, Vol. 4. 153-162.

GRET-REGAMEY, A.; BISHOP, I. D. & BEBI, P. (2007): Predicting the scenic beauty value of mapped landscape changes in a mountainous region using GIS. *Environment and Planning B* 34, 50–67.

GRET-REGAMEY, A.; NEUENSCHWANDER, N.; WISSEN HAYEK, U.; BACKHAUS, N. & TOBIAS, S. (2012): Landschaftsqualität in Agglomerationen. Fokusstudie des Nationalen Forschungsprogramms 54. Bern.

GREWAL, S. & GREWAL, P. (2011): Can cities become self-reliant in food? Center for Urban Environment and Economic Development, The Ohio State University. Wooster.

GROSSKOPF, W. (2005): Bedeutungswandel der Landwirtschaft im Verdichtungsraum. In: Agrarsoziale Gesellschaft (Hrsg.): Landwirtschaft in Verdichtungsräumen. Göttingen. 27-40.

GRUNDBUCH UND VERMESSUNGSAMT BASEL-STADT (2005): Digitales Oberflächenmodell. In: Produktkatalog Grundbuch und Vermessungsamt Basel-Stadt.

[http://www.gva-bs.ch/produkte\\_produktekatalog\\_popup.cfm?Katalog.Command=detail&kat=d&ID=266](http://www.gva-bs.ch/produkte_produktekatalog_popup.cfm?Katalog.Command=detail&kat=d&ID=266). 15.03.2012.

GRÜN STADT ZÜRICH (2005): Freiraumversorgung der Stadt Zürich. Methodenbeschrieb und Anwendung. Zürich.

GRÜN STADT ZÜRICH (2006): Das Grünbuch der Stadt Zürich. Integral planen – wirkungsorientiert handeln, Zürich.

GschG (Bundesgesetz über den Schutz der Gewässer) (2011): Bundesgesetz vom 24. Januar 1991 über den Schutz der Gewässer (Gewässerschutzgesetz, GSchG). [http://www.admin.ch/ch/d/sr/c814\\_20.html](http://www.admin.ch/ch/d/sr/c814_20.html). 11.05.2012.

HACKMANN, R. & DE LANGE, N. (2001): Anwendung GIS-gestützter Verfahren in der Stadtentwicklungsplanung – Untersuchung von Versorgungsbereichen durch Netzwerkanalyse auf der Grundlage amtlicher Geobasisdaten. In: Strobl, J.; Blaschke, T. & Griesebner, G. (Hrsg.): Angewandte Geographische Informationsverarbeitung XIII, Salzburg. 221-227.

HAUGHTON, G. & HUNTER, C. (1994): Sustainable Cities. Regional Policy and Development Series 7. Jessica Kingsley, London.

HECHT, R. (2006): Entwicklung einer Methode zur Erfassung des städtischen Grünvolumens auf Basis von Laserscannerdaten laubfreier Befliegungszeitpunkte. Leibniz-Institut für ökologische Raumentwicklung e.V., Dresden.

HENGESBERGER, J. (2012): Grundlagen und Handlungsempfehlungen für die suburbane Freiraumentwicklung. Masterarbeit in Raumentwicklung und Infrastruktursysteme, Departement Bau, Umwelt und Geomatik der ETH Zürich.

HERBST, H. (2007): Verwendbarkeit von Landschaftsstrukturmassen als Bewertungsinstrument in der Landschaftsrahmenplanung. Das Beispiel Landschaftsrahmenplan Havelland. Diplomarbeit in Geoinformationsverarbeitung in der Landschafts- und Umweltplanung. Technische Universität Berlin, Berlin.

HERNANDEZ, B.; HIDALGO, C.; SALAZAR-LAPLACE, E. & HESS, S. (2007): Place attachment and place identity in natives and non-natives. *Journal of Environmental Psychology* 27. 310-319.

HORNER, R.; SKUPIEN, J.; LIVINGSTON, E. & SHAVER, E. (1994): Fundamentals of Urban Runoff Management. Technical and Institutional Issues. Terrene Institute, Washington DC.

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. *Hydrological processes* 20(3). 579-589.

HUBER, P.; SHILLING, F.; THORNE, J. & GRECO, S. (2012): Municipal and regional habitat connectivity planning. *Landscape and Urban Planning* 105. 15-26.

HUNZIKER, M. (2010): Die Bedeutungen der Landschaft für den Menschen: Objektive Eigenschaft der Landschaft oder individuelle Wahrnehmung des Menschen? *Forum für Wissen* 2010. WSL Eidgenössische Forschungsanstalt für Wald, Schnee und Landschaft. Birmensdorf. 33-41.

- HUNZIKER, M. & BUCHECKER, M. (1999): Die Bedeutungen der Landschaft für den Menschen: Objektive Eigenschaft der Landschaft oder individuelle Wahrnehmung des Menschen? Forum für Wissen 1999, 2. WSL Eidgenössische Forschungsanstalt für Wald, Schnee und Landschaft. Birmensdorf.
- JEANNERET, F. & VAUTIER, P. (1977): Klimaeignungskarte für die Landwirtschaft in der Schweiz, M 1: 200'000, EDMZ, Bern.
- KANTON ZÜRICH (2007): Bodenkartierung der Landwirtschaftsflächen des Kantons Zürich. Fachstelle Bodenschutz. <http://www.gis.zh.ch/boka/Glossar/Glossar-Bodenkarte.htm>. 14.02.2012.
- KATZSCHNER, L.; MAAS, A. & SCHNEIDER, A. (2009): Das städtische Mikroklima: Analyse für die Stadt- und Gebäudeplanung. Fachgebiet Bauphysik, Volume 31, Heft 1. Kassel. 18–24.
- KIM, J. & KAPLAN, R. (2004): Physical and psychological factors in sense of community. New Urbanist Kentlands and Nearby Orchard Village. *Environment and Behaviour*, 36. 313-340.
- KORPELA, K.; HARTIG, T.; KAISER, F. & FUHRER, U. (2001): Restorative experience and self-regulation in favourite places. *Environment and Behaviour*, 33. 572–589.
- KONG, F.; YIN, H.; NAKAGOSHI, N. & ZONG, Y. (2010): Urban green space network development for biodiversity conservation: Identification based on graph theory and gravity modeling. *Landscape and Urban Planning* Vol. 95. Nanjing. 16-27.
- KUO, F. E. & SULLIVAN, W. C. (2001): Aggression and violence in the inner city. Effects of environment via mental fatigue. *Environment and Behaviour*, 33. 543-571.
- LEK (Regionales Landschaftsentwicklungskonzept Limmattalraum) (2003): Planungsbericht der Züricher Planungsgruppe Limmattal (ZPL). [http://www.zpl.ch/LEK%20Limmattal%202003/Bericht\\_nach\\_DV\\_28-10-2003.pdf](http://www.zpl.ch/LEK%20Limmattal%202003/Bericht_nach_DV_28-10-2003.pdf). 10.05.2012.
- LENZEN, W. (2007): Die Struktur der Landwirtschaft und ihre Entwicklung in der Stadt Witten Ennepe-Ruhr-Kreis. Landwirtschaftlicher Fachbeitrag zum Flächennutzungsplan. Landwirtschaftskammer Nordrhein-Westfalen (Hrsg.). Bonn.
- LOFT, L. & LUX, A. (2010): Ecosystem Services – Eine Einführung. Biodiversität und Klima Forschungszentrum.
- LONGCORE, T.; LI, C. & WILSON, J. P. (2004): Applicability of CITYgreen urban ecosystem analysis software to a dense urban neighborhood. *Urban Geography* 25. 173–86.
- LUBW (Landesanstalt für Umwelt, Messungen und Naturschutz Baden-Württemberg) (2009): Kleiner Wasserfrosch. Karlsruhe. [http://www.lubw.baden-wuerttemberg.de/servlet/is/29083/ran\\_les\\_end.pdf?command=downloadContent&filename=ran\\_les\\_end.pdf](http://www.lubw.baden-wuerttemberg.de/servlet/is/29083/ran_les_end.pdf?command=downloadContent&filename=ran_les_end.pdf). 12.03.2012.

- LYYTIMÄKI, J. & SIPILÄ, M. (2009): Hopping on one leg – The challenge of ecosystem disservices for urban green management. *Urban Forestry & Urban Greening* 8. 309-315.
- MAAS, J.; VAN DILLEN, S.; VERHEIJ, R. & GROENEWEGEN, P. (2009): Social contacts as a possible mechanism behind the relation between green space and health. *Health & Place*, 15. 586-595.
- MANIAK, U. (2010): *Hydrologie und Wasserwirtschaft: Eine Einführung für Ingenieure*. Berlin. Springer.
- MATHEY, J.; RÖSSLER, S.; LEHMANN, I.; BRÄUNER, A.; GOLDBERG, V.; KURBJUHN, C. & WESTHELD, A. (2011): Noch wärmer, noch trockener? Stadtnatur und Freiraumstrukturen im Klimawandel. In: Bundesamt für Naturschutz (Hrsg.): *Naturschutz und Biologische Vielfalt*. Leipzig.
- MATHEY, J.; RÖSSLER, S.; LEHMANN, I. & BRÄUER, A. (2011b): Urban Green Spaces: Potentials and Constraints. In: *Resilient Cities. Local Sustainability, Volume 1, Part 5*, 479-485.
- MCCONNELL, V. & WALLS, M. (2005): The value of open space: Evidence from studies of nonmarket benefits. *Resources for the future*.
- MCCUEN, R. (1989): *Hydrologic Analysis and Design*. Department of Civil Engineering University of Maryland. Englewood Cliffs, New Jersey.
- MEA (Millennium Ecosystem Assessment) (2005): *Ecosystems and Human Well-being: A Framework for Assessment. Synthesis*. Island Press, Washington DC.
- MEA (Millennium Ecosystem Assessment) (2005b): *Ecosystems and Human Well-being: Biodiversity Synthesis*. World Resources Institute, Washington DC.
- MÖRTBERG, U. M.; BALFORS, B. & KNOL, W. C. (2006): Landscape ecological assessment: A tool for integrating biodiversity issues in strategic environmental assessment and planning. *Journal of Environmental Management* 82. 457-470.
- MÖRTBERG, U. M. & KALLSTRÖM, A. (2005): Predicting forest grouse occurrences in an urbanizing environment, with consideration of spatial autocorrelation. *Journal for Nature Conservation* 13. 147–159.
- NOHL, W. (2001): *Landschaftsplanung. Ästhetische und rekreative Aspekte*. Berlin.
- NOHL, W. (1993): *Beeinträchtigungen des Landschaftsbildes durch mastenartige Eingriffe. Materialien für die naturschutzfachliche Bewertung und Kompensationsermittlung*. Werkstatt für Landschafts- und Freiraumentwicklung.
- NORDH, H.; HARTIG, T.; HAGERHALL, C. & FRY, G. (2009): Components of small urban parks that predict the possibility for restoration. *Urban Forestry & Urban Greening* 8. 225-235.
- OPDAM, P.; STEINGRÖVER, E. & VAN ROOIJ, S. (2005): Ecological networks: A spatial concept for multi-actor planning of sustainable landscapes. *Landscape and Urban Planning* 75. 322-332.

- OPDAM, P. (2007): Deconstructing and reassembling the landscape system. *Landscape Ecology* 22. 1445-1446.
- OSTERMANN, F. (2009): Modelling, analyzing and visualizing human space appropriation. Dissertation an der mathematisch-naturwissenschaftlichen Fakultät der Universität Zürich.
- PAULEIT, S. & DUHME, F. (2000): GIS assessment of Munich's urban forest structure for urban planning. *J. Arbor*, 26. 133-141.
- PAYNE, L.; SMITH, E.; GODBEY, G. & ROY, M. (1998): Local parks and the health of older adults: results from an exploratory study. *Parks and Recreation*, 33. 64-71.
- PEETERS, C.; BILLS, N.; LEMBO, A.; WILKINS, J. & FICK, G. (2008): Mapping potential foodsheds in New York State: A spatial model for evaluating the capacity to localize food production. *Renewable Agriculture and Food Systems*: 24(1). 72-84.
- PFAUNDLER, M. U. (2001): Adapting, analysing and evaluating a flexible Index Flood regionalisation approach for heterogeneous geographical environments. Doktorarbeit an der Eidgenössischen technischen Hochschule Zürich.
- PIETSCH, M. & HENSEL, M. (2003): Netzwerkanalysen zur Ermittlung der Freiraumversorgung von Kommunen. In: Stendal (Hrsg): Tagungsband pilothafte GIS-Anwendungen in der Landschaftsplanung. 81-90.
- PINKERTON, A.; KENNEDY, J. & LOKHAISER, J. (2010): Butler County Act. 167, County-Wide Stormwater Management Plan, Phase II.
- ROSSI, A. (1973): Die Architektur der Stadt. Skizze zu einer grundlegenden Theorie des Urbanen. Bertelsmann. Düsseldorf.
- ROWNTREE, R. & NOWAK, D. J. (1991): Quantifying the role of urban forests in removing atmospheric carbon dioxide. *J. Arboricult.* 17. 269-75.
- RUTH, L. (2004): Wasserhaushalt in Flusseinzugsgebieten. Geographisches Institut der Universität Kiel. [http://www.ikzm-d.de/seminare/pdf/ruth\\_wasserhaushalt.pdf](http://www.ikzm-d.de/seminare/pdf/ruth_wasserhaushalt.pdf). 05.03.2012.
- SCHIPPERIJN, J.; STIGSDOTTER, U.; RANDRUP, T. & TROELSEN, J. (2010): Influences on the use of urban green space – A case study in Odense, Denmark. *Urban Forestry & Urban Greening* 9. 25-32.
- SCHWARZ-VON RAUMER, H. G. (1999): GIS in der Stadtentwicklung: Stadtgeschichte und Stadtplanung als Kontext. In: Kilchemann, A. & Schwarz-von Raumer, H. G. (Hrsg): GIS in der Stadtentwicklung. Methodik und Fallbeispiele. Berlin. 1-12.
- SEIDEL, N. (2008): Untersuchung der Wirkung verschiedener Landnutzungen auf Oberflächenabfluss und Bodenerosion mit einem Simulationsmodell. Fakultät für Geowissenschaften, Geotechnik und Bergbau. Freiberg.
- SIEDENTOP, S. (2010): Stichwort Innenentwicklung/Aussenentwicklung. In: Henckel et al. (Hrsg.): Planen – Bauen – Umwelt. Ein Handbuch. VS Verlag. Wiesbaden. 235-240.
- SIVAPALAN, M.; BEVEN, K. & WOOD, E. F. (1987): On hydrologic similarity: A scaled model of storm runoff production, *Water Resources Research*, Vol. 23. 2266-2278.

- SOWIG, P.; PLÖTNER, J. & FRITZ, K. (2007): Kleiner Wasserfrosch, *Rana lessonae* Camerano, 1982. In: Laufer; Fritz & Sowig (Hrsg.): Die Amphibien und Reptilien Baden-Württembergs. Stuttgart.
- SPREAFICO, M. & WEINGARTNER, R. (2005): Hydrologie der Schweiz. Ausgewählte Aspekte und Resultate. Berichte des BWG, Serie Wasser. Bern.
- STADT SCHLIEREN (2010): Medienmitteilung der Stadt Schlieren vom 19. August 2010, Fachstelle Kommunikation und Öffentlichkeitsarbeit.  
[http://www.schlieren.ch/dl.php/de/0czdd-w9jlib/Medienmitteilung\\_Wasser2009.pdf](http://www.schlieren.ch/dl.php/de/0czdd-w9jlib/Medienmitteilung_Wasser2009.pdf).  
23.11.2011.
- STADT SCHLIEREN (2009): Öffentlicher Gestaltungsplan Schlieren West. Planungsbericht nach Art. 47 RPV.  
[http://www.schlieren.ch/dl.php/de/20071004171004/Ber\\_Art47\\_090202\\_v02.pdf](http://www.schlieren.ch/dl.php/de/20071004171004/Ber_Art47_090202_v02.pdf).  
20.03.2012.
- STADT SCHLIEREN (2005): Stadtentwicklung Schlieren. Schlussbericht November 2005.  
[http://www.schlieren.ch/dl.php/de/20060822154231/Stadtentwicklung\\_Konzept\\_Freiraum\\_Gr%FCnraum.pdf](http://www.schlieren.ch/dl.php/de/20060822154231/Stadtentwicklung_Konzept_Freiraum_Gr%FCnraum.pdf). 06.04.2012.
- STADT SCHLIEREN (1996): Bauordnung vom 16.09.1996. SKR Nr.10.10.  
<http://www.schlieren.ch/dl.php/de/0d1ea-q1i8o0/Bauordnung.pdf>. 18.03.2012.
- STATISTISCHES AMT KANTON ZÜRICH (2011): Gemeindeporträt des Kantons Zürich: Gemeinde Schlieren.  
[http://www.statistik.zh.ch/internet/justiz\\_innere/statistik/de/statistiken/daten/gemeindeportraet.html](http://www.statistik.zh.ch/internet/justiz_innere/statistik/de/statistiken/daten/gemeindeportraet.html). 20.12.2011.
- STAUB, C. & OTT, W. (2011): Indikatoren für Ökosystemleistungen. Systematik, Methodik und Umsetzungsempfehlungen für eine wohlfahrtsbezogene Umweltberichterstattung. Bundesamt für Umwelt, Bern.
- STEHLE, T. & SCHICK, M. (2011): Arbeitszeitbedarf für die Bewirtschaftung naturnaher Lebensräume. In: Lehrstuhl für Agrarsystemtechnik TUM (Hrsg.): 17. Arbeitswissenschaftliches Kolloquium, Freising-Weihenstephan.
- STEPHENSON, J. (2008): The Cultural Values Model: An integrated approach to values in landscapes. *Landscape and Urban Planning*, 84. 127-139.
- STOKMAN, A. (2012): Multifunktionale Wasserlandschaften: Wie kann Wasserinfrastruktur als Landschaft gestaltet werden? In: Universität Stuttgart (Hrsg.): Themenheft Wasser und Umwelt. <http://www.uni-stuttgart.de/hkom/publikationen/themenheft/08/multifunktionale.pdf>.  
04.01.2012.
- SWISSTOPO (2010): Objektkatalog swissTLM3D 1.0.  
<http://www.swisstopo.admin.ch/internet/swisstopo/de/home/products/landscape/swissBUILDINGS3D.html>. 29.02.2012.

SWISSTOPO (2011): SwissBuildings3D Version 1.0. Vereinfachte 3D-Gebäude der Schweiz.

<http://www.swisstopo.admin.ch/internet/swisstopo/de/home/products/landscape/swissTLM3D.html>. 29.02.2012.

TAKANO, T.; NAKAMURA, K. & WATANABE, M. (2002): Urban residential environments and senior citizens' longevity in mega-city areas: The importance of walkable green space. *Journal of Epidemiology and Community Health*, 56. 913-918.

TASSINARI, P. & TORREGGIANI, D. (2006): Visual impact assessment methodologies for rural design. *Agricultural Engineering International: The CIGR Ejournal*. Manuscript BC 05 009, Vol. VIII.

TRATALOS, J.; FULLER, R.; WARREN, P.; DAVIES, R. & GASTON, K. (2007). Urban form, biodiversity potential and ecosystem services. *Landscape and Urban Planning* 83. 308-317.

TYRVÄINEN, L.; PAULEIT, S.; SEELAND, K. & DE VRIES, S. (2004): Benefits and uses of urban forests and trees. In: Nilsson, K.; Randrup, T. B.; Konijnendijk, C. C. (Hrsg.): *Urban Forests and Trees in Europe A Reference Book*. Springer Verlag. 81-114.

TZOULAS, K.; KORPELA, K.; VENN, S.; YLIPELKONEN, V.; KAZMIERCZAK, A.; NIEMELA, J. & JAMES, P. (2007): Promoting ecosystem and human health in urban areas using Green Infrastructure: A literature review. *Landscape and Urban Planning*, 81(3). 167-178.

ULRICH, R.; SIMONS, R.; LOSITO, B.; FIORITO, E.; MILES, M.; ZELSON, M. (1991): Stress recovery during exposure to natural and urban environments. *Journal of Environmental Psychology*, 11. 201-230.

USDA (United States Department of Agriculture) (1986): *Urban Hydrology for Small Watersheds*. TR-55.

VANDEWOESTJINE, S.; MARTIN, T.; LIÉGEOIS, S. & BAGUETTE, M. (2004): Dispersal, landscape occupancy and population structure in the butterfly *Melanargia galathea*. *Basic and Applied Ecology*, 5. 581-591.

VAN HERZELE, A. & WIEDEMANN, T. (2002): A monitoring tool for the provision of accessible and attractive urban green spaces. *Landscape and Urban Planning* 63. 109–126.

VIVIROLI, D.; ZAPPA, M.; GURTZ, J. & WEINGARTNER, R. (2007): An introduction to the hydrological modelling system PREVAH and its pre- and post-processing-tools. *Environmental Modelling & Software* 24. 1209–1222.

VOGEL, G. (2005): *A view from the bottomlands: Physical and social landscapes and late prehistoric mound centers in the northern caddo area*. University of Arkansas.

VON HAHN, N. (2007): „Trockene Luft“ und ihre Auswirkungen auf die Gesundheit – Ergebnisse einer Literaturstudie. *Gefahrstoffe, Reinhaltung der Luft*, 67. 103–107.

WEINGARTNER, R. (2006): Hydrologie. Skriptum zur Vorlesung Landschaftsökologie, Teil Hydrologie. Geographisches Institut der Universität Bern.

WENG, G. (2001): Modeling Urban Growth Effects on Surface Runoff with the Integration of Remote Sensing and GIS. Department of Geography, Geology, and Anthropology Indiana State University. Terre Haute. 737-748.

WERNER, P. & ZAHNER, R. (2009): Biologische Vielfalt und Städte. Eine Übersicht und Bibliographie. BfN - Scripten 245. Bonn-Bad Godesberg.

WISSEN HAYEK, U. (2011): SUPat Bevölkerung- und Beschäftigte 2030.

WISSEN HAYEK, U.; VON WIRTH, T.; KUNZE, A. & NEUENSCHWANDER, N. (2011): Wie präsentiert sich das Limmattal im Jahr 2030? Vier regionale Szenarien. Kurzfassung der qualitativen Szenario-Beschreibungen. SUPat – Sustainable Urban Patterns. Zürich.

WHITEFORD, 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. Landscape and Urban Planning 57. Elsevier. 91-103.

WHO (World Health Organization) (1948): Constitution of the World Health Organization. New York.

### **Internetquellen:**

[www.aggloupark-limmattal.ch](http://www.aggloupark-limmattal.ch)

<http://www.aggloupark-limmattal.ch>, 14.02.2012.

[www.agroscope.ch](http://www.agroscope.ch)

[http://www.agroscope.ch/ziel-leitarten/00631/index.html?lang=de#sprungmarke0\\_1](http://www.agroscope.ch/ziel-leitarten/00631/index.html?lang=de#sprungmarke0_1), 02.03.2012.

[www.amrietpark.ch](http://www.amrietpark.ch)

<http://www.amrietpark.ch/planungen/gestaltungsplan-geistlich>, 20.03.2012

[www.bafu.ch](http://www.bafu.ch)

<http://www.bafu.admin.ch/umwelt/indikatoren/08557/08562/index.html?lang=de>, 12.04.2012.

[www.baumkunde.de](http://www.baumkunde.de)

[http://www.baumkunde.de/Quercus\\_robur/](http://www.baumkunde.de/Quercus_robur/), 15.03.2012.

[www.destatis.de](http://www.destatis.de)

<http://www.destatis.de/jetspeed/portal/cms/Sites/destatis/Internet/DE/Content/Statistiken/Gesundheit/Gesundheitszustand/Tabellen/Content50/Koerpermasse,templateId=renderPrint.psml>, 11.03.2012.

[www.geodsz.com](http://www.geodsz.com)

<http://www.geodsz.com/deu/d/Abflussprozess>, 05.03.2012

[www.googlemaps.ch](http://www.googlemaps.ch)

<http://maps.google.ch/maps?hl=de&tab=wl>, 29.11.2011.

[www.gis.zh.ch](http://www.gis.zh.ch)

<http://www.gis.zh.ch/gb4/bluevari/gb.asp>, letzter Zugriff: 10.4.2012.

[www.karch.ch](http://www.karch.ch)

<http://www.karch.ch/karch/d/amp/rle/rlefs2.html?dienst=ART>, 08.02.2012

[www.meteoschweiz.ch](http://www.meteoschweiz.ch)

[http://www.meteoschweiz.ch/web/de/klima/klima\\_schweiz.html](http://www.meteoschweiz.ch/web/de/klima/klima_schweiz.html), 24.02.2012.

[www.monet.admin.ch](http://www.monet.admin.ch)

<http://www.bfs.admin.ch/bfs/portal/de/index/themen/21/01/new.html?gnpID=2012-330>,  
30.05.2012.

[www.sbb.ch](http://www.sbb.ch)

<http://fahrplan.sbb.ch/bin/query.exe/dn>, 24.11.2011

[www.schlieren.ch](http://www.schlieren.ch)

<http://www.schlieren.ch/de/portrait/portraitwillkommen>, letzter Zugriff 20.3.2012.

[www.schmetterling-raupe.de](http://www.schmetterling-raupe.de)

<http://www.schmetterling-raupe.de>, 08.02.2012

[www.supat.ethz.ch](http://www.supat.ethz.ch)

<http://www.supat.ethz.ch>, 17.01.2012

[www.tempelhoferfreiheit.de](http://www.tempelhoferfreiheit.de)

<http://www.tempelhoferfreiheit.de>, 03.03.2012.

### **Auskunftspersonen:**

BÜCHLI, E.: Büroinhaber GIS-Planung Büchli. Schriftliche Mitteilung vom 28.12.2011.

DUSEJ, G.: Büro für faunistische Felduntersuchungen. Mündliche Mitteilung 26.03.2012.

HEBEL, B., Dr.: Amt für Geoinformation Kanton Thurgau. Schriftliche Mitteilung vom 08.05.2012.

KLIK, A., Prof. Dr.: Institute of Natural Resources, College of Sciences, Massey University, Wellington. Schriftliche Mitteilung vom 09.05.2012.

LEISI, C.: Fachstelle Landschaft der Abteilung Raumplanung, Amt für Raumentwicklung Kanton Zürich. Mündliche Mitteilung vom 23.05.2012.

NEUENSCHWANDER, N.: Wissenschaftliche Mitarbeiterin am Lehrstuhl Planung von Landschaft und urbanen Systemen (PLUS), Institut für Raum- und Landschaftsentwicklung, ETH Zürich. Schriftliche Mitteilung vom 16.11.2011.

PEER, M.: Stadtingenieur und Abteilungsleiter Bau und Planung der Stadt Schlieren. Mündliche Mitteilung vom 03.05.2012.

PELLETT, J.: Beratungsstelle Bundesinventar der Amphibienlaichgebiete von nationaler Bedeutung – IANB. Schriftliche Mitteilung vom 31.03.2012.

RIMKUS, S.: Institute of Environmental Engineering, ETH Zürich. Schriftliche Mitteilung vom 07.05.2012.

ROHDE, S., Dr.: Freiraumplanung Grün Stadt Zürich. Mündliche Mitteilung vom 14.05.2012.

RYSER, J.: Beratungsstelle Bundesinventar der Amphibienlaichgebiete von nationaler Bedeutung (IANB). Mündliche Mitteilung vom 20.03.2012 und schriftliche Mitteilung vom 31.03.2012.

STEGER, M.: Baudirektion Amt für Landschaft und Natur, Fachstelle Bodenschutz. Kanton Zürich. Schriftliche Mitteilung vom 09.01.2012.

VON WIRTH, T.: Institut für Umweltentscheidungen ETH Zürich. Mündliche Mitteilung vom 03.05.2012.

WISSEN HAYEK, U., Dr.: Oberassistentin am Lehrstuhl Planung von Landschaft und urbanen Systemen (PLUS), Institut für Raum- und Landschaftsentwicklung, ETH Zürich. Mündliche und schriftliche Mitteilungen vom 28.9.2011, 23.2, 16.3, 26.4, 16.5 und 29.6.2012.

ZUMBACH, S.: Koordinationsstelle für Amphibien- und Reptilienschutz in der Schweiz (KARCH). Mündliche Mitteilung vom 27.03.2012 und schriftliche Mitteilung vom 11.04.2012.

### **Besprechung/Workshop:**

BESPRECHUNG (16.03.2012): Vorgehen zur Erstellung der Szenarien für Schlieren. Anwesende Personen: WISSEN HAYEK, U., Dr.: Lehrstuhl Planung von Landschaft und urbanen Systemen (PLUS), Institut für Raum- und Landschaftsentwicklung, ETH Zürich; NEUENSCHWANDER, N.: Lehrstuhl Planung von Landschaft und urbanen Systemen (PLUS), Institut für Raum- und Landschaftsentwicklung, ETH Zürich; VON WIRTH, T.: Lehrstuhl Natural and Social Science Interface (NSSI), Institut für Umweltentscheidungen, ETH Zürich; KUNZE, A.: Professur für Informationsarchitektur, ETH Zürich & HALATSCH, J.: Professur für Informationsarchitektur, ETH Zürich.

WORKSHOP SUPAT (15.02.2012): Stakeholder Workshop II, NFP 65 Projekt „SUPat - Sustainable Urban Patterns“.

## A Ortsplan Schlieren

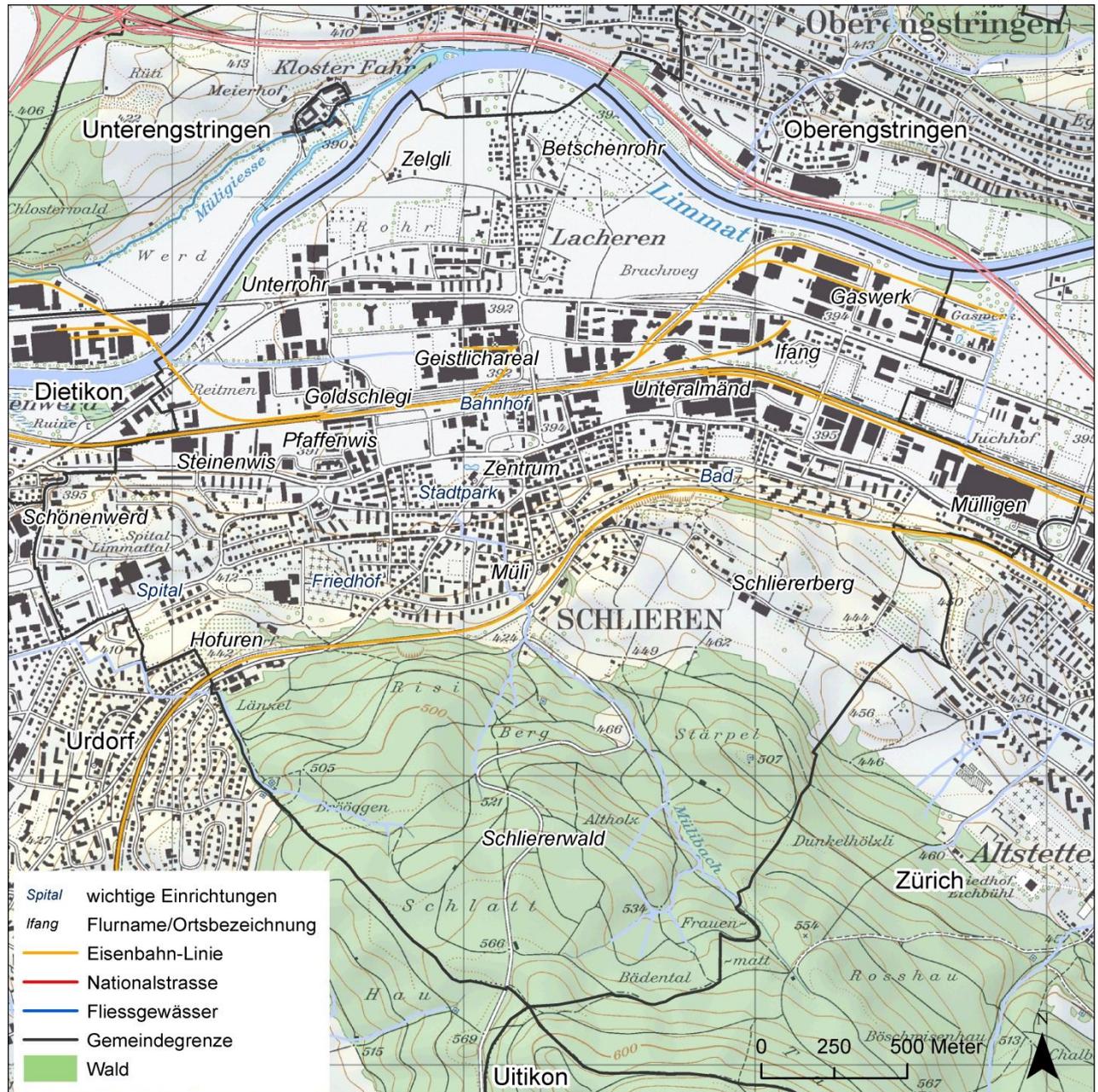


Abb. 44: Ortsplan Schlieren (Hintergrund: swisstopo 2007: Landeskarte 1:25'000)

Bemerkung: Einige Gebiete auf der Karte (Stand 2007) sind mittlerweile überbaut und entsprechen daher nicht den zum Zeitpunkt der Erhebung der Grünraumtypologie vorliegenden Gegebenheiten (November 2011). Die Karte dient lediglich als Orientierungshilfe.

## B Grünraumtypologie

Tab. 24: Beschreibung, Unterteilung und Definition der Grünraumtypologie

Halbprivates Wohnumfeld	
	
(Bildquelle: Googlemaps 2011)	
<p>Das halbprivate Wohnumfeld findet sich in mehrgeschossigen, meist grösseren Wohnüberbauungen. Diese sind zwar öffentlich zugänglich, jedoch für die Einwohner der Wohnüberbauung und nicht für die Öffentlichkeit bestimmt.</p> <p>Nebst Rasenflächen, Hecken und Bäumen werden auch befestigte Flächen, wie Parkplätze oder Wege zum halbprivaten Wohnumfeld dazugezählt. Das halbprivate Wohnumfeld kann unterteilt werden in Wohnumfelder mit einem hohen Grünanteil (Versiegelungsanteil &lt; 75%, Abb. links) und einem geringen Grünanteil (Versiegelungsanteil &gt; 75%, Abb. Mitte). Letztere finden sich etwa im Zentrum Schlierens und sind teilweise lediglich von einzelnen Bäumen umgeben.</p> <p>Als weitere Ausprägung werden Privatgärten im halbprivaten Wohnumfeld unterschieden (Abb. rechts). Diese enthalten nebst der halbprivaten Wohnumgebung Privatgärten im Erdgeschoss.</p>	
Bodenbedeckung	Anteil [in Prozent]
▪ Halbprivates Wohnumfeld (Versiegelungsanteil < 75 %)	100
Befestigter Hausumschwung	26
Humusierter Hausumschwung	74
- Niedrige Vegetation	49
- Mittlere Vegetation	9
- Hohe Vegetation	16
▪ Halbprivates Wohnumfeld (Versiegelungsanteil > 75 %)	100
Befestigter Hausumschwung	86
Humusierter Hausumschwung	14
- Niedrige Vegetation	7
- Mittlere Vegetation	4
- Hohe Vegetation	3
▪ Privatgärten in halbprivatem Wohnumfeld	100
Befestigter Hausumschwung	23
Humusierter Hausumschwung	77
- Niedrige Vegetation	54
- Mittlere Vegetation	12
- Hohe Vegetation	11

**Privatgärten**



(Googlemaps 2011)

Privatgärten befinden sich bei Ein- oder Mehrfamilienhäusern. Diese sind meist klar vom gegenüberliegenden Grundstück abgegrenzt. Nebst Einfahrt und Garage enthält dieser Typ weitere befestigte Anlagen, wie Gartenhäuschen oder Sitzplätze. Die Vegetation ist meist reich strukturiert und umfasst u.a. Gärten, Rasenflächen, Hecken, Sträucher oder Bäume.

Bodenbedeckung	Anteil [in Prozent]
▪ Privatgärten	100
Befestigter Hausumschwung	29
Humusierter Hausumschwung	71
- Niedrige Vegetation	39
- Mittlere Vegetation	25
- Hohe Vegetation	7

**Grünanlagen öffentlicher Gebäude**



(Googlemaps 2011)

Öffentliche Gebäude wie Schulen, Verwaltungsgebäude oder Kirchen enthalten vielfach eine grosszügige Grünraumgestaltung, die deshalb als eigener Grünraumtyp erfasst werden. Verwaltungsgebäude und Schulen sind in den Bodenbedeckungsdaten AV enthalten. Kirchen und weitere öffentliche Gebäude werden aus dem Luftbild bestimmt.

Bodenbedeckung	Anteil [in Prozent]
▪ Grünanlagen öffentlicher Gebäude	100
Befestigter Hausumschwung	51
Humusierter Hausumschwung	49
- Niedrige Vegetation	30
- Mittlere Vegetation	12
- Hohe Vegetation	7

**Gärtnereien**



(Googlemaps 2011)

Gärtnereien enthalten Pflanzen, welche zum kommerziellen Verkauf bestimmt sind. Diese werden meist in Töpfen auf versiegeltem Boden oder in Gewächshäusern gehalten. Gewächshäuser gelten als Gebäude oder sind, falls sie in Familiengärten vorkommen, dem Typ Familiengärten zugeordnet. Gärtnereien sind in der Bodenbedeckung AV enthalten. Nebst den Gärtnereien beinhaltet die Kategorie den Hausumschwung landwirtschaftlicher oder forstwirtschaftlicher Gebäude, die ebenfalls in den Bodenbedeckungsdaten AV aufgeführt sind.

Bodenbedeckung	Anteil [in Prozent]
▪ Gärtnereien	100
Befestigter Hausumschwung	39
Humusierter Hausumschwung	61
- Niedrige Vegetation	18
- Mittlere Vegetation	35
- Hohe Vegetation	8

**Industriegrün**



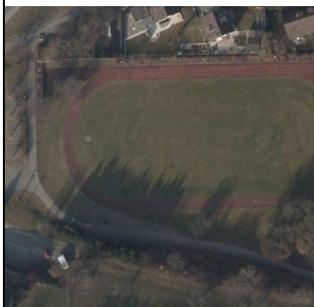
(Googlemaps 2011)

Die Kategorie Industriegrün beinhaltet Industrie- und Gewerbeareale. Diese können auch Parkplatzenflächen enthalten. Industriegrün wird unterteilt in Industrieflächen mit einem hohen (Versiegelungsanteil < 85%, Abb. rechts) und mit einem tiefen Grünanteil (Versiegelungsanteil > 85%, Abb. links). Industrie- und Gewerbegebäude sind in der Bodenbedeckung AV gekennzeichnet.

Bodenbedeckung	Anteil [in Prozent]
▪ Industriegrün (Versiegelungsanteil > 85 %)	100
Befestigter Hausumschwung	91
Humusierter Hausumschwung	9
- Niedrige Vegetation	6
- Mittlere Vegetation	1

Bodenbedeckung	Anteil [in Prozent]
- Hohe Vegetation	2
▪ Industriegrün (Versiegelungsanteil < 85 %)	100
Befestigter Hausumschwung	74
Humusierter Hausumschwung	25
- Niedrige Vegetation	16
- Mittlere Vegetation	3
- Hohe Vegetation	6

**Sportplätze**



(Googlemaps 2011)

Sportplätze können einerseits in Hart- und Rasenplätze unterteilt werden. Andererseits wird unterschieden zwischen öffentlichen und privaten Sportplätzen. Sportplätze sind i.d.R. von Hecken oder Bäumen umgeben. Die meisten öffentlichen Sportflächen finden sich bei Schulhäusern. Private Sportplätze dagegen sind nicht, oder nur eingeschränkt, öffentlich zugänglich. Die Nutzung erfolgt z.B. durch Vereine oder Organisationen oder erfordert die Bezahlung eines Eintrittsgeldes, z.B. zur Betretung der Badeanstalt.

Sportplätze sind in der Bodenbedeckung AV als „Sportanlage“ enthalten. Die Überprüfung der Zugänglichkeit erfolgt im Feld.

Bodenbedeckung	Anteil [in Prozent]
▪ Sportplätze (Rasenplatz)	100
Befestigter Hausumschwung	3
Humusierter Hausumschwung	97
- Niedrige Vegetation	84
- Mittlere Vegetation	9
- Hohe Vegetation	4
▪ Sportplätze (Hartplatz)	100
Befestigter Hausumschwung	85
Humusierter Hausumschwung	15
- Niedrige Vegetation	10
- Mittlere Vegetation	5
- Hohe Vegetation	-

Parkanlagen und öffentliche Freiflächen



(Googlemaps 2011)

Zu den Parkanlagen zählen Freiräume, welche erschlossen und öffentlich zugänglich sind. Sie werden unterteilt in versiegelte Plätze und Grünanlagen. Letztere enthalten reich strukturierte Vegetation sowie erholungsfunktionale Infrastruktur (Bänke, Spielplätze, Wege, etc.).

Zu den Parkanlagen und öffentlichen Freiflächen zählen die im Datensatz Bodenbedeckung AV als „Parkanlage“ gekennzeichneten Flächen und der Friedhof. Gewässer erhöhen die erholungsfunktionalen Qualitäten von Freiräumen in besonderem Masse und ermöglichen eine vielfältige Nutzung durch unterschiedlicher Akteure (Stokman 2012: 24f). Erschlossene Freiräume im Siedlungsgebiet, welche stehende Gewässer aufweisen, werden deshalb ebenso als Parkanlage oder öffentliche Freifläche bezeichnet.

Zusätzlich zur Kategorie werden die auf der Gemeindehomepage von Schlieren bezeichneten Erholungsräume Känzeliwiese, Im Rohr, Schärerwiese, Alter Reitplatz, Schönenwerd und Engstringerstrasse gezählt (www.schlieren.ch, 09.11.2011).

Bodenbedeckung	Anteil [in Prozent]
▪ Parkanlagen, öffentliche Freiflächen	100
Befestigter Hausumschwung	22
Humusierter Hausumschwung	78
- Niedrige Vegetation	45
- Mittlere Vegetation	15
- Hohe Vegetation	18

Familiengärten



(Googlemaps 2011)

Familiengärten beinhalten Flächen, auf welchen Gartenanbau betrieben wird. Sie sind unterteilt in kleinere Teilflächen, welche den einzelnen Nutzern zur Verfügung stehen. Etwa ein Viertel der Teilflächen wird von Gartenhäuschen belegt. Die restlichen Flächen dienen dem Gartenanbau oder bestehen aus befestigten Wegen. Familiengärten werden aus dem Luftbild ermittelt.

Bodenbedeckung	Anteil [in Prozent]
▪ Familiengärten	100
Gärten (Anteile vgl. Abschnitt 4.1, Seite 51)	84
Befestigter Hausumschwung	5
Humusierter Hausumschwung	11
- Niedrige Vegetation	5
- Mittlere Vegetation	2
- Hohe Vegetation	4

**Verkehrsgrün**



(Googlemaps 2011)

Als Verkehrsgrün gelten Grünflächen, welche zwischen Strassen oder zwischen einer Strasse und dem Bürgersteig liegen. Die Einteilung wird von der Bodenbedeckung AV übernommen, in welcher diese als „Verkehrsteilerflächen“ erfasst sind. Verkehrsgrün weisen als Vegetation vor allem Grasflächen oder Blumenbeete auf. Grössere Verkehrsteilerflächen von über 2000 m<sup>2</sup> Fläche werden anderen Kategorien (z.B. Hecken und Feldgehölze) zugeteilt.

Bodenbedeckung	Anteil [in Prozent]
▪ Verkehrsgrün	100
Befestigter Hausumschwung	4
Humusierter Hausumschwung	96
- Niedrige Vegetation	79
- Mittlere Vegetation	4
- Hohe Vegetation	13

**Bahninfrastruktur**



(Googlemaps 2011)

Bahninfrastruktur beinhaltet hauptsächlich Geleise sowie an Geleise angrenzende Vegetation. In der Bodenbedeckung AV ist Bahninfrastruktur als „Bahn“ enthalten.

Bodenbedeckung	Anteil [in Prozent]
▪ Bahninfrastruktur	100
Befestigter Hausumschwung	95
Humusierter Hausumschwung	5
- Niedrige Vegetation	4
- Mittlere Vegetation	1
- Hohe Vegetation	-

### Brachflächen



(Googlemaps 2011)

Als Brachflächen gelten ungenutzte (Industrie-)Flächen. Brachflächen finden sich z.B. beim alten Gaswerk. Die Zuweisung erfolgt mittels Luftbild und Feldbegehung.

Bodenbedeckung	Anteil [in Prozent]
▪ Brachflächen	100
Befestigter Hausumschwung	46
Humusierter Hausumschwung	54
- Niedrige Vegetation	41
- Mittlere Vegetation	12
- Hohe Vegetation	1

### Feldgehölze und Hecken



(Googlemaps 2011)

Diese Kategorie schliesst Hecken, Buschflächen, Feldgehölze oder Ähnliches mit ein. Im Siedlungsraum werden die meisten Niederhecken allerdings anderen Grünraumtypen zugerechnet (z.B. Privatgärten). Im Schliererwald erfolgt keine Unterscheidung der Vegetation. Feldgehölze und Hecken werden aus dem Luftbild ermittelt.

## Gewässer und Uferbereich



(Googlemaps 2011)

Gewässer unterteilen sich in stehende und fließende Gewässer. Erstere beinhalten Teiche oder Weiher, letztere integrieren die Limmat, den Rietbach sowie Bäche im Schliererwald. Der Uferbereich umfasst unmittelbar an das Gewässer angrenzende Vegetation, wie z.B. Schilf.

Ebenfalls zum Uferbereich zählt die Uferböschung entlang der Limmat. Das Schwimmbecken der Badeanstalt wird dem Typ Sportanlagen zugeteilt, da das Becken nur saisonal mit Wasser gefüllt ist. Gewässer (fließend und stehend) sind in der Bodenbedeckung AV aufgeführt.

## Wiesen, Weiden, Äcker



(Googlemaps 2011)

Landwirtschaftlich genutzte Flächen werden unterteilt in Äcker und Wiesen/Weiden. Die Unterscheidung erfolgt über das Luftbild. Hecken und Feldgehölze, die sich auf Landwirtschaftsflächen befinden, werden separat erfasst.

## Wald



(Googlemaps 2011)

Die Waldflächen werden von der Bodenbedeckung AV übernommen. Eine weitere Differenzierung des Waldes z.B. in jüngere Waldgesellschaften, durchmischte Waldstrukturen oder Übergangsbereiche zu anderen Nutzungsformen wird aufgrund fehlender Informationen und Kenntnisse nicht vorgenommen.

### Undefinierte Flächen



(Googlemaps 2011)

In Schlieren befinden sich Flächen, welche gegenwärtig bebaut werden. Da sich diese Flächen in ständiger Veränderung befinden, werden sie als undefinierte Flächen ausgewiesen.

## C Widerstandswerte für den kleinen Wasserfrosch

### Experten:

- Dr. phil. nat. Jan Ryser (Beratungsstelle Bundesinventar der Amphibienlaichgebiete von nationaler Bedeutung - IANB)
- Lic. phil. nat. Silvia Zumbach (Koordinationsstelle für Amphibien- und Reptilienschutz in der Schweiz – KARCH)
- Jérôme Pellett (Beratungsstelle Bundesinventar der Amphibienlaichgebiete von nationaler Bedeutung - IANB)

### Auswahl und Befragung:

Die Auswahl der Experten erfolgte nach telefonischer Anfrage bei der Beratungsstelle Bundesinventar der Amphibienlaichgebiete von nationaler Bedeutung, aufgrund der Empfehlung durch Herrn Dr. phil. nat. Jan Ryser (mündliche Mitteilung 20.03.2012). Die Experten wurden gebeten, die in Tab. 25 aufgeführten Widerstandswerte den in Tab. 26 aufgelisteten Grünraumtypen und Strassenklassen Vector25 zuzuweisen.

Tab. 25: Widerstandslegende (nach Neuenschwander, schriftliche Mitteilung 15.02.2012)

Legende	
99	Nicht überwindbar
9	Praktisch unpassierbar
8	
7	Ungeeignetes Gelände / schlecht
6	
5	
4	
3	
2	Gut passierbar
1	Habitatkorridor
	Habitat / Indifferent

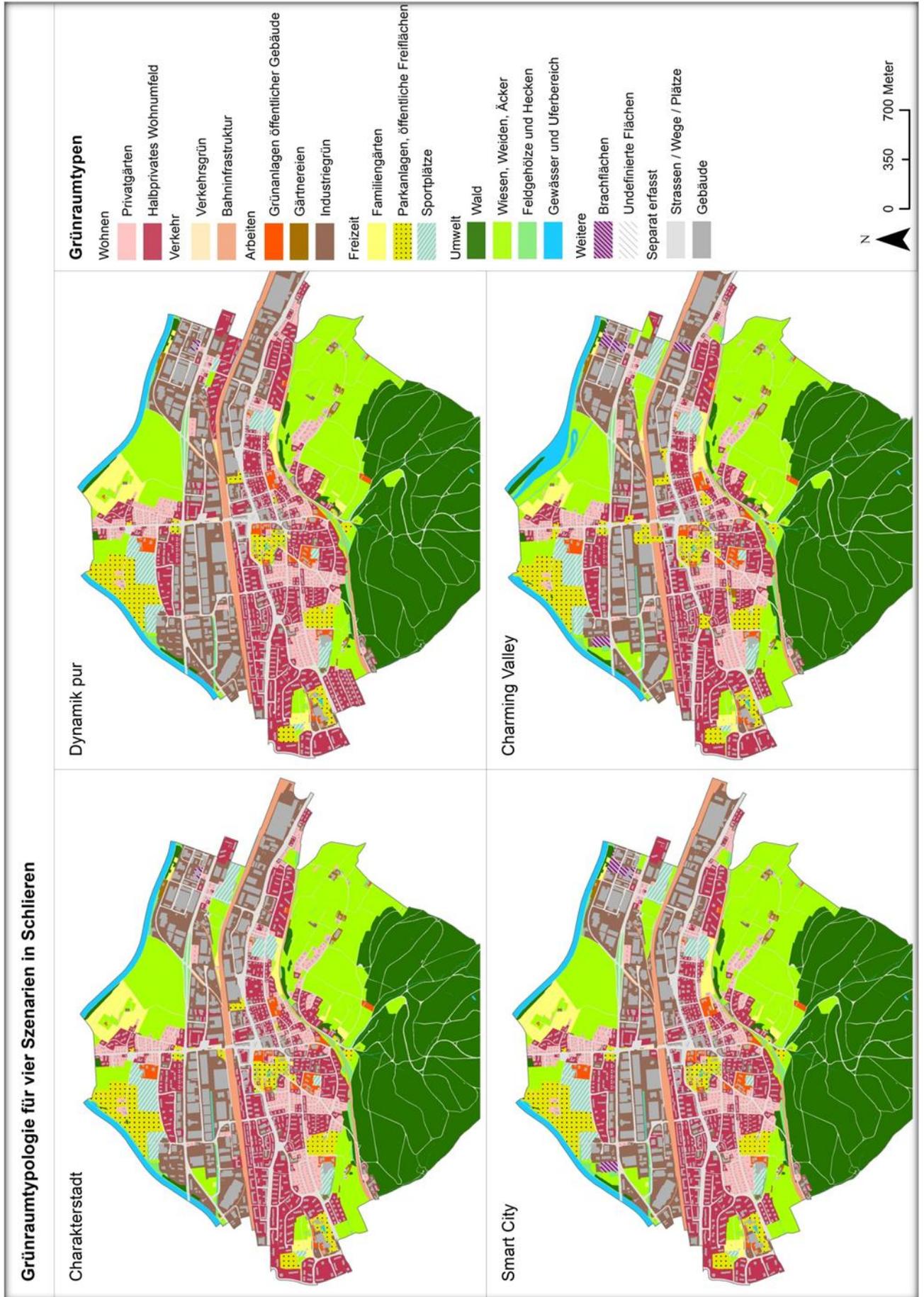
Tab. 26: Widerstandswerte kleiner Wasserfrosch

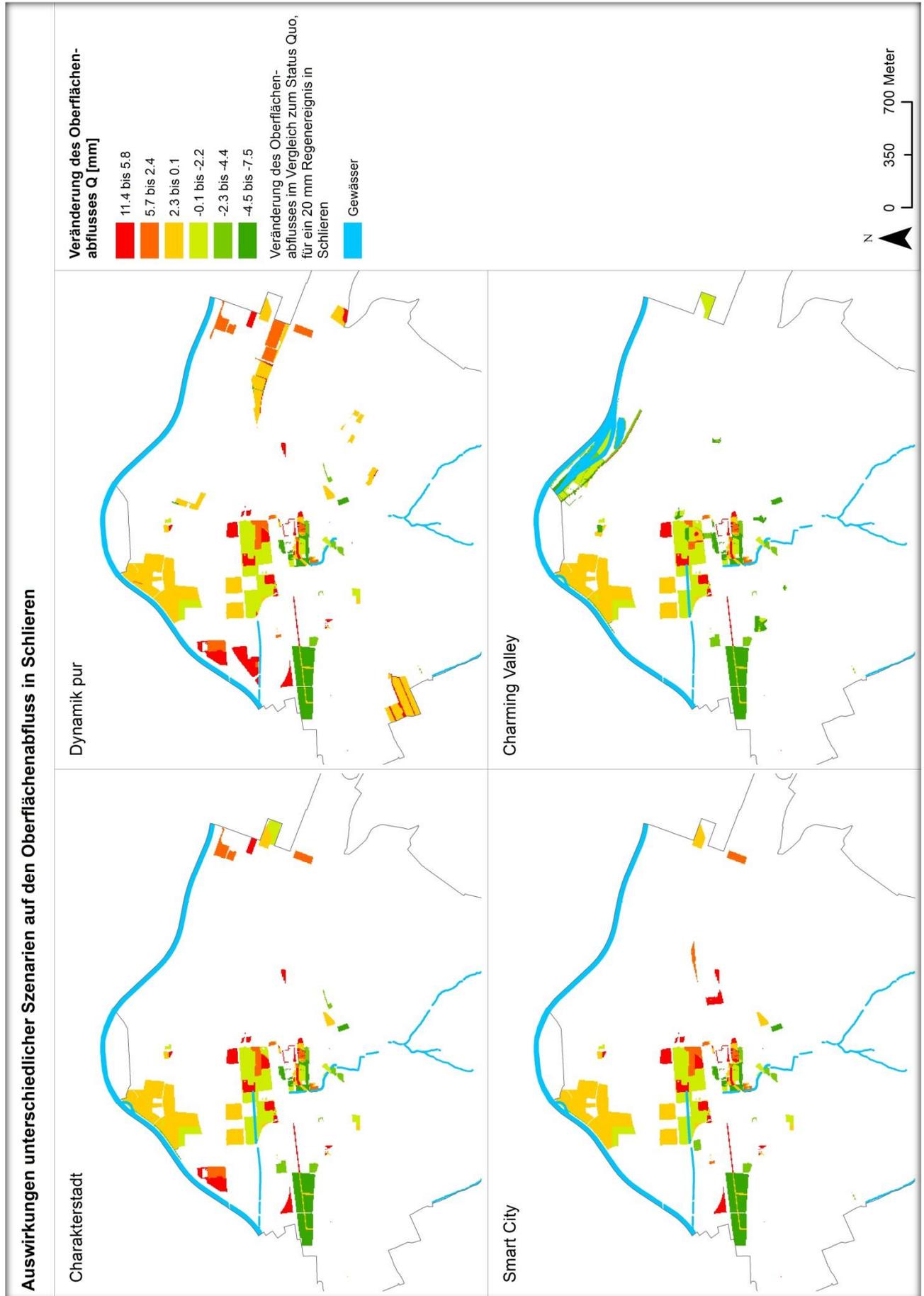
Grünraumtypologie	Widerstandswerte kleiner Wasserfrosch			
	Zumbach (11.04.2012)	Ryser (31.03.2012)	Pellet (31.03.2012)	Ø
Ausserhalb des Siedlungsgebiets				
Wiesen, Weiden - falls feucht	1 0	- 0	2 -	1,5 0
Äcker	1	4	4	3
Wald (Rotbuchenwald)	1	0	0	0,33
Feldgehölze (Bemerkung Zumbach: falls in Gewässernähe: 0)	1	0	0	0,33
Gewässer				

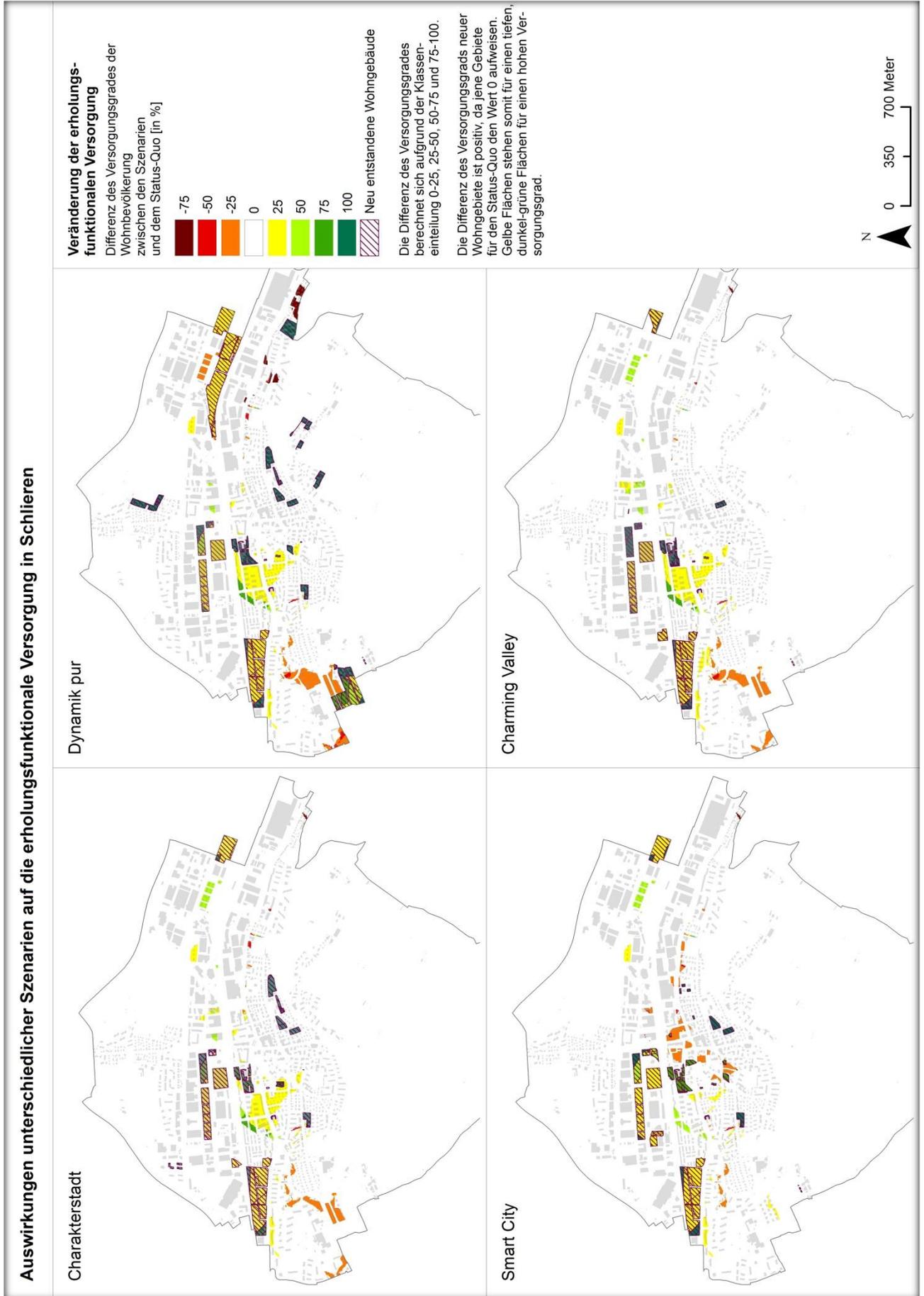
Gewässer, fliessend, längs (Bach)	0	1	1	0,67
Gewässer, fliessend, längs (Limmat)	5	6	7	6
Gewässer, stehend (Teich)	0	0	0	0
Uferbereich Limmat	1	0	0	0,33
Innerhalb der Siedlung				
Brachflächen	1	2	3	2
Privatgärten	1	3	4	2,67
Grünanlagen öffentlicher Gebäude	2	3	3	2,67
Parkanlagen, öffentliche Freiflächen	2	2	3	2,33
Versiegelte Plätze	3	5	6	4,67
Familiengärten	1	4	4	3
Halbprivates Wohnumfeld (tiefer Versiegelungsanteil ca. 25 %)	3	4	3	3,33
Halbprivates Wohnumfeld (hoher Versiegelungsanteil ca. 85 %)	7	7	8	7,33
Sportplätze (Rasen)	3	5	4	4
Sportplätze (Hartplatz)	4	5	8	5,67
Gärtnerereien	2	6	5	4,33
Industrie Grün (hoher Versiegelungsanteil ca. 90 %)	7	7	7	7
Industriegelände (tiefer Versiegelungsanteil ca. 75 %)	6	7	7	6,67
Verkehrsgrün	9	-	8	8,5
Strassenverkehr				
1. Klass-Strasse (mind. 6 m breit), Hartbelag, meist stark befahren	7	7	8	7,33
2. Klass-Strasse (mind. 4 m breit), Hartbelag, meist stark befahren	6	7	8	7
Quartierstrasse, (mind. 4 m breit) Verkehrsberuhigt, kein Durchgangsverkehr	4	3	7	4,67
3. Klass-Strasse (mind. 2,8 m breit) Erschliessung von Dörfern, Weilern, für die Land- und Forstwirtschaft	2	3	5	3,33
4. Klass-Strasse (mind. 1,8 m breit) Fahrweg, oft Gras in der Mitte, für die Land- und Forstwirtschaft	1	2	3	2
5. Klass-Strasse Feld-, Wald-, Veloweg, schlecht unterhaltener Wirtschaftsweg	1	2	3	2
6. Klass Strasse / WW50 Fussweg	1	2	3	2
Bahninfrastruktur (Geleise)	5	7	7	6,33

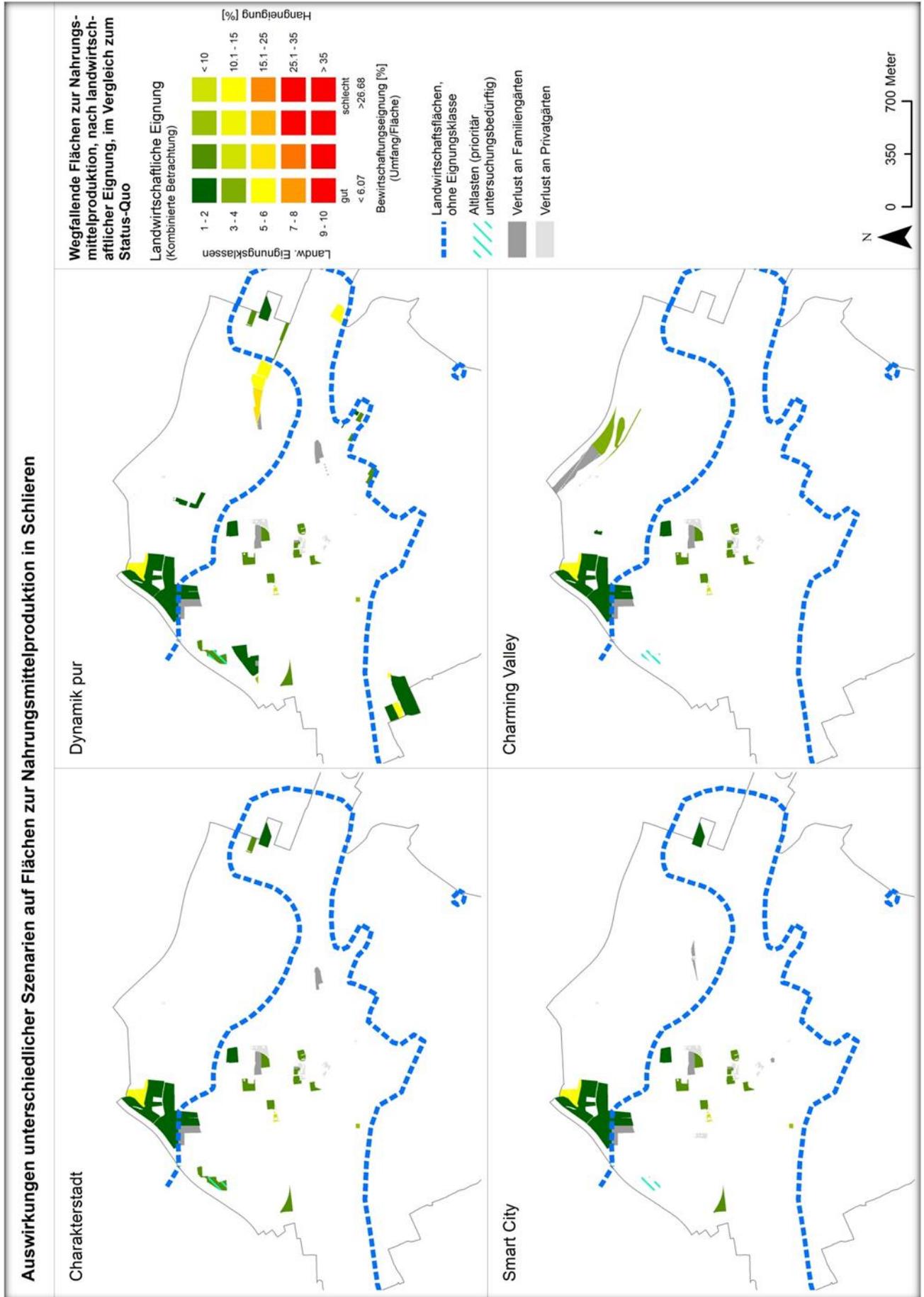
## D Ergebniskarten der Szenarien

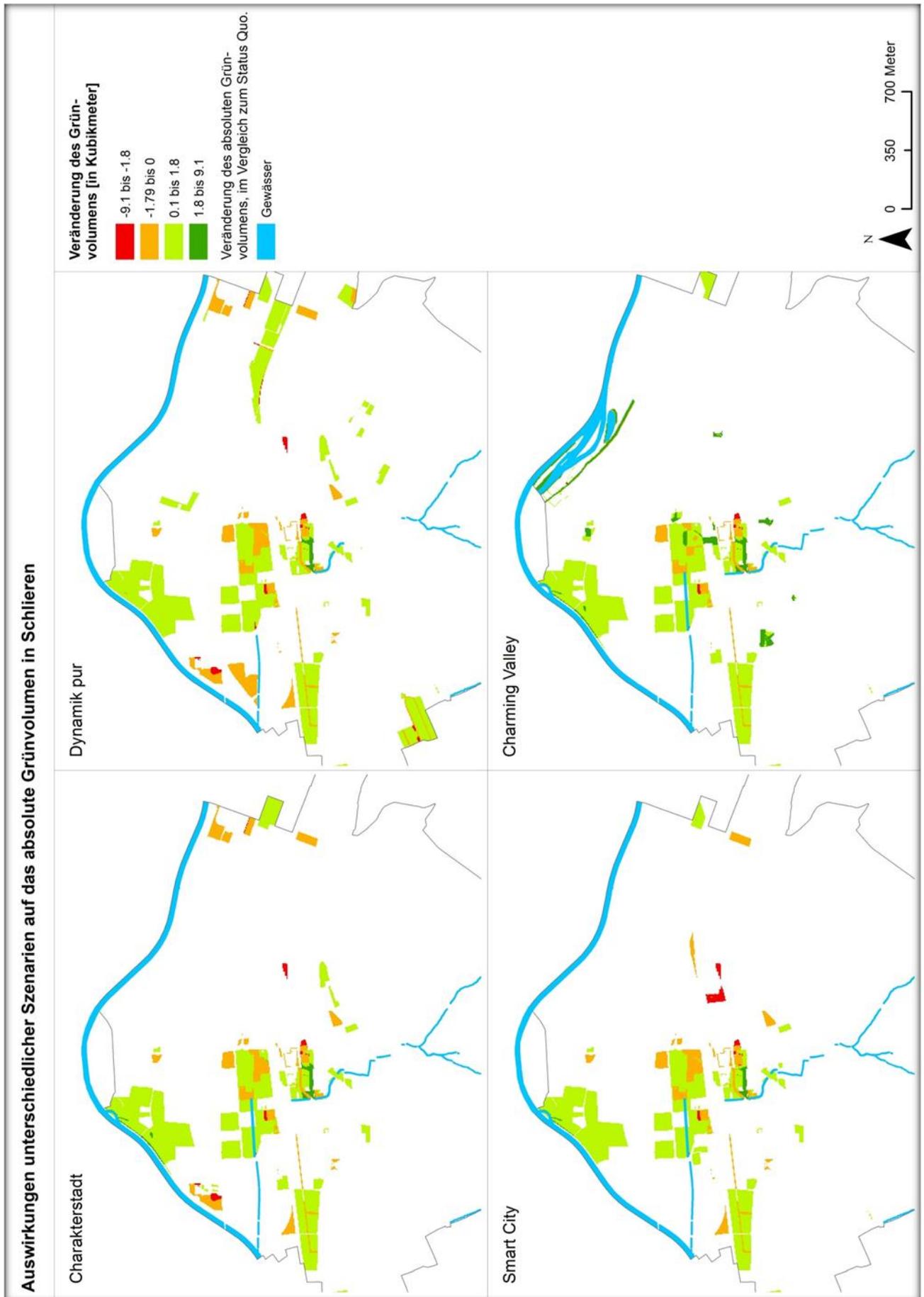
Nachfolgend sind die modellierten Szenarien, sowie die Berechnungsergebnisse für die vier Szenarien zu den jeweiligen Bereichen von Ökosystemleistungen aufgeführt. Die Visualisierungen zeigen die Differenzen zum Status Quo.

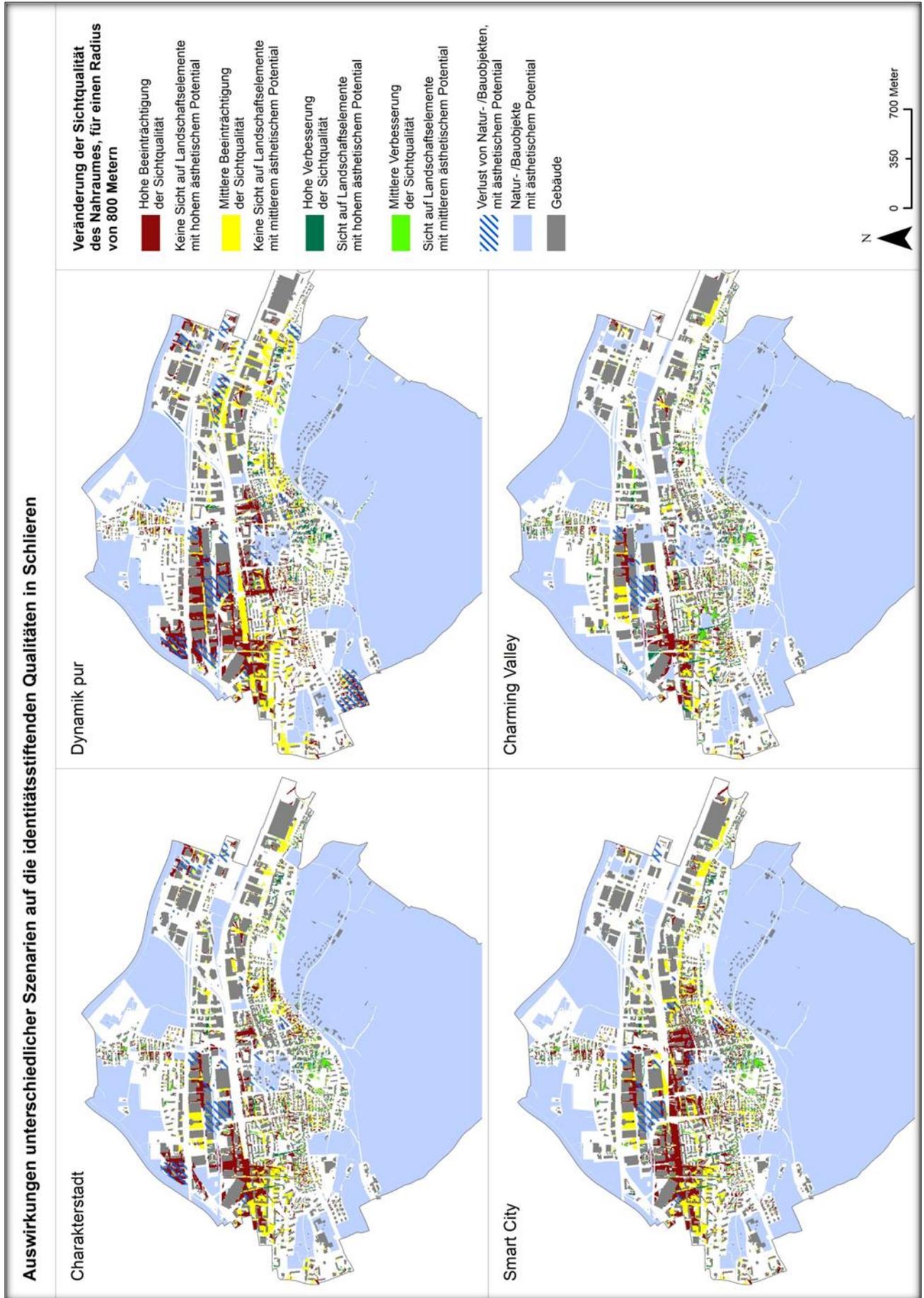


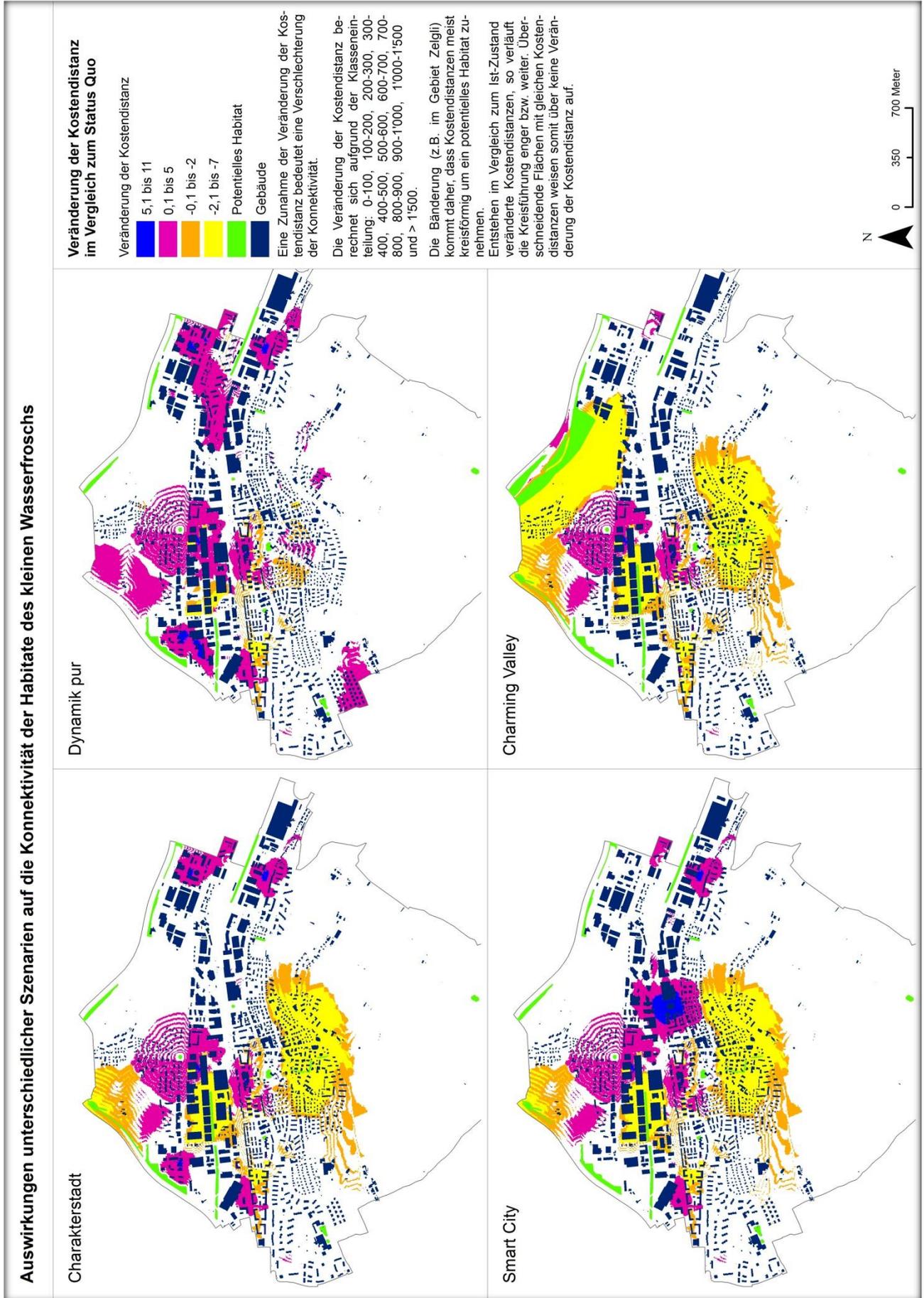












## **E Daten-CD**

Die beiliegende CD enthält die Arbeit in digitaler Form. Ausserdem sind die Ergebniskarten des Status Quos und der Szenarien als pdf-Files (A3-Format) aufgeführt.



**Persönliche Erklärung:**

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

Jonas Thalmann

Kriens, 20. Juli 2012