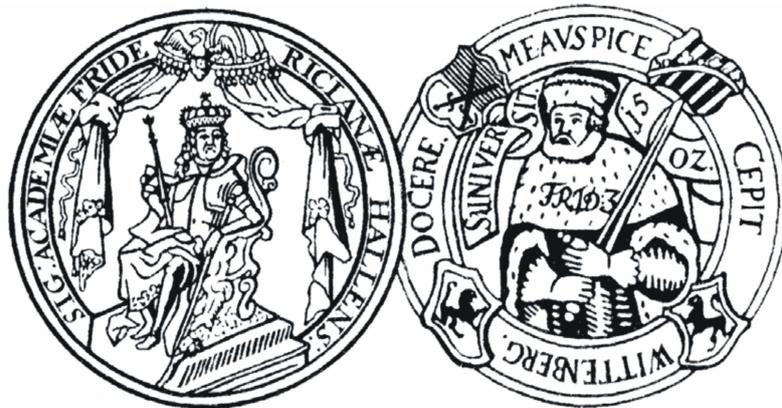


Die postwendezeitliche Stadtentwicklung und ihre Auswirkungen
auf das urbane Ökosystem - dargestellt am Beispiel der Städte
Halle (Deutschland) und Poznan (Polen)

Dissertation
zur Erlangung des akademischen Grades
Doctor rerum naturalium (Dr. rer. nat.)

vorgelegt der
Naturwissenschaftlichen Fakultät III
der Martin-Luther-Universität Halle-Wittenberg
Institut für Geowissenschaften



von Tina Skupin
November 2009

1. Gutachter: Prof. Dr. Manfred Frühauf (Institut für Geowissenschaften, Martin-Luther-Universität Halle-Wittenberg)
2. Gutachter: Prof. Dr. Andrzej Mizgajski (Faculty of Geographical and Geological Sciences, Adam Mickiewicz Universität Poznan)

Datum der Verteidigung: 27.05.2010

Danksagung

An der Entstehung dieser Arbeit waren viele Menschen beteiligt, denen ich an dieser Stelle danken möchte:

Danke, an meinen Doktorvater, Professor Frühauf, für dieses sehr interessante und spannende Thema, für die Anregungen, Hilfen und Verbesserungsvorschläge, und die große Freiheit, die er mir bei der Bearbeitung gelassen hat.

Danke, an Professor Mizgajski von der Universität Poznan, für die Betreuung meiner Arbeit in Poznan, und die fachliche Hilfe vor allem bei diesem Teil der Arbeit.

Danke, an die Mitarbeiter der Arbeitsgruppe Geoökologie, für die Hilfe bei allen inhaltlichen und praktischen Fragen.

Danke auch an die Mitarbeiter der anderen Arbeitsgruppen, von denen ich oft sehr gute Tips und Hilfen bekam.

Danke an die Labore der Geologie und der Landwirtschaft, für die unbürokratische Hilfe bei meinen Analysen

Danke, an die Mitarbeiter der Stadtverwaltung Halle, die trotz ihrer Arbeit immer kurzfristig Zeit für mich gefunden haben. Besonders seien hier Dr. Fliegner und Frau Lütgert von der Stadtplanung erwähnt. Ein Dank auch an den Fachbereich Vermessung und Geodaten, für die Bereitstellung des Kartenmaterials.

Vielen Dank an die Kollegen aus Poznan, vor allem Dr. Damian Lowicki und Wojchiech Mania, die weit über ein „muss“ hinaus bei der Organisation und der Probenahme geholfen haben.

Danke, an Dr. Klotz und seine Mitarbeiter vom UFZ, für die Hilfe bei der Vegetationsauswertung.

Ein riesengroßes Dankeschön an die technischen Mitarbeiter, Elke Andrä, Micha von Hoff, Silke Kurze, Bernd Wendt, für die Hilfe in Gelände, Labor und Layout.

Danke an die Studenten, die in Diplom- und Projektarbeiten wichtige „Bausteine“ für meine Arbeit gesammelt haben.

Danke, an die vielen Freunde und Bekannten, innerhalb und außerhalb des Instituts, denen ich in den letzten Jahren viel zu oft und zu viel vom Stand meiner Arbeit erzählt habe. Danke fürs Zuhören, für eure Geduld, für Tips und Ratschläge, und für den Kaffee. Besonders erwähnt sei hier Joachim Kutzera für die Hilfe mit Statistik und EDV. Ein weiterer besonderer Dank gebührt Judy Simon, mit der ich in allen Phasen dieser Arbeit intensive Diskussion geführt habe, und die mich immer mit Rat und konstruktiver Kritik unterstützt hat.

Last but not least danke ich meiner Familie und meinem Partner Martin Neumann, Danke für eure Geduld, und dafür, dass ihr immer für mich da wart.

Zusammenfassung

Die vorliegende Arbeit stellt einen Beitrag zur aktuellen Diskussion zur Stadtentwicklung seit der „Wende“ dar (Stichworte „Suburbanisierung“, „Konzentration“, „Shrinking Cities“). Besonders beschäftigt sie sich mit den Auswirkungen auf das urbane Ökosystem. Der Hauptfokus liegt auf einer Charakterisierung der Verbreitung und Dynamik dieser Entwicklungen, die ökologischen Potentiale der im Zuge dieser Entwicklungen entstehenden Flächen (= Transformationsflächen) sowie die Auswirkungen auf das urbane Ökosystem insgesamt.

Als Untersuchungsgebiete wurden die Städte Halle in Deutschland und Poznan in Polen ausgewählt. Methodisch wurde ein breites Spektrum verschiedenster Gelände- Labor- und GIS-methoden auf verschiedenen Maßstabsebenen (Stadt- Stadt-vergleich, Stadt- Stadtteil-, Einzelfläche) angewandt. Die dominanten Entwicklungspfade beider Städte wurden ermittelt, ausgehend hiervon wurde ein Schlüssel zur Charakterisierung der Transformationsflächen auf der Basis von Versiegelung und Nutzungsgeschichte (= "Transformationstypen") erstellt. Hiermit wurden die postwendzeitlichen Änderungen flächenscharf erfasst.

In beiden Untersuchungsgebieten fanden sich hohe Nutzungsänderungsraten. In Poznan dominieren die intensiv anthropogen genutzten Transformationsflächen (>80% aller Transformationsflächen), während in Halle auch die Brachen bedeutsam sind (36%). In beiden Untersuchungsgebieten fanden sich Prozesse von „Suburbanisierung“ und „Sprawl“, in Poznans Zentrum überwiegt "Concentration", während in Halle auch in der Innenstadt „Sprawl“-prozesse vorherrschen.

Ein Klassifizierungsschlüssel für ökologische Potentiale (z.B. Grundwassererneuerung, Staubfilter, Klimaausgleichspotential) vor allem der urbanen Brachflächen wurde entwickelt, und anhand von repräsentativen Flächen in beiden Untersuchungsgebieten getestet. Hierbei zeigte sich, dass die Potentiale der ehemals versiegelten Flächen ebenso hoch waren wie die der ehemals unversiegelten. Dies zeigt, dass sich die ökologischen Potentiale nach der Entsiegelung sehr schnell regenerieren konnten.

Die ökologischen Potentiale in „Halle“ waren signifikant höher als diejenigen von „Poznan“, zurückzuführen auf Unterschiede in der Bodenausstattung (höherer Anteil der Sandfraktion in „Poznan“ etc.). Dies traf auch auf die Flächen in der anthropogen weniger beeinflussten Stadtperipherie zu, ein starker Hinweis dahingehend, dass sich die Unterschiede auf naturräumliche Unterschiede zurückführen lassen, namentlich die Lage von Poznan im Jungmoränengebiet.

Beide Städte weisen hohe Landnutzungsänderungsraten auf. Das vermehrte Aufkommen von Brachen in „Halle“ führt zu einer Verbesserung der Potentiale des urbanen Ökosystems. Darüber hinaus weisen die untersuchten Brachflächen von „Halle“ signifikant höhere ökologische Potentiale auf als diejenigen von „Poznan“. Beide Ergebnisse sind starke Hinweise dahingehend, dass sich das Ökosystem „Halle“ nach der Wende positiv, das Ökosystem „Poznan“ hingegen negativ entwickelt hat.

Abstract

This study contributes to the ongoing discussion about city development and their manifestations after the political turn (i.e. „suburbanization“, „concentration“, „shrinking cities“), particularly dealing with the effects on the urban ecosystems. The main aims were (1) to characterize the different developmental impacts, (2) to classify the various transformation areas, and (3) to investigate the quantitative range of transformation types and their ecological potentials, as well as the consequences for urban ecosystems. Two cities, „Halle“ in Eastern Germany and „Poznan“ in Poland, were chosen as research areas. A broad variety of field-, laboratory and GIS-based approaches was used in different spatial scales for these investigations. In both areas the dominant developmental impacts were determined. Following this, the transformation areas were classified based on soil sealing and former land use (= transformation types).

Both research areas showed high land use change rate. However, in „Poznan“ the intensively anthropogenic used areas dominated (>80% of all transformation areas), whereas in „Halle“ fallow land played an additionally important role (36%). Suburbanisation and sprawl processes were monitored in both areas. Concentration processes dominate in the city centre of „Poznan“, whereas sprawl processes prevail in the centre of „Halle“.

Furthermore, I developed a classification key for the ecological values (e.g. groundwater-renewal, dustfilter potential, climate-balance potential, habitat-potential) primarily for the urban „fallow land“ which was tested for plausibility at representative areas at both field sites. The ecological potentials of former unsealed areas were found similar to those of once sealed areas. Therefore, ecological potentials seem to regenerate quickly after unsealing.

The potentials in the research area „Halle“ were significantly higher compared to the „Poznan“ area due to differences in soil properties (i.e. lower amounts of sand at „Halle“ compared to „Poznan“). This also applied to areas at the urban peripheries that tend to be less affected anthropogenically induced rather environmentally than anthropogenic (i.e. the location of „Poznan“ in the middle of the young moraine area). Both areas show high rates of land-use-change indicating changes in entire urban ecosystems. Large areas of „fallow land“ have developed in „Halle“ over the years providing high ecological potentials. Furthermore, the ecological value of the fallow land sites was significantly higher than of those in „Poznan“ suggesting that - in comparison to 1990 - the urban ecosystem „Halle“ has grown more valuable, while the value of the urban ecosystem „Poznan“ has decreased.

Inhaltsverzeichnis

I	Einführung und Grundlagen	1
1	Problemstellung - Zielstellung - Methodologisches Vorgehen	1
1.1	Einleitung und Problemstellung	1
1.2	Zielstellung	2
1.3	Methodologisches Vorgehen/ Aufbau der Arbeit	2
1.4	Stand von Literatur und Forschung	5
2	Grundlagen	6
2.1	Die Postwendezeitlichen Transformationspfade	6
2.1.1	Deutschland	7
2.1.2	Polen	9
2.2	Das urbane Ökosystem	10
2.3	Ökologische Potentiale	12
2.4	Ökologische Potentiale im urbanen Raum	13
2.5	Urbane Brachen als „Träger“ ökologischer Potentiale	18
II	Methodik	19
3	Untersuchungsgebiete	19
3.1	Hauptuntersuchungsgebiet Halle (Deutschland)	19
3.2	Vergleichsuntersuchungsgebiet Poznan (Polen)	20
4	Verwendete Methoden	23
4.1	Flächenauswahl/Untersuchungsgegenstand	23
4.2	Methoden der Fernerkundung	24
4.3	Feld- und Laborarbeit	25
4.3.1	Boden	25
4.3.2	Pflanzensoziologische und vegetationskundliche Aufnahmen	26
4.3.3	Klima	26
4.3.4	Bodenwasser	27
4.4	Statistische Methoden	27
4.5	Verwendete Software	28
4.6	Fehlerdiskussion	28
III	Ergebnisse	33

5	Räumliche Verteilung der Transformationsflächen (Makroebene)	33
5.1	Klassifizierung der Transformationstypen (Kartierschlüssel)	33
5.2	Versiegelung und Gehölzbestand	35
5.3	Hauptuntersuchungsgebiet Halle	37
5.3.1	Thüringer Bahnhof (Gründerzeitviertel: Altindustriegerbiet mit hohem Wohnanteil)	37
5.3.2	Silberhöhe (Großwohnsiedlung in Plattenbauweise)	41
5.3.3	Halle-Gesamt	45
5.4	Vergleichsuntersuchungsgebiet Poznan	50
5.4.1	Jezyce (Gründerzeitviertel: Altindustriegerbiet mit hohem Wohnanteil)	50
5.4.2	Rataje (Großwohnsiedlung in Plattenbauweise)	52
5.4.3	Piatkowo (Großwohnsiedlung in Plattenbauweise)	56
5.4.4	Zusammenfassung Vergleichsuntersuchungsgebiet Poznan	57
5.5	Vergleich der Untersuchungsgebiete Halle und Poznan	58
6	Ökologische Ausstattung der Transformationsflächen (Mesoebene)	60
7	Ökologische Potentiale der Transformationsflächen (Mesoebene)	62
7.1	Bestimmung der ökologischen Potentiale	62
7.2	Aktuelle ökologische Potentiale	64
7.2.1	Hauptuntersuchungsgebiet Halle	64
7.2.2	Zusammenhang zwischen ökologischen Potentialen und Transformationstyp	70
7.2.3	Vergleichsuntersuchungsgebiet Poznan	72
7.3	Entwicklung der ökologischen Potentiale (Untersuchungsgebiet Halle)	77
7.3.1	Wendezeitliche ökologische Potentiale der Branchen	77
7.3.2	Entwicklung	78
7.4	Entwicklung der urbanen Ökosysteme „Halle“ und „Poznan“ - Versuch einer quantitativen Abschätzung	79
8	Fallstudien (Mikroebene)	81
8.1	Ökologische Ausstattung und Potentiale zweier „technogener Branchen“	81
8.1.1	Beschreibung	81
8.1.2	Bodenwasserhaushalt	84
8.1.3	Grundwasserneubildungspotential und Wasserverfügbarkeit für die Vegetation	87
8.1.4	Senkenpotentiale (Kohlenstoffsенke, Schadstoffrückhalt)	88
8.1.5	Klimapotentiale (Staubfilter-, Ausgleichs-, Schneiseneffektpotential)	88
8.1.6	Nährstoffversorgung	89
8.1.7	Biotopausbildung	90
8.1.8	Fazit	92
8.2	Grünflächenkonzept in Poznan- Fallstudie „Östlicher Grünkeil“	93
8.2.1	Nutzungsstruktur	93
8.2.2	Anthropogener Einfluss	94

8.2.3	Postwendezeitliche Nutzungsentwicklung	95
8.2.4	Ökologische Auswirkungen	95
8.2.5	Zusammenfassung	97
IV	Schluss	98
9	Fazit, Handlungsempfehlungen und Ausblick	98
9.1	Fazit	98
9.2	Handlungsempfehlungen	102
9.3	Forschungsbedarf:	105
V	Anhang	131
A	Verwendete Karten und Luftbilder	131
B	Räumliche Verteilung der Transformationsflächen (Makroebene)	132
B.1	Übersichtskarten	132
B.2	Versiegelung und Gehölzbestand (Kreuztabellen)	136
B.3	Altersstruktur, Tabellen	140
C	Ökologische Potentiale der Transformationsflächen (Mesoebene)	142
C.1	Steckbriefe untersuchter Flächen	142
C.2	Ökologische Potentiale - Leitbilder	156
C.3	Bewertungsschlüssel	159
C.4	Ökologische Potentiale - Berechnung	167
C.5	Zusammenhang zw. Ökologischen Potentialen und Transformationstyp (Kruskall-Wallis, Mediantest)	187
C.6	Vergleich der Untersuchungsgebiete (Kruskall- Wallis, Mediantest)	189
C.7	Entwicklung der ökologischen Potentiale	191
C.8	Entwicklung der urbanen Ökosysteme „Halle“ und „Poznan“	194
C.8.1	Abschätzung der ökologischen Potentiale der Kategorie I	194
C.8.2	Potentialentwicklung	195
D	Fallstudie (Mikroebene)	197
D.1	Histogramme „Thüringer Bahnhof“	197
D.2	Boxplots	200
 Abbildungsverzeichnis		
1	Methodologische Vorgehensweise	4
2	Abriss auch in zentraler Lage- „Steg 1“ in Halle	8
3	Nachbarschaftsprinzip- Gründerzeit neben Plattenbau in Jezyce	10

4	Ökologische Modifikationen im urbanen Raum, in: BREUSTE ET AL. (2007), verändert nach SUKOPP ET AL. (1974)	11
5	Böden als urbane Infrastrukturträger (nach PIETSCH & KAMIETH 1991, mod.)	14
6	Struktur- und artenreiche Ökosysteme - Brachen	17
7	‘Concentration’, Neubau (Klinik) auf einer ehemaligen Freifläche	22
8	Übersicht der untersuchten Flächen in den Untersuchungsgebieten	24
9	Bodenaufnahme, zu erkennen: Durchwurzelung nur in den oberen 20cm	26
10	Saugkerze (Abdruck) in verdichtetem Horizont (Fl.7)	32
11	Kartierschlüssel Transformationstypen	34
12	Altersstruktur Transformationsflächen Thüringer Bahnhof	39
13	Übersichtskarte Nutzungsänderung Thüringer Bahnhof	40
14	Häuserbrache	41
15	Altersstruktur Transformationsflächen Silberhöhe	43
16	Altersstruktur Transformationsflächen Halle-Gesamt	47
17	Altersstruktur Transformationsflächen	51
18	Nutzung/ Nachverdichtung vorhandener Strukturen- die „Tabakfabrik“	52
19	Altersstruktur Transformationsflächen	53
20	Nutzungsänderung Rataje	55
21	Altersstruktur Transformationsflächen	57
22	„Sprawl“ am Rand von Piatkowo Quelle:MANIA (2009)	57
23	Gehölzbestandene Transformationsfläche (Fl. 19)	67
24	Strukturelle Vielfalt auf den Entsiegelungsbrachen	69
25	Stadt-Peripherievergleich Corg	75
26	Stadt-Peripherievergleich Skelett	76
27	Vergleich Bodenarten	76
28	Entwicklung der ökologischen Potentiale	78
29	Entwicklung der ökologischen Potentiale (Forts.)	79
30	Entwicklung der Ökosysteme in den Untersuchungsgebieten	80
31	Übersichtskarte- Gelände des ehem. „Thüringer Bahnhof“	81
32	Entwicklungskonzept Silberhöhe (Ausschnitt), incl. Standort, (aus STADT HALLE 2006c, mod.)	83
33	Ganglinien der Wasserspannung „Thüringer Bahnhof“	84
34	Ganglinien der Wasserspannung „Silberhöhe“	85
35	Wasserspannung Mittelwerte	86
36	Trockenheit am Standort Silberhöhe	86
37	Fläche „Thüringer Bahnhof“	87
38	Fl.24, Niedrige Vegetationsbedeckung wegen unterirdischer Versiegelung	87
39	Histogramm „Feuchtwert“	90
40	Histogramm ‘Licht’	90
41	Boxplot ‘Stickstoff’	91

42	Grünsystem von Poznan (Quelle: STADT POZNAN 1997, mod.)	93
43	Landnutzung im östlichen Grünkeil Poznan	96
44	Übersichtskarte Nutzungsänderung Silberhöhe	132
45	Übersichtskarte Nutzungsänderung Halle-Gesamt (auf CD)	133
46	Übersichtskarte Nutzungsänderung Jezyce	134
47	Übersichtskarte Nutzungsänderung Piatkowo	135
48	Untersuchte Flächen im UG Halle	142
49	Fläche 1 „Parkplatz Thüringer Straße“	142
50	Fläche 2 „Parkplatz Maschinenfabrik (MAFA) Ost“	143
51	Fläche 3 „Parkplatz MAFA West“	143
52	Fläche 4 „Holzlager“	143
53	Fläche 5 „Holzlager, Wiese“	144
54	Fläche 6 „EVH Wiese“	144
55	Fläche 7 „Handwerkerhof“	144
56	Fläche 8 „Malzfabrik“	145
57	Fläche 9 „REWE, Schutt“	145
58	Fläche 10 „Malzfabrik, versiegelte Fläche“	145
59	Fläche 11 „Silo, versiegelte Fläche“	146
60	Fläche 12 „REWE, versiegelte Fläche“	146
61	Fläche 13 „Wiese, Thüringer Str.“	146
62	Fläche 14 „EVH West“	147
63	Fläche 15 „EVH Ost“	147
64	Fläche 16 „Park, Thüringer Str.“	148
65	Fläche 17 „Park, Kilianstr.“	148
66	Fläche 18 „Gleise, Thüringer Str.“	149
67	Fläche 19 „Gleise, REWE“	149
68	Fläche 20 „Holzlager Gleise“	150
69	Fläche 22 „Silberhöhe, Südfläche 1“	150
70	Fläche 23 „Silberhöhe, Südfläche 2“	151
71	Fläche 24 „Silberhöhe, Nordfläche“	151
72	Fläche 25 „Campus Parkplatz“	152
73	Fläche 26 „Housing Estates“	152
74	Fläche 27 „Prefabet“	152
75	Fläche 28 „Housing Estates“	153
76	Fläche 29 „Romana Maya“	153
77	Fläche 30 „Prefabet“	153
78	Fläche 31 „Romana Maya“	154
79	Fläche 32 „Housing Estates“	154
80	Fläche 33 „Orchards“	154
81	Fläche 34 „Prefabet“	155

82	Fläche 35 „Staroleka“	155
83	Histogramm Thüringer Bahnhof 'Licht'	197
84	Histogramm Thüringer Bahnhof 'Temperatur'	197
85	Histogramm Thüringer Bahnhof 'Kontinentalität'	198
86	Histogramm Thüringer Bahnhof 'Feuchte'	198
87	Histogramm Thüringer Bahnhof 'Reaktion'	199
88	Histogramm Thüringer Bahnhof 'Stickstoff'	199
89	Boxplot 'Licht'	200
90	Boxplot 'Temperatur'	200
91	Boxplot 'Kontinentalität'	201
92	Boxplot 'Feuchte'	201
93	Boxplot 'Reaktion'	202
94	Boxplot 'Stickstoff'	202

Tabellenverzeichnis

1	Die Untersuchungsgebiete im Vergleich	21
2	Versiegelungsgrad, Kreuztabelle	36
3	Gehölzbestand, Kreuztabelle	36
4	Nutzungsänderung Thüringer Bahnhof	37
5	Prozentuale Verteilung auf Stadtstrukturtypen	38
6	Nutzungsänderung Silberhöhe	42
7	Prozentuale Verteilung auf Stadtstrukturtypen	43
8	Nutzungsänderung Halle	45
9	Prozentuale Verteilung auf Stadtstrukturtypen	46
10	Nutzungsänderung Jezyce	51
11	Übersichtskarte Nutzungsänderung Rataje	53
12	Nutzungsänderung Piatkowo	56
13	Stadt-Stadt Vergleich (Quelle: LINKE 2006)	60
14	Zentrum- Peripherie Vergleich (Quelle LINKE 2006)	61
15	Verwendete Parameter zur Ermittlung der ökologischen Potentiale	63
16	Ökologische Potentiale Untersuchungsgebiet Halle	65
17	Kruskall-Wallis und Mediantest	70
18	Kruskall-Wallis (Auswahl)	71
19	Kruskall-Wallis und Mediantest (ohne Vers. PP und Versiegelungsbrache)	72
20	Ökologische Potentiale Untersuchungsgebiet Poznan	73
21	Ökologische Potentiale Mittelwerte	73
22	Kruskall-Wallis-Test Ökologische Parameter Halle-Poznan	74
23	Ökologische Potentiale „Wende“ (Halle)	77
24	Kennwerte der Standorte	82
25	Infiltrationsrate	84

26	Übersichtskarte Landnutzung im „östlichen Grünkeil“	94
27	Kreuztabelle Versiegelungsgrad Halle	136
28	Kreuztabelle Versiegelungsgrad Halle (Forts.)	137
29	Kreuztabelle Gehölzbestand Halle	138
30	Kreuztabelle Gehölzbestand Halle (Forts.)	139
31	Altersstruktur Transformationsflächen Thüringer Bahnhof	140
32	Altersstruktur Transformationsflächen Silberhöhe	140
33	Altersstruktur Transformationsflächen Halle-Gesamt	140
34	Altersstruktur Transformationsflächen Jezyce	141
35	Altersstruktur Transformationsflächen Rataje	141
36	Altersstruktur Transformationsflächen Piatkowo	141
37	Altersstruktur Transformationsflächen Poznan	141
38	Bodendeckschicht	159
39	Skelettgehalt	159
40	Luftkapazität, nFK, Feldkapazität	160
40	Luftkapazität, nFK, Feldkapazität, Forts.	160
41	C-Gehalt	161
42	Vegetationsbedeckung, Vegetationshöhe	161
43	Durchwurzelungsintensität	161
44	Versiegelungsgrad	161
45	Kationenaustauschkapazität (KAK)	162
46	Carbonatgehalt	162
47	Flächengröße	162
48	Verbindung zu anderen Flächen	163
49	Humusgehalt	163
50	Stadtstrukturtypen	164
51	Nährstoffe	165
52	Biotoptypen	165
53	Bewertung Biotoptypen	165
54	Mittlerer Feuchtwert (Ellenberg)	165
55	Spannweite der ökologischen Kennzahlen (Ellenberg)	166
56	Vegetationsaufnahmen Artenzahlen	166
57	Grundwasserneubildungspotential	167
57	Grundwassererneuerungspotential (Forts.)	168
58	Kohlenstoffsinkenpotential	169
58	Kohlenstoffsinkenpotential (Forts.)	170
59	Rückhaltepotential	171
59	Rückhaltepotential (Forts.)	172
60	Klimatisches Ausgleichspotential	173
61	Staubfilterpotential	174

62	Schneiseneffektpotential	175
63	Wasserverfügbarkeitspotential	176
63	Wasserverfügbarkeitspotential (Forts.)	177
64	Nährstoffverfügbarkeit	178
64	Nährstoffverfügbarkeit (Forts.)	179
64	Nährstoffverfügbarkeit (Forts.)	180
65	Biotopausbildungspotential	181
65	Biotopausbildungspotential (Forts.)	182
65	Biotopausbildungspotential (Forts.)	183
66	Duchgängigkeitspotential	184
67	Potentiale- Übersicht	185
67	Potentiale- Übersicht (Forts.)	186
68	Kruskall-Wallis	187
69	Kruskall-Wallis (Forts.)	188
70	Median	188
71	Median (Forts.)	188
72	Potentiale der Untersuchungsgebiete - Kruskall-Wallis	189
73	Potentiale der Untersuchungsgebiete - Mediantest	189
74	Potentiale der Untersuchungsgebiete - Mediantest (Forts.)	190
75	Berechnung Potentiale Wende	191
75	Berechnung Potentiale Wende (Forts.)	192
76	Ökologische Potentiale Entwicklung	193
77	Bestimmung der Potentiale Kat. I	194
78	Potentiale Kat. I Saldi	195
79	Potentiale Saldi	195
80	Potentialentwicklung Untersuchungsgebiete	196

Verzeichnis der verwendeten Abkürzungen

°C	Grad Celsius
a	Jahr
AAS	Atomabsorptionsspektroskop
Abb.	Abbildung
Asymp. Sig.	Asymptotische Signifikanz
Avg.	Average (Mittelwert)
Block	Blockbebauung
C	Kohlenstoff
C-Org	organischer Kohlenstoff
CaCO ₃	Calciumcarbonat
cm	Zentimeter
CO ₂	Kohlendioxid
DIN	Deutsche Industrienorm
EBA	Eisenbahnanlagen
EW	Einwohner
EZF	Ein- und Zweifamilienhäuser
Fa.	Firma
Fl.	Fläche
g	Gramm
GBB	Geschlossene Blockbebauung
GBR	Offene Blockrandbebauung
GIS	Geographisches Informationssystem
GPA	Grünflächen und Parkanlagen
GWS	Großwohnsiedlung
H ₀	Nullhypothese
ha	Hektar
HBR	Häuserbrache
HCl	Salzsäure
hPa	Hektopascal
ICP-OES	Inductively coupled plasma optical emission spectrometry (optische Emissionsspektrometrie)
IGF	Industrie- und Gewerbeflächen
K	Kalium
KAK	Kationenaustauschkapazität
Kap.	Kapitel
KCl	Kaliumchlorid
m	Meter
Max.	Maximum
Med.	Median
Mg	Magnesium
Min.	Minimum
MLU	Martin Luther Universität Halle-Wittenberg
mm	Millimeter
N	Stickstoff
Na	Natrium
Na ₄ P ₂ O ₇	Natriumtetraphosphat
nFk	nutzbare Feldkapazität
nm	Nanometer
OBB	Offene Blockbebauung
OEE	Öffentliche Einrichtung
P	Phosphat
Pe	Peripherie
pH	negativer dekadischer Logarithmus der H ⁺ -Ionenkonzentration
qkm	Quadratkilometer
Sst	Stadtstrukturtyp
St	Stadt (Zentrum)
Std. Dev.	Standartabweichung
t	Tonne
Wohn	Wohnnutzung

Teil I

Einführung und Grundlagen

1 Problemstellung - Zielstellung - Methodologisches Vorgehen

1.1 Einleitung und Problemstellung

Seit der politischen Wende 1989 hat sich das Aussehen der Städte in Ostdeutschland und Osteuropa stark verändert (HANNEMANN, 2003; LORENS, 2005). Flächendeckende Deindustrialisierung und starke Bevölkerungsverluste führen in zahlreichen Städten, z.B. in Ostdeutschland, zur Zunahme leerstehender Häuser und Abrissen (HALLER & LIEBMANN, 2002; KRÖHNERT ET AL., 2006; FRIEDRICH, 2006). Die entstehenden Flächen werden teilweise anderweitig genutzt, teilweise etablieren sich auf diesen Flächen, sogar im Stadtzentrum, temporäre oder dauerhafte Brachflächen (LIEBMANN ET AL., 2007; ARTMANN, 2008). Andere von der Wende betroffenen Städte wachsen und prosperieren (GARB & JACKSON, 2005). Verdichtungserscheinungen und genereller Wohnungsmangel sind hier typische Merkmale (LORENS, 2005; WALTER, 2005). Trotzdem finden sich auch in diesen Städten neu entstandene Brachflächen, vor allem in der Stadtperipherie. In beiden Fällen, bei wachsenden und schrumpfenden Städten, handelt es sich nicht um homogene lineare Entwicklungen. Konzentrations- und Schrumpfungprozesse finden im Gegenteil in unmittelbarer Nachbarschaft statt, manchmal nur durch eine Straßenbreite getrennt (FRITSCHKE ET AL., 2007).

Während die postwendezeitlichen Prozesse von wirtschafts- und sozialgeographischer Seite seit Jahren detailliert erforscht werden (z.B. FRIEDRICH 2005), sind sie **von ökologischer Seite**, hinsichtlich der Auswirkungen auf das urbane Ökosystem **bisher unzureichend thematisiert worden** (FRITSCHKE ET AL. 2007; LANGNER & ENDLICHER 2007, vgl. auch Kap.1.4). Außer Frage steht, **dass** sich die Veränderungen auf das urbane Ökosystem auswirken: Das ökologische Potential (= das Vermögen einer Fläche, Leistungen wie z.B. klimatischen Ausgleich, Schadstoffrückhalt etc. bereitzustellen) einer Fläche ist abhängig von der Flächenausstattung, die im urbanen Ökosystem in erster Linie durch die Nutzung (Bebauung, Versiegelungsgrad etc.) determiniert wird (PIETSCH & KAMIETH, 1991; MAGNUCKI, 2003). Durch die Nutzungsänderung werden die ökologischen Potentiale sowohl der betroffenen Flächen, als auch des übergeordneten (urbanen) Ökosystems modifiziert (ALBERTI, 2008).

Sowohl zu den historisch-wirtschaftlichen oder in der naturräumlichen Ausstattung der Stadt begründeten **Ursachen und Auslösern**, warum sich auf welchen Flächen welche Nutzungsänderung einstellt, als auch zu **Dynamik, Verbreitung und Weiterentwicklung** solcher „**Transformationsflächen**“ als **flächenhaft auftretendes Phänomen**, deren **ökologische Potentiale** und deren **Einfluss auf das urbane Ökosystem** (vgl. hierzu auch LANGNER & ENDLICHER 2007) bestehen **Wissenslücken**. Unklar ist weiterhin, ob aus den Entwicklungen neben den sozialen und wirtschaftlichen Folgen auch **positive Folgen in ökologischer Hinsicht**, bezüglich Nachhaltigkeit (BMU, 1993), oder Quelle/Senke- Funktion (z.B. als Schadstoffsenke oder Kohlenstoffsenke) erwachsen. Besondere Relevanz kommt in diesem Zusammenhang den neuentstandenen **Brachflä-**

chen zu, da urbane Brachen aufgrund ihrer Struktur und Bodenausstattung **überdurchschnittliche ökologische Potentiale** aufweisen und entscheidend für das Funktionieren und die Stabilität des städtischen Ökosystems sind (SUKOPP, 1990; KLAUSNITZER & KLAUSNITZER, 1993; KOWARIK, 2005; MEHNERT ET AL., 2005). Schließlich besteht Forschungsbedarf hinsichtlich vergleichender Studien der verschiedenen Ländern und Städten, die vor der Wende ähnlichen Einflüssen unterlagen, sich aber seit der Wende unterschiedlich entwickeln.

1.2 Zielstellung

Ausgehend von diesen Überlegungen und den dargestellten Wissensdefiziten ergeben sich für die vorliegende Arbeit folgende übergeordnete Fragestellungen:

- Welche Triebkräfte des postwendzeitlichen innerstädtischen Flächennutzungswandels lassen sich unterscheiden? Dominieren (geplante und/oder ungeplante) Einflüsse sozialer, gesellschaftlicher politischer oder wirtschaftlicher Art?
- Wie manifestieren sich diese im Stadtbild (=“Transformationstypen“)? Handelt es sich hierbei um temporäre, oder dauerhafte Phänomene?
- Wo und in welcher Menge kommen die Transformationstypen in den Untersuchungsgebieten vor? Bestehen Unterschiede zwischen den Untersuchungsgebieten?
- Wie verändern sich die ökologischen Potentiale der betroffenen Flächen („Transformationsflächen“)? Gibt es signifikante Unterschiede zwischen den ökologischen Potentialen der Transformationstypen?
- Lassen sich im Vergleich der Untersuchungsgebiete Halle und Poznan signifikant unterschiedliche Triebkräfte und Transformationstypen differenzieren? Unterscheiden sich die ökologischen Potentiale der beiden Untersuchungsgebiete signifikant?
- Wenn ja: Sind die Unterschiede begründet in der natürlichen Landschaftsausstattung oder in anthropogenen Einflüssen?
- Welche Auswirkungen haben die Veränderung und die Transformationsflächen auf die Stadt als urbanes Ökosystem?

1.3 Methodologisches Vorgehen/ Aufbau der Arbeit

In dieser Arbeit werden zwei Städte als Untersuchungsgebiete einander vergleichend gegenüber gestellt. Als **Hauptuntersuchungsgebiet** (und als Beispiel für eine Schrumpfende Stadt) wurde die **Stadt Halle** ausgewählt. Diese ist bereits sehr gut untersucht und dokumentiert, v.a. botanisch (KLOTZ 1980, 1982, 1984, 1985, 2001; STOLLE & KLOTZ 2005 SCHILLER ET AL. 1990; SATTLER & KLOTZ 2001) geowissenschaftlich und physisch - geographisch (z.B. AMMON 1982; FRÜHAUF ET AL. 1993, 1996; FRÜHAUF 1992; MACHULLA 2000; BREUSTE, J. ET AL. 2001) sowie sozial- und wirtschaftsgeographisch (auch Untersuchungen zur postwendzeitlichen Entwicklung z.B. LUDLEY 2001; LIPPOLD 2002; HILL & MEYER 2001; PINK & HENN 2006; KOLLEKTIV 2007; KNABE 2007). Von ihrer Entwicklungsgeschichte und ihrem Aufbau her (mittelalterlicher Kern, Flusslage, gründerzeitliche Stadterweiterung) ist Halle repräsentativ für viele mitteleuropäische Städte (BLASCHKE, 2001).

Als **Vergleichsuntersuchungsgebiet** mit einem ähnlichen Aufbau und präwendezeitlicher Entwicklungsgeschichte wie „Halle“ (GRUCHMAN ET AL., 1997; PARYSEK & MIERZEJEWSKA, 2006) aber in einem anderen Naturraum mit **anderen postwendezeitlich induzierten Prozessen** wurde zur **Überprüfung und Evaluation** der Ergebnisse die **Stadt Poznan** in Polen als Beispiel für eine prosperierende Stadt ausgewählt. Auch für Poznan stehen eine große Anzahl botanischer (JACKOWIAK, 1990, 1993, 1995, 1998a,b; WRONSKA-PILAREK, 2004), geoökologischer (BARTKOWSKI, 1979a,b, 1985; MATUSZYNSKA, 2001; KANIECKI, 2004; WOS, 2005; LIS & PASIECZNA, 2005) und postwendezeitlich-anthropozentrischer (z.B. KORCELLI 1998; KOK 1999; PARYSEK & MIERZEJEWSKA 2001; KOTUS 2006) Untersuchungen zur Verfügung (zur Beschreibung der Untersuchungsgebiete vgl. Kapitel 3).

Durch die Wahl dieser beiden Untersuchungsgebiete wird nicht nur ein Vergleich der beiden Entwicklungstendenzen möglich, sondern auch internationaler Vergleich. Die Ergebnisse der Arbeit sind eingeschränkt übertragbar auf andere Städte, insbesondere die „Shrinking Cities“, deren Zahl weltweit zunimmt (FERRARI & ROBERTS, 2004; PARK, 2004; BRADE, 2004; OSWALD, P. AND T. RIENIETS [HRSG.], 2006), und die Städte Westdeutschlands, wo sich ähnliche Problemlagen wie in Ostdeutschland aufgrund des demographischen Wandels bereits abzeichnen und in Zukunft relevant werden (BMVBS UND BBR, 2008; BAUMANN ET AL., 2008).

In dieser Arbeit werden vier Maßstabsebenen verwendet (vgl. Abb.1). Diese Vorgehensweise, Betrachtung verschiedener Maßstabsebenen, hat sich zur Bearbeitung komplexer stadtökologischer Fragestellungen bewährt (z.B. URGE-TEAM 2001, 2004; ENDLICHER ET AL. 2007), für die sowohl die großräumige Entwicklungen des Ökosystems Stadt insgesamt, als auch lokale Verhältnisse innerhalb eines Stadtteils oder einer Fläche untersucht werden. Vom kleinsten Maßstab, der Makroebene, wird mehrfach „gezoomt“, bis zur Mikroebene (den Verhältnissen und Unterschieden innerhalb einer Transformationsfläche) (vgl. auch LESER 1997). Dabei erfolgt auf jeder Ebene auch ein Vergleich zwischen den Untersuchungsgebieten (= „Metaebene“).

Der Aufbau der Arbeit orientiert sich an den Maßstabsebenen. Am **Beginn der Arbeit** (Teil I) stehen Problemstellung, Grundlagen und Hintergründe der Arbeit, sowie deren Einordnung in den aktuellen wissenschaftlichen und gesellschaftlichen Kontext. In Teil II folgt eine Beschreibung der Untersuchungsgebiete, **der verwendeten Methoden** und deren kritischen Betrachtung. Hierzu gehören auch eine Analyse der stattgefundenen Prozesse und deren Manifestationen (Transformationsstypen) zur Erfassung vorangegangener Entwicklungen und des Status Quo. Durch Auswertung aller verfügbaren Quellen, wie zum Beispiel Kartenwerke, Luftbilder, historische Aufzeichnungen, sowie Auskünfte der für die Stadtplanung zuständigen Akteure und Einzeluntersuchungen anderer Fachrichtungen (z.B. RINK 2002, HUBER 2001) wird die Dynamik des Stadtbbaus nachvollzogen (vgl. Kapitel 2.1). Die Wirkungsgefüge von **Ehemaliger Nutzung - Änderungsprozessen - Heutiger Nutzung** werden in so genannten „**Transformationstypen**“ kategorisiert (betroffene Flächen = „Transformationsflächen“) und mit Hilfe eines **Klassifikationsschlüssels** hierarchisch geordnet (vgl. Kapitel 5.1).

Mit Hilfe dieses Schlüssels erfolgt eine (GIS-gestützte) Inventarisierung der Transformationsflächen **auf der Makroebene (Betrachtungsgegenstand: Stadt bzw. Stadtteile)** (Kapitel 5). In

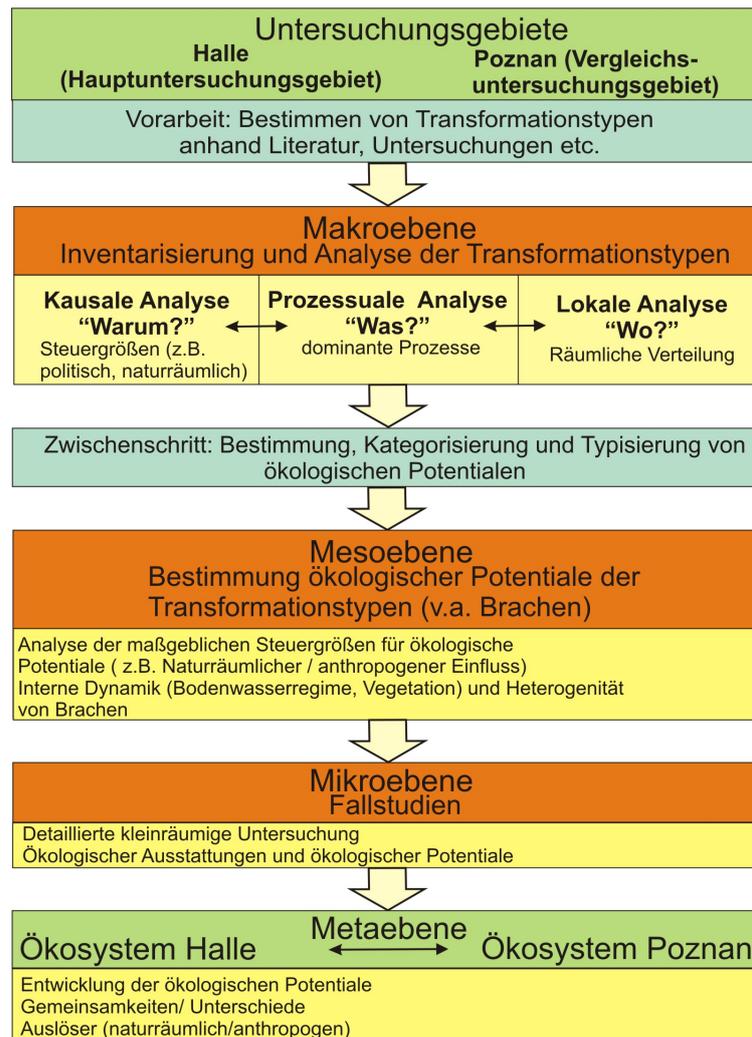


Abbildung 1: Methodologische Vorgehensweise

einer lokalen, qualitativen und quantitativen Analyse werden Kausalbeziehungen zwischen geoökologischer Ausstattung, sozio-politischen Entwicklungen und Strömungen und der Flächennutzung heraus modelliert. Die zeitliche Entwicklungsdynamik wird nachvollzogen und Aussagen zu zukünftigen Entwicklungstendenzen getroffen.

Auf der Mesoebene (Betrachtungsgegenstand: Gruppe von repräsentativen Transformationsflächen) (Kapitel 6 und 7) werden ökologische Ausstattung und Potentiale von Transformationsflächen bestimmt und verglichen (innerhalb einer Fläche sowie im Vergleich der Flächen, vgl. SÜKOPP ET AL. 1974). Im Mittelpunkt stehen die **neuentstandenen städtischen Brachflächen**. Diesen kommt neben ihrer qualitativen Relevanz (s.o.) in den schrumpfenden Städten eine quantitative, flächenmäßige Relevanz zu (HILDMANN, 2009). Bisher gibt es kaum ökologische Untersuchungen auf postwendezeitlichen Brachen (vgl. Kap.1.4), und es wurde bislang nicht überprüft, ob die Ergebnisse der Untersuchungen präwendezeitlicher Brachen auf postwendezeitliche Brachen übertragbar sind. Deswegen wurde im Rahmen der Arbeit eine solche, methodisch intensive Untersuchung der neuentstandenen Brachflächen durchgeführt.

Nach einem neuerlichen Zoom auf die **Mikroebene (Betrachtungsgegenstand: einzelne Flächen)** (Kapitel 8) werden einzelne, wichtige Phänomene in Form von Fallstudien schlaglichtartig

beleuchtet.

Die Metaebene (Vergleich „Halle“ und „Poznan“ auf allen Ebenen) wird in jedem Kapitel mit betrachtet.

Im **Schlussenteil der Arbeit** (Teil IV) werden alle Ergebnisse der Arbeit geordnet und zusammengefasst. Der durch die Arbeit aufgezeigte zukünftige Forschungsbedarf sowie Empfehlungen an die Adresse regionaler und kommunaler Entscheidungsträger zur Optimierung und Maximierung der ökologischen Potentiale und ökologischen Wertigkeiten der Städte werden formuliert.

1.4 Stand von Literatur und Forschung

Von öffentlicher Seite besteht ein sehr starkes Interesse am Themenkomplex „Stadtumbau-Stadtentwicklung-Transformation“. Auf allen Ebenen (Bürger, Stadtplaner, Wissenschaftler, Ingenieure, Architekten) wird intensiv über die Entwicklung der Städte diskutiert (SCHMITT, 2002; ARBEITSKREIS LEITBILD, 2003). Regelmäßig wird in den regionalen und überregionalen Medien über den Stadtumbau und seine Folgen berichtet (TEMPEL, 2006; LOHMANN, 2006; ZÖLLNER, 2009). Mehrere weithin beachtete und gut besuchte Ausstellungen haben den Stadtumbau zum Thema gewählt (STADT HALLE, 2006d; OSWALD, P. AND T. RIENIETS [HRSG.], 2006; SONNABEND & STEIN, 2006; MITTMANN, 2007). Veröffentlichungen der Kommunen beschäftigen sich mit dem Stadtumbau, unter anderem werden ökologische Gesichtspunkte thematisiert, z.B. Zwischennutzung von Baulücken (STADT LEIPZIG, 2001), oder „Naturentwicklung auf Bahngleisen“ und anderen nicht mehr genutzten Flächen (STADT LEIPZIG, 2003). Auch in Halle wird der Stadtumbau thematisiert z.B. der Anbau nachwachsender Rohstoffe auf Abrissflächen (LOHMANN, 2007), die Konversion der ehemaligen Kaserne „Heide-Süd“ (STADT HALLE, 2003b), oder die Erneuerung des „Riebeck-Viertels“ (STADT HALLE, 2001a, 2003a, 2001b). Im Rahmen der Ausstellung „Wandel Halle - Stadt als Ansichtssache“ wurden zahlreiche Einzelprojekte in einem größeren Zusammenhang eingebettet und der Öffentlichkeit zugänglich gemacht (STADT HALLE, 2006d,e).

Von wissenschaftlicher Seite existieren zahlreiche Veröffentlichungen von anthropo- wirtschafts- und sozialgeographischer Seite, aber nur wenige ökologische Arbeiten (vgl. auch Kapitel 2.1). Die postwendezeitlichen Entwicklungen in (Ost)deutschland wurden detailliert untersucht, z.B. die Hintergründe der Transformation (z.B. HANNEMANN ET AL. 2002; HANNEMANN 2003) die Bevölkerungsentwicklung (z.B. STEINFÜHRER 2002), Suburbanisierung, Wanderungsbewegungen (z.B. FRIEDRICH 1998; SCHULTZ 2009; FRIEDRICH, K. AND A. SCHULTZ [HRSG.] 2008), die wirtschaftlichen Entwicklungen vor allem der betroffenen Altindustrieviertel (z.B. HUBER 2001; PINK & HENN 2006), sowie die sozialen Auswirkungen in den einzelnen Wohnvierteln (KNABE 2007; RINK 2002; LIPPOLD 2002; GLORIUS 2006) und der Stadtentwicklung (Stichwort „Stadtumbau Ost“) insgesamt (z.B. FRIEDRICH & KREMLING 2004; KABISCH ET AL. 2001; GROSSMANN 2007). Auch in Polen wurde die postwendezeitliche Entwicklung thematisiert, wenn auch nicht ganz so intensiv wie in Deutschland, die Hintergründe (z.B. PARYSEK & MIERZEJEWSKA 2006; MIZGAJSKI 2003; KOWALCZYK 2003), Bevölkerungsentwicklung und Suburbanisierung (z.B. KORCELLI 1998; LECHNIAK 2007), Wohnungsmarkt (MACKIEWICZ 2003) und die wirtschaftlichen Entwicklung, v.a. der Altindustrieregionen (z.B. MACHNICKI 2007) und Stadtentwicklung (z.B. MIERZEJEWSKA 2001, 2004;

PARYSEK & MIERZEJEWSKA 2001; LORENS 2005).

Die Auswirkungen der Transformation auf das urbane Ökosystem ist erst seit wenigen Jahren in den Focus der Wissenschaft gerückt, so dass es bis dato eine überschaubare Menge an Arbeiten, und wenige abgeschlossene Projekte gibt. Pioniere in dieser Hinsicht waren DEILMANN ET AL. (2005), die die Auswirkungen der Entwicklungen Ostdeutschlands, vor allem des zunehmenden Leerstands auf die Stoff- und Energiebilanz der Stadt thematisierten. Einen ähnlichen Ansatz verfolgen KABISCH & GROSSMANN (2009), die derzeit in einem Pilotprojekt die ökologischen Vorteile von Großwohnsiedlungen vor dem Hintergrund des Klimawandels untersuchen. Aktuell beschäftigt sich vor allem das DFG - geförderte Graduiertenkolleg 780 „Stadtökologische Perspektiven“ Berlin mit den ökologischen Auswirkungen des Stadtumbaus (BLÜMEL, BOHLE ET AL., 2005; LANGNER & ENDLICHER, 2007), zum Beispiel die Auswirkungen auf die Fauna, v.a. die Avifauna (KÜBLER & ZELLER, 2005; KÜBERL ET AL., 2008; KOCH ET AL., 2008), die Entstehung von Organismengemeinschaften auf den neuen Freiflächen (FISCHER ET AL., 2008; KIENBERG ET AL., 2008), in Hinsicht auf Ansiedlung von Neophyten (LIPPE ET AL., 2005), die Möglichkeiten zur Vernetzung der urbanen Freiflächen in einem Biotopverbund (LAKES & PUBLOTH, 2005), die Auswirkungen des Klimawandels auf schrumpfende Städte (MAX & ENDLICHER, 2008) und die Etablierung von Gemeinschaftsgärten (ROSOL, 2005) als Zwischennutzungsform. Mit der Landnutzungsänderung befassten sich ZAKIROVA (2008) und RÖSSLER (2007), ZAKIROVA mit der Schrumpfung der Städte vom Stadtrand her, RÖSSLER mit den neuen Herausforderungen für das Grünflächenmanagement in schrumpfenden Städten. Neu entstehende Freiflächen werden vor allem in der neusten dritten Phase thematisiert, die 2008 begann (GRADUIERTENKOLLEG 780, 2008, 2009). Interessant im Zusammenhang mit der vorliegenden Arbeit erscheint das Projekt von LAUF & KLEINSCHMIT (2008), in dem geplant ist, die Verbreitung der neu entstandenen Freiflächen Berlins sowie deren Änderungsdynamik GIS-basiert auf Parametern wie Versiegelung und Grünanteil nachzuvollziehen. Hierzu (wie auch zu den anderen Projekten der dritten Phase) liegen bisher keine veröffentlichten Ergebnisse vor.

2 Grundlagen

2.1 Die Postwendezeitlichen Transformationspfade

Der Begriff „Transformation“ wird in dieser Arbeit analog zu KÜHNE (2003) verwendet. Er umfasst *„den prozessualen, langfristigen, mit der Vergangenheit grundlegend brechenden sequentiellen interdependenten, neue Ordnungsmuster und – Strukturen anstrebenden, jedoch letztlich entwicklungs-offenen Charakter...“* (KÜHNE 2003, S.13) und versteht Transformation im engeren Sinn als *„...der Prozess des Überganges von einem sozialistischen zu einem demokratisch- marktwirtschaftlichen Gesellschaftssystem.“* (KÜHNE 2003, S.13).

Die heutigen Entwicklungen und Probleme ostdeutscher und polnischer Städte sind zu einem erheblichen Teil ein Erbe der sozialistischen Zeit. In dieser Zeit wirkten in beiden Ländern ähnliche Mechanismen: Nach dem zweiten Weltkrieg wurden als primäres Ziel in beiden Ländern die im Krieg

zerstörten Städte wieder aufgebaut (vgl. KAPALA 1988; PELZER 1991; WALOSSEK 2006). Der Wiederaufbau wurde zentral von staatlicher Seite geleitet. Unter der sozialistischen Regierung fungierte der Staat als Arbeitgeber, Vermieter und hinsichtlich der Stadtplanung sowohl als Planer als auch als einziger Investor (KÜHNE 2003; FRIEDRICHS & HÄUSSERMANN 2001). Einzelnen Städten wurden besondere Ziele und Aufgaben übertragen, und fokussiert auf diese Ziele hin gefördert (FRIEDRICHS & HÄUSSERMANN, 2001), zum Beispiel Halle als Zentrum der chemischen Industrie, oder Poznan als Messestandort (GRUCHMAN ET AL., 1997). Städtebaulich waren folgende Punkte bedeutsam: 1. der verstärkte Bau von Großwohnsiedlungen in Plattenbauweise, um den seit dem Krieg bestehenden Wohnraumangel zu beheben (z.B. Halle-Neustadt, Berlin-Marzahn, Poznan-Rataje) (LORENS, 2005; WIESIOŁOWSKI ET AL., 2001), 2. die weitgehende Vernachlässigung der Innenstädte, mit katastrophalen Auswirkungen für die historische Bausubstanz (LUTZ & GRÜNERT, 2001), teilweise aus ideologischen Gründen (BUSSMANN & SAHNER, 2006), teilweise aufgrund fehlender finanzieller Mitteln (BILLERT, 2004; FRIEDRICHS & HÄUSSERMANN, 2001), 3. die Konzentration von Industrie im Innenstadtbereich oder Stadtnähe, mit massiven negativen Umweltauswirkungen (KÜHNE, 2003; HAHN, 1993; DROTH ET AL., 2000). In den deutschen Städten 4. Aufkommen zahlreicher militärischer und paramilitärischer Einrichtungen (z.B. Kasernen) der Kriegsgewinner (LUDLEY, 2001; BÖTTCHER, 1998). Nach der Wende differenzierten sich die Entwicklungen.

2.1.1 Deutschland

Die in Deutschland wichtigsten Prozesse und Entwicklungen lassen sich wie folgt zusammenfassen: 1. Deindustrialisierung, 2. Bevölkerungsverlust und Veränderungen der Bevölkerungsstruktur, 3. Überkapazitäten von Wohnraum und Infrastruktureinrichtungen, 4. „Stadtumbau Ost“ als Planungsinstrument der Stadtentwicklung, 5. eine allgemeine Verbesserung der Umweltbedingungen bei gleichzeitigem Auftreten von zahlreichen ungenutzten Freiflächen mit unklarer Zukunft.

Deindustrialisierung ist das „*Schrumpfen traditioneller Branchen, ohne dass andere Gewerbe an deren Stelle treten*“ (HANNEMANN 2002, S.15). Nach der Wende wurden flächendeckend zahlreiche Industriebetriebe geschlossen. Zu den wichtigsten Gründen hierfür zählen mangelnde Konkurrenzfähigkeit, der weg gebrochene Absatzmarkt in die Ostblockstaaten sowie die neue Konkurrenz „aus dem Westen“ (LUTZ & GRÜNERT, 2001). Die Deindustrialisierung hatte einen sprunghaften Anstieg der Arbeitslosenzahlen und die Abwanderung vor allem der besser ausgebildeten jüngeren Bevölkerung in wirtschaftlich stabile Zentren (= Migration), sowie massenhaftes Aufkommen nicht mehr genutzter Altindustrieflächen in den betroffenen Städten zur Folge (KRÖHNERT ET AL., 2006).

Bevölkerungsverlust und Veränderungen der Bevölkerungsstruktur wurden vor allem durch Migration, Stadt - Umland - Wanderungen sowie den demographischen Wandel ausgelöst (KRÖHNERT ET AL., 2006). Die Städte verloren teilweise ein Drittel ihrer Bevölkerung. Dies führte zur Überalterung der Stadtbevölkerung (KRÖHNERT ET AL., 2006) sowie zu sozialer Segregation in den Stadtvierteln (MÜLLER, 2000). HERFERT (2002) unterscheidet drei Phasen der Bevölkerungsentwicklung: in der ersten Phase (1989-1991) dominierte die „Westdrift“ (Abwanderung in die alten Bundesländer) (vgl. auch FRIEDRICH & SCHULTZ 2006). Die zweite Phase (-1998) war geprägt durch starke Bau- und Suburbanisierungstendenzen (vgl. auch FRIEDRICH 2005, 1998). Die dritte

Phase (seit 1998) zeichnet sich durch eine Diversifizierung der Entwicklungen mit gleichzeitigen Dekonzentrationsprozessen und Reurbanisierungstendenzen bei ausgeglichener Bilanz der Stadt - Umland - Wanderungen nach 1998 aus (HERFERT 2002, vgl. auch WARNER 2007). Sie ist stark geprägt durch den demographischen Wandel (KRÖHNERT ET AL., 2006). Die Bevölkerung der Städte schrumpft nur noch geringfügig, Gebiete mit positiven und negativen Bevölkerungssaldi liegen in unmittelbarer Nachbarschaft (GLORIUS, 2006; FRITSCHKE ET AL., 2007). Auch Rückkehrtendenzen der Fortgewanderten sind auszumachen (FRIEDRICH, K. AND A. SCHULTZ [HRSG.], 2008).

Ständig abnehmende Bevölkerung stand einem Überangebot an Wohnraum gegenüber, das durch den Bauboom von 1994 bis 1997 (STATISTISCHES BUNDESAMT, 2006) zusätzlich verschärft wurde. Dies führte zu **Wohnungsleerstand und Abriss**, und einem Einbruch der Mietpreise in allen Teilen der Stadt, vor allem in den Großwohnsiedlungen (LIEBMANN ET AL., 2007). Die Hauseigentümer, insbesondere die durch Altschulden belasteten kommunalen Wohnungsgesellschaften, wurden durch den Leerstand und die sinkenden Mieten stark belastet. Um das Jahr 2000 standen ca. 1 Mio. Wohnungen leer, den Wohnungsgesellschaften drohte flächendeckend der Bankrott (PFEIFFER ET AL., 2000).



Abbildung 2: Abriss auch in zentraler Lage- „Steg 1“ in Halle

Um diesen Entwicklungen zu begegnen, zu managen und die Folgen abzumildern, wurde das Programm **„Stadtumbau Ost“ als Planungsinstrument** mit einem Finanzvolumen von 2,5 Mrd. Euro aufgelegt (LIEBMANN ET AL., 2006). Ziel des Programms ist die *„Steigerung der Attraktivität der Städte- insbesondere durch Stärkung der Innenstädte und Erhalt wertvoller Altbausubstanz- sowie die Stabilisierung des Wohnungsmarktes durch Abriss von rund 350.000 Wohneinheiten“* (LIEBMANN ET AL. 2006, S. 5). Existenzgefährdeten Wohnungsbaugesellschaften werden unter bestimmten Bedingungen neben Bereitstellung von Abrissmitteln zusätzlich Altschulden anteilig erlassen (LIEBMANN ET AL., 2006). Voraussetzung für die Teilnahme am Stadtumbau Ost- Programm ist die Erstellung eines integrativen Stadtumbaukonzeptes (ISEK) durch die Städte, das evaluiert und fortgeschrieben werden muss. Beinahe alle Städte Ostdeutschlands (auch Halle) erhalten Fördermittel aus dem Programm (STADT HALLE, 2006a,b). Durch die Fördergelder aus dem

Programm konnten zwischenzeitlich die Leerstände gesenkt und die Lage der Wohnungsgesellschaften stabilisiert werden (LIEBMANN ET AL., 2006). Das Programm ist umstritten (vgl. BERNT 2003; FREITAG 2004; LIEBMANN ET AL. 2006; GDW ET AL. 2006; BERNT 2007; BMVBS UND BBR 2008) vor allem aufgrund des Ungleichgewichts der Verteilung der Gelder auf die beiden Schwerpunkte „Rückbau“ und „Aufwertung“, z.B. wurden in Sachsen-Anhalt 2004 rund 94% der bewilligten Gelder für Rückbaumaßnahmen ausgegeben (LIEBMANN ET AL., 2006).

Durch den weitgehenden Zusammenbruch der Industrie und technischer Modernisierungen im Bereich Industrie, Verkehr, Hausbrand konnten die **Umweltbedingungen** wesentlich **verbessert** werden (HECKNER & KOCH, 2004; WOLF-BENNING ET AL., 2005; ZIERDT, 2006). Gleichzeitig **entstanden** in den letzten Jahren zahlreiche, teilweise dauerhafte **Brachflächen** auf den Flächen

der ehemaligen Wohn- und Industriegebäude. Problematisch sind diese Flächen in Hinsicht auf Umweltverschmutzung und Vandalismus (z.B. illegale Müllentsorgung) (NETZ, 2006) und (in Abhängigkeit von der ehemaligen Nutzung) auf Altlasten (HÖKE, 1995; ZIERVOGEL, 2002; HUBER, 2001).

2.1.2 Polen

Polnischen Städte wurden nach 1990 ebenfalls von **Deindustrialisierung** getroffen (KÜHNE, 2003). Städte mit Standortvorteilen (z.B. gute Infrastruktur, Lage in Westpolen) konnten Investoren finden, die diese Entwicklung aufhielten und teilweise umkehrten (URBAN, 2003; BRADE & GRIMM, 1998). Diese Städte **prosperieren**, während die übrigen Städte verwahrlosen (LORENS, 2005). Folgende Entwicklungspfade zeichnen die prosperierenden Städte maßgeblich aus: 1. Wohnraumangel und zweigeteilter Wohnungsmarkt, 2. Prozesse von „Concentration“ und „Sprawl“ bei gleichzeitiger starker Suburbanisierung, 3. fehlende Stadtplanung (bzw. fehlende Macht der Akteure), 3. Unkontrollierte Bautätigkeit der Investoren, 4. Druck auf die verbleibenden Frei- und Grünflächen.

Nach wie vor gibt es in den polnischen Großstädten **zu wenige Wohnungen** (CESAR, 2008; LORENS, 2005). Der Wohnungsmarkt ist **zweigeteilt**. Zum einen gibt es die meist in Genossenschaftshand befindlichen, älteren und größtenteils **sanierungsbedürftigen** Wohnungen, im Altbaubestand und in den Großwohnsiedlungen. Eine Sanierung wird meist nicht durchgeführt, da den Genossenschaften aufgrund gesetzlicher Mietpreisbindung die finanziellen Mittel hierfür fehlen. Auch ist es nicht möglich, über Hypotheken an finanzielle Mittel zu gelangen, da die zu den Wohnungen gehörenden Grundstücke nach wie vor der Gemeinde gehören. Ein dem „Stadtumbau Ost“ vergleichbares Programm fehlt in Polen, ebenso wie staatliche oder kommunale Sanierungsförderungsprogramme. Deswegen werden diese Wohnungen mangels Ausweichmöglichkeiten weiter bewohnt, wodurch die Bausubstanz zusätzlich belastet wird (BILLERT, 2004). Zum anderen gibt es den **Wohnungsneubau**, der fast ausschließlich in der Hand von sog. „**Developern**“ ist, die kommerziell Flächen erwerben, bebauen und teuer (meist als Eigentumswohnungen) weiterverkaufen (LORENS, 2005). Der Neubau erfolgt in den Großwohnsiedlungen und im Stadtzentrum, die auf diese Weise weiter verdichtet werden (MACKIEWICZ, 2003). Dieser Prozess, Konzentration städtischer Funktionen auf kleinem Raum und Bildung einer „kompakten Stadt“, wird als „**Concentration**“ bezeichnet (KOTUS 2006, vgl. auch SIEVERTS 1998). In der Peripherie sind starke Suburbanisierungsprozesse zu beobachten, die in Polen wie in Ostdeutschland nach der Wende einsetzten. Hier werden von den „Developern“ große, ursprünglich unerschlossene Flächen aufgekauft und meist mit Ein- und Mehrfamilienhäusern bebaut (KOK, 1999) vgl. Abb.3). Diese sehr schnelle flächenintensive und unkontrollierte Form der Suburbanisierung ist typisch für „**Sprawl**“- **Prozesse**. (= Ausufern und Verwischen der Stadtgrenzen) (KOTUS, 2006).

Ein großes Problem in diesem Zusammenhang stellt die **fehlende Stadtplanung** beziehungsweise **der fehlende Einfluss der Kommunen gegenüber den Investoren** dar. Im Gegensatz zum deutschen Baurecht dienen die städtebaulichen Instrumente in polnischen Städten weniger einer integrierten Entwicklung der Städte, sondern einer juristischen „Schaffung von Baurecht“ (BILLERT, 2004). Instrumente für vorhandene, neu zu ordnende Stadtstrukturen sind kaum vor-

gesehen (BILLERT, 2004). Relevant für den Städtebau sind drei Instrumente: die Woiwodschaftspläne, die von den Woiwodschaften (vergleichbar mit den deutschen Bundesländern, mit weniger Befugnissen) erstellt werden, die „Studien über die räumlichen Bedingungen einer Gemeinde“, die den deutschen Flächennutzungsplänen entsprechen (STADT POZNAN, 1997; CESAR, 2008) und von den Gemeinden erstellt werden sowie die Bebauungspläne (B-Pläne), die sich an den Studien orientieren. Nur die B-Pläne sind rechtlich bindend (BILLERT, 2004). Als Anhaltspunkt für die Bebauungspläne gilt das „Nachbarschaftsprinzip“, welches besagt, dass sich Neubauten hinsichtlich Bauhöhe und Baustruktur nach den benachbarten Gebäuden richten sollen. Welche Gebäude als „benachbart“ gelten, ist nicht eindeutig festgelegt, und wird im Einzelfall entschieden. So ist es durchaus möglich, dass in einem reinen Gründerzeitviertel ein Hochhaus geplant (und genehmigt) wird, wenn sich irgendwo in der Nähe ein weiteres Hochhaus befindet (vgl. Abb. 3). Die Entwicklung polnischer Städte wird maßgeblich von **marktwirtschaftlichen Kräften** gesteuert (WALTER, 2005; LORENS, 2005). Typisch ist das massenhafte Aufkommen von Tankstellen und Einkaufszentren in unmittelbarer Nähe der Wohnsiedlungen (KOTUS, 2006). Die „attraktiven“ Teile der Innenstadt werden mit großem finanziellem Aufwand saniert und hergerichtet, die Stadtzentren durch repräsentative Bürogebäude, Hotels, Kinos etc. verdichtet („Concentration“). In weniger attraktive und lukrative Stadtviertel, zum Beispiel die vor allem als Wohnviertel genutzten Gründerzeitviertel, wird hingegen kaum oder nicht investiert.



Abbildung 3: Nachbarschaftsprinzip-Gründerzeit neben Plattenbau in Jezyce

Die Konzentrationsprozesse führen auch zu einem **stärker werdenden Bebauungsdruck auf Frei- und Grünflächen**. Zwar entstanden im Zuge der Deindustrialisierung direkt nach der Wende etliche Freiflächen, diese werden jedoch nach und nach wieder genutzt. Das betrifft nicht nur die Brachen, sondern auch die gepflegten Grünflächen (z.B. JAKIMOWICZ 2005; MIERZEJEWSKA 2004; KOTUS 2006). KOTUS (2006) beschreibt die gängige Praxis, einzelne Teile der Grünflächen auszugliedern und zu bebauen bzw. als Parkplatzfläche zu nutzen. Der umgekehrte Fall, dass eine ehemals bebaute Fläche in eine Grünfläche umgewandelt wird, kommt ihm zufolge nicht vor (vgl. hierzu zu den Verhältnissen in Poznan 3.2).

2.2 Das urbane Ökosystem

Nach ELLENBERG (1973) versteht man unter einem **Ökosystem**: „...ein Wirkungsgefüge von Lebewesen und deren anorganischer Umwelt, das zwar offen, aber bis zu einem gewissen Grad zur Selbstregulation fähig ist.“

Das **urbane Ökosystem** ist ein anthropozentrisches, heterotrophes Ökosystem, in dem die natürlichen biotischen und abiotischen Faktoren von Anthropogenen überprägt und dominiert werden (LESER, 1997). Aufgrund seiner langjährigen anthropogenen Überprägung weist es Besonderheiten

auf. Dies gilt hinsichtlich Verschiebungen der Biozönose, Stoff- und Energiehaushalt (HUBRICH, 1993; SIMON & FRITSCH, 1998), sowie Modifikationen der Ökosystemkompartimente. Weiterhin zeichnet es sich durch hohen Flächenverbrauch und schnellen Flächennutzungswandel aus. Die Biozönose wird maßgeblich durch den Menschen bestimmt, der als Hauptkonsument die Schlüsselart darstellt (LESER, 1997; MÜLLER, 1977). (Natürliche) Produzenten, andere Konsumenten sowie Destruenten nehmen eine untergeordnete Rolle ein (ALBERTI, 2008). Stoff- und Energieumsätze sind stark erhöht und beschleunigt, um die Versorgung des Menschen zu gewährleisten, nicht nur mit Nahrungsmitteln, sondern auch mit (energieaufwändig) industriell gefertigten Produkten (ALBERTI, 2008). Die urbane Fläche reicht bei weitem nicht aus, um den Energie – und Stoffbedarf hierfür zu decken und ist auf Importe angewiesen. Hierbei werden die Stoffkreisläufe- und Energieflüsse im Vergleich zu den kurzgeschlossenen Kreisläufen im natürlichen Ökosystem stark erweitert und teilweise bis zu globalem Maßstab aufgebläht („Mülltourismus“, „Kaninchenbraten aus Neuseeland“) (ALBERTI, 2008). Alle urbanen Ökosystemkompartimente (Boden, Klima etc.) werden durch anthropogene Aktivität mehr oder weniger stark modifiziert. (vgl. LESER 1997). Die wichtigsten Modifikationen sind in Abb.4 dargestellt. Für eine weitergehende detaillierte Beschreibung des urbanen

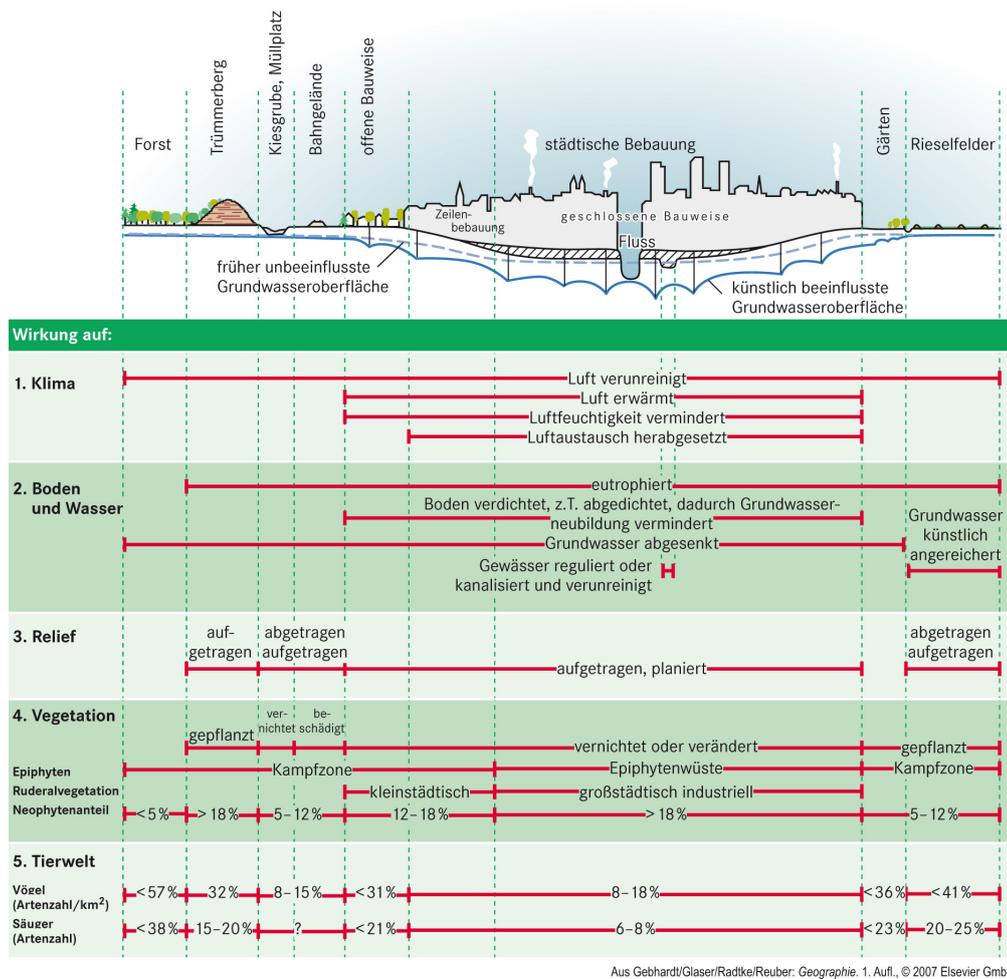


Abbildung 4: Ökologische Modifikationen im urbanen Raum, in: BREUSTE ET AL. (2007), verändert nach SUKOPP ET AL. (1974)

Ökosystems vgl. **Stadtökologie allgemein**: SUKOPP (1990); HUBRICH (1993); SUKOPP & WIT-

TIG (1998); BREUSTE ET AL. (2001); BREUSTE, J., H. FELDMANN, O. UHLMANN [HRSG.] (1998); ALBERTI (2008); MARZLUFF ET AL. (2008) **Stadtböden**: BULLOCK & GREGORY (1991); PIETSCH & KAMIETH (1991); AK STADTBÖDEN (1996); BLUME & SCHLEUSS (1997); **Stadtklima**: FEZER (1995); HELBIG ET AL. (1999); VDI KOMMISSION (1988), **Biozönose**: GILBERT (1994); REBELE & DETTMAR (1996); WITTIG (1991, 2002).

2.3 Ökologische Potentiale

Mit dem „ökologischen Potential“ wird ein Untersuchungsgebietes in Bezug auf seine natürliche Ausstattung beschrieben (FELLENBERG, 1995). Das Gewicht liegt je nach Autor entweder auf einer reinen Inventarisierung (FELLENBERG, 1995) oder abgeleitet auf Leistungen und Funktionen, die das Ökosystem bereitstellt (FINKE, 1996; ARLT, 1997). Definitionen und Zuordnungen variieren stark je nach Autor (dargestellt von FINKE 1996). Zum Beispiel zählen FINKE (1996) und das LEXIKON DER GEOWISSENSCHAFTEN (2001a) auch das Bebauungs- und Erholungspotential zu den ökologischen Potentialen, während vor allem von bodenkundlicher Seite zwischen Lebensraumfunktionen (entspricht dem ökologischen Potential im o.g. Sinne), Produktionsfunktionen und geschichtlichen Funktionen unterschieden wird (SCHEFFER & SCHACHSCHABEL 2002, vgl. auch BLUM 2007). Die vorliegende Arbeit folgt der letztgenannten Aufteilung und definiert ökologisches Potential:

Das Potential (= Vermögen) eines Ökosystems, ökologische Leistungen innerhalb des Ökosystems und über das Ökosystem hinaus zu erbringen, wird als „ökologisches Potential“ bezeichnet. Diese Leistungen sind abhängig vom geoökologischen Inventar des Ökosystems und bilden sich deswegen für jedes Ökosystem individuell und charakteristisch aus (vgl. ARLT 1997).

Die in dieser Arbeit thematisierten ökologischen Potentiale sind:

Bodengebundene ökologische Potentiale

- **Grundwassererneuerungspotential**= Das Vermögen, Regenwasser zu speichern und an das Grundwasser abzugeben. (vgl. BLUM 2007 S.124)
- **Rückhaltepotential**= das Vermögen, *durch Fällung und Adsorption zahlreiche schädliche anorganische und organische Verbindungen fest(zu) halten... und somit (zu) verhindern, dass diese... in das Grundwasser oder... in die Nahrungskette gelangen.*“ (BLUM 2007 S.125)
- **Kohlenstoffsenkenpotential**= gehört zum Rückhaltepotential, das Vermögen, das klimaschädliche Kohlendioxid in Form von verschiedenen Verbindungen festzuhalten und somit zu verhindern, dass es in die Atmosphäre gelangt (ALBERTI, 2008).

Klimapotentiale

- **Staubfilterpotential**= *„die Kapazität ... von Grünflächen zur Verbesserung von Umweltbedingungen durch Aufnahme der Staubpartikel und Schadstoffe aus der Luft“* (vgl. URGETEAM 2001, da als „Luftreinhaltungspotential“ bezeichnet, auch (FINKE, 1996))
- **Ausgleichseffektpotential**= Das Vermögen, klimatische Extrema (Luftfeuchtigkeit, Temperatur, Windgeschwindigkeit..) vor allem durch Verdunstung und Schattwirkung abzupuffern und deren schädliche Auswirkungen zu mildern (FINKE, 1996)
- **Schneiseneffektpotential**= die positive Wirkung von Grünflächen auf das Klima aufgrund

ihrer Durchgängigkeit für Wind (FINKE, 1996; KUTTLER, 1998)

Biotoppotential

- **Wasserverfügbarkeitspotential**= Das Vermögen, Niederschlagswasser zu speichern und mit Zeitverzögerung an die Vegetation abzugeben (BLUM, 2007; SCHEFFER & SCHACHSCHABEL, 2002)
- **Nährstoffversorgungspotential** = Das Vermögen, Nährstoffe zu speichern und für die Vegetation bereit zu stellen (SCHEFFER & SCHACHSCHABEL, 2002)
- **Biodiversitätspotential**= Das Vermögen, Habitat für eine möglichst vielfältige und artenreiche Biozönose zu bieten (SCHEFFER & SCHACHSCHABEL, 2002; WITTIG, 1998)
- **Durchgängigkeitspotential**= Das Vermögen, als Samenquelle und Zielort mit anderen Freiflächen Organismen austauschen zu können (WITTIG, 1998).

Im urbanen Raum stehen die ökologischen Potentiale mit technisch-industriellen, sozio-ökonomischen und kulturellen Flächenfunktionen (z.B. Funktion als Baufläche, als Rohstofflagerstätte, Nahrungproduktion etc.) (SCHEFFER & SCHACHSCHABEL, 2002; BLUM, 2007) in einem ständigen Konkurrenzverhältnis (vgl. PIETSCH & KAMIETH 1991; BACCINI & BADER 1996s.a. Abb.5).

2.4 Ökologische Potentiale im urbanen Raum

Die **wichtigste Stellgröße** für die Herausbildung der ökologischen Potentiale ist der **Boden** (in Zusammenhang mit dem Relief), der im Geoökosystem als Standort, Lebensraum, Stoffsenke und -quelle fungiert (PIETSCH & KAMIETH, 1991; ALBERTI, 2008). Im urbanen Bereich ist der Boden stark beeinträchtigt, durch Aufschüttung, Grundwasserabsenkung, Störung der Horizontierung, Verdichtung, Eutrophierung, Alkalisierung, Schadstoffbelastung, Versiegelung (BLUME 1998, vgl. Abb.5). Die Versiegelung wirkt sich besonders negativ aus. Abhängig von Art der Versiegelung wird der Bodenkörper vom Rest des Ökosystems nahezu abgetrennt (PIETSCH & KAMIETH, 1991; BLUME, 1998), hierbei werden die ökologischen Potentiale herabgemindert, zeitweilig unterbunden oder vollkommen zerstört (PIETSCH & KAMIETH, 1991; CORDSEN, 1996; BREUSTE ET AL., 2007). Die ökologischen Leistungen müssen dann von den **unversiegelten Restflächen** mit übernommen werden, die dadurch stärker belastet werden (z.B. mit Niederschlagswasser, Schadstoffen etc.) und ihrerseits Schaden nehmen können (PIETSCH & KAMIETH, 1991; HUBRICH, 1993).

Das **Grundwassererneuerungspotential** ist abhängig von Menge und Intensität des Niederschlags (Wasserdargebot), der Infiltration, und den Speichereigenschaften des Bodens (abhängig von Körnung, Humusgehalt und Lagerungsdichte) (SCHEFFER & SCHACHSCHABEL, 2002). Die klimatischen Bedingungen mitteleuropäischer Städte werden vor allem bedingt durch gemäßigtes Klima mit ausgeprägten Jahreszeiten (WALTER & BRECKLE, 1999). Die Infiltration im urbanen Raum ist aufgrund der hohen Versiegelungsrate stark herabgesetzt. Ein Großteil des Niederschlagswassers wird als Oberflächenabfluss in die Kanalisation und von dort aus direkt in den Vorfluter geleitet (PIETSCH & KAMIETH, 1991; WOHLRAB ET AL., 1992). Unversiegelte Böden können durch Belastung verdichtet sein (BLUME, 1998; MAKKI & HELLER, 2007), was vermindertes Porenvolumen und verminderte Infiltrations- und Speicherfähigkeit zur Folge hat.

Die Speicherfähigkeit urbaner Böden ist meist gering, bedingt durch geringe Humusgehalte und hohe

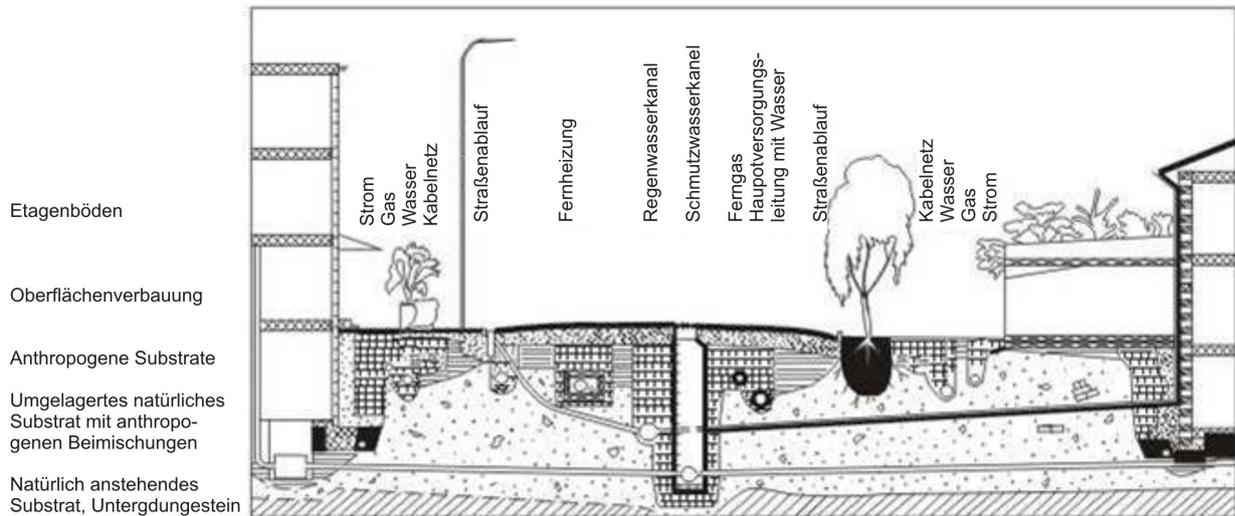


Abbildung 5: Böden als urbane Infrastrukturträger (nach PIETSCH & KAMIETH 1991, mod.)

Skelett- und/oder Sandgehalte (KAHLE & COBURGER, 1996; WOLFF, 1996; BLUME & SCHLEUSS, 1997), vgl. auch (SCHEFFER & SCHACHSCHABEL, 2002). Auf Flächen mit höherem Humusgehalt und besserem Porenverhältnis der Böden (z.B. ältere Flächen, Gärten) ist die Wasserspeicherfähigkeit deutlich höher (DIABY, 1996). Bezogen auf die Grundwasserneubildung wirkt sich die schnelle Durchsickerung des Wassers positiv aus. Auf den meisten Flächen liegt die potentielle Evapotranspiration weit über der Effektiven. Würde das Wasser länger im Boden gehalten, würde es von der Vegetation verbraucht und stünde zur Grundwasserneubildung nicht mehr zur Verfügung (WOHLRAB ET AL., 1992). Hierbei handelt es sich um einen rein quantitativen Vorteil, da durch die schnelle Durchsickerung das Wasser nicht optimal gereinigt wird, und die Gefahr einer qualitativen Verunreinigung des Grundwassers mit Schadstoffen besteht (PIETSCH & KAMIETH, 1991).

Das **Rückhaltepotential** einer Fläche ist vor allem von den Bodenaustauschern abhängig. Diese sind in der Lage, ionare Schadstoffe (und Nährstoffe) reversibel anzulagern. Ein Maß hierfür ist die Kationenaustauschkapazität (KAK) (BLUM, 2007; SCHEFFER & SCHACHSCHABEL, 2002), die ihrerseits von **Anzahl und Qualität der Austauscher** (v.a. Humus und Tonminerale) und dem **Boden -pH-Wert** abhängig ist (KAULE, 2002). Die sand- und skelettreichen, oft gestörten, urbanen Böden verfügen meist über geringe Austauschkapazitäten (SCHEFFER & SCHACHSCHABEL, 2002). Einige Böden sind „geköpft“, d.h. der humusreiche Ah-Horizont wurde abgetragen (BLUME, H. P. [HRSG.], 1990). Auf Anderen wurde Schutt, Baustoffe etc. aufgetragen (SAUERWEIN, 2004; AEY & BLUME, 1991). Dieses Bodenmaterial weist eher den Charakter von Substrat auf als von Boden, mit entsprechend geringer Sorbierfähigkeit (BLUME, 1998). Einen Einfluss auch das natürliche Ausgangsubstrat (BILLWITZ & BREUSTE, 1980), von dem die Substratzusammensetzung „geerbt“ wird.

Die Menge und Qualität des Humus ist abhängig von Biomasseanfall (ober- und unterirdisch) sowie dem Kohlenstoff/Stickstoff- Verhältnis des Bodens (C/N-Verhältnis). Der Humusgehalt auf städtischen Böden variiert stark. Grünflächen werden mit humushaltigem Material (z.B. „Mutterboden“, Kompost) angereichert (PIETSCH & KAMIETH, 1991; FRÜHAUF ET AL., 1993). Besonders hohe

Humusgehalte und hohe Speicherkapazitäten finden sich auf Gartenböden (=„Hortisole“) (AEY & BLUME, 1991; DIABY, 1996; KOCH ET AL., 2002). Gleichzeitig wird eine „natürliche“ Humusanreicherung auf Grünflächen verhindert, indem die Biomasse entfernt wird (z.B. Laub, Mahd). Das C/N-Verhältnis des Humus ist abhängig vom C/N-Verhältnis der anfallenden Streu. Ein enges C/N-Verhältnis bedingt schnellen Humusabbau und gute Humusqualität. (SCHEFFER & SCHACHSCHABEL, 2002). Weite C/N-Verhältnisse mit schwer abbaubarer Streu und mächtigen Rohhumusauflagen finden sich in Städten unter nicht heimischen Arten wie z.B. Rhododendron (BUCH & MEYER-STEINBRENNER, 1988)).

Am festesten sind die Schadstoffe im Carbonat-Pufferbereich (bei pH 6,5-8) gebunden (SCHEFFER & SCHACHSCHABEL, 2002). Die meisten urbanen Böden enthalten Carbonate (LUDESCHER & BURGHARDT, 1993; HÖKE, 1995) aus kalkhaltigen Substraten (z.B. Baumaterial, Löss, Kalkstein) oder aus Immissionen (REBELE & DETTMAR, 1996). Durch Säureeintrag wird das Carbonat „verbraucht“, d.h. es dissoziiert zu Wasser und Kohlensäure (SCHEFFER & SCHACHSCHABEL, 2002). Nach Verbrauch des Carbonats sinkt der Boden-pH stark ab, die gebundenen Schadstoffe werden dabei teilweise freigesetzt.

Die Flächen stellen auch für das klimaschädliche Kohlendioxid (in Form von verschiedenen Kohlenstoffverbindungen wie „Black Carbon“, Kohle, in der Biomasse oder Humus, PATAKI 2006) eine Senke dar (**Kohlenstoffsenkenpotential**). **Black Carbon** entsteht v.a. während unvollständiger Verbrennungsprozesse. Kohleablagerungen kommen entweder natürlich vor, Reste von Kohleablagerungen finden sich zum Beispiel auch auf ehemaligen Industrieflächen. In der **Vegetation** und im **Humus** sind ober- und unterirdisch bedeutende Mengen Kohlenstoff gespeichert (NOVAK & CRANE, 2002; PATAKI, 2006). Auf den neu entstandenen Flächen reichert sich Humus zunächst bis zu einem bestimmten Maß an (Menge und Qualität des Humus sind vor allem abhängig von der Menge und C/N-Verhältnis der anfallenden Biomasse (s.o., siehe auch BATJES 1999), danach stehen Humusauf- und -abbau im Gleichgewicht (BURGHARDT, 2001). Da auf den neuentstandenen urbanen Flächen dieses Gleichgewicht noch nicht erreicht ist, besteht hier noch großes Potential. Insgesamt schätzt BRANRYD (1982) die durchschnittlichen Kohlenstoffgehalte in urbanen Böden auf 21.000t C/km².

Das **urbane Klima** wird durch Bodenversiegelung, Veränderung der Vegetation sowie anthropogene Einwirkungen durch technische Einrichtungen wie Kfz- Verkehr, Industrie, Gewerbe und Hausbrand bedingt (KUTTLER, 1998). Die wichtigsten Folgen sind erhöhte Luftbelastung (VDI KOMMISSION, 1988; EICKMANN, 1998), erhöhte Lufttemperatur („innerstädtische Wärmeinsel“) (SCHILLER ET AL., 1990) und eine geringe Luftfeuchtigkeit. Wie stark sich diese Modifikationen auswirken, ist vor allem von der Stadtstruktur abhängig (PÜTTMANN, 2002). Gebäudehöhe und Baudichte fördern oder behindern die Durchlüftung und damit die Möglichkeit des Klimaausgleichs. Versiegelte Flächen vermindern die Transpiration und heizen die Luft zusätzlich auf.

Das **Luftreinhaltepotential** ist vor allem abhängig von der Bodendeckschicht. Versiegelte Flächen sind nicht oder kaum in der Lage, Stäube festzuhalten. Vegetation, vor allem Bäume demgegenüber sind aufgrund ihrer großen Blattfläche in der Lage, Stäube aus der Luft auszukämmen (vgl. URGE-

TEAM 2001). Mit dem Niederschlagswasser werden diese Stäube abgewaschen und sammeln sich im Boden (GRENZIUS, 1988).

Speziell vor dem Hintergrund des globalen Klimawandels und seiner Auswirkungen auf urbane Bereiche kommt dem (**klimatischen**) **Ausgleichspotential** eine wachsende Bedeutung zu (HILDMANN, 2009; MAX & ENDLICHER, 2008). Es ist abhängig vom Großklima, der Bebauungs-, Oberflächen- und Grünstruktur. Auf die Modifikationen durch die städtischen Strukturen wurde oben bereits eingegangen. **Grünbestandenen Freiflächen** wird allgemein ein ausgleichender Effekt aufgrund ihrer Verdunstung, ihrer niedrigen Albedo (Reflektionsvermögen), und ihrer Fähigkeit zur Luftreinigung zugeschrieben (ASAEDA & CA, 1998), weswegen z.B. HILDMANN (2009) empfiehlt, möglichst viele Grünflächen zum klimatischen Ausgleich zu schaffen. Insbesondere nachts bilden Freiflächen „**Kält-einseln**“, mit im Vergleich zur Umgebung niedrigeren Temperaturen (KOWARIK, 1993; HORBERT, 2000). Stellfaktoren hierfür sind vor allem die Flächengröße und der Vegetationsbewuchs. Größere Flächen, STÜLPNAGEL ET AL. (1990) geben einen Grenzwert von einem Hektar an, kühlen nachts stärker ab und die kühlende Wirkung ist über die eigentliche Grünfläche hinaus messbar (STÜLPNAGEL ET AL., 1990; BONGARDT, 2006). Auf kleinere Flächen dagegen ist die Kühlwirkung nur auf der Fläche selbst, nicht auf den angrenzenden Flächen feststellbar (STÜLPNAGEL ET AL., 1990; BAUER, 1999).

Neben der Flächengröße ist die Art des Flächenbewuchses der Freiflächen von entscheidender Bedeutung. Die Wirkung verschiedener Vegetationsbewuchse fasst STÜLPNAGEL am Beispiel von Freiflächen in Berlin zusammen (in: KUTTLER 1998). Brachflächen mit geschlossener Ruderalvegetation nähern sich ökologisch Grünflächen an, während Gleis- und Schotterflächen ökologisch eher Versiegelungsflächen ähneln (HORBERT, 2000). Gut wasserversorgte, grasbewachsene Flächen zeigen eine ausgleichende Wirkung KUTTLER (1998), schlecht versorgte Flächen geringere oder keine Wirkung (KUTTLER, 1998; SCHILLER, 1991; FEZER, 1995). Baumbestandene Flächen wirken sich positiv auf einen ausgeglichenen Temperatur- und Luftfeuchtigkeitsgang aus (FEZER, 1995; KUTTLER, 1998; ASAEDA & CA, 1998), ihre Wirkung kann mehrere 100m in die Umgebung ausstrahlen, abhängig vom Standort der Freifläche und Umgebungsstruktur (Senke, geschlossene oder offene Bebauung, etc.) (vgl. BONGARDT 2006).

Eine besondere Rolle in Hinsicht auf **Schneiseneffektpotential** kommt **Frischlufschneisen** zu, un bebauten Bereichen von der Peripherie in die Stadt hinein, durch die ein ungehinderter Luftaustausch stattfinden kann. In erster Linie sind hier die großen Fließgewässer mit ihren Auenbereichen zu nennen, die die Stadt zentral durchfließen und Frischluft über die gesamte Länge hinweg in die Stadt transportieren (WALLOSSEK, 2006). Aber auch die Bahntrassen fungieren als Frischluftbahnen (HORBERT, 2000; WEBER, 2004).

Das **Wasserversorgungspotential** (für die Vegetation) ist von denselben Faktoren wie das Grundwassererneuerungspotential abhängig, darüber hinaus von der Durchwurzelungsfähigkeit. Die meist sandigen oder steinigen Böden begünstigen zwar eine hohe Infiltration (vgl. WOLFF 1996), aufgrund der schnellen Absickerung aus dem durchwurzelten Raum ist dieses Wasser für die Pflanzen jedoch

nur eingeschränkt nutzbar (BLUME, 1989). Bei feinkörnigeren Böden kommt es auf die Lagerungsdichte an: Verdichtete Böden mit geringerem Porenvolumen können Stauwasser und Luftmangel verursachen (BLUME, 1998). Die Durchwurzelbarkeit ist oft schlecht. Der technogene Anteil in Stadtböden zeichnet sich durch große Scherfestigkeit und scharfe Kanten aus, der die Durchwurzelung behindert (BURGHARDT, 1996). Vollversiegelte Flächen können nicht durchwurzelt und somit nur von wenigen Spezialisten besiedelt werden (WITTIG, 1998). Die im Vergleich zum Umland erhöhten Niederschläge können den schlechten Wasserhaushalt städtischer Böden teilweise kompensieren. Wasserstress kommt vor in Gebieten mit geringen Niederschlägen, wie im Bereich von Leelagen von Gebirgen (Beispiel Halle) MÜLLER ET AL. (2001) oder höherer Kontinentalität (Beispiel Poznan).

Das **Nährstoffversorgungspotential** einer Fläche ist vom Nährstoffgehalt des Bodens abhängig, außerdem, wie das Rückhaltepotential von der Menge der ionaren Austausch- (Kationenaustauschkapazität) (ROWELL, 1997). Das Nährstoffversorgungspotential urbaner Flächen wie Kleingärten (KOCH, 2005b) oder Konversionsflächen (ROHNER, 1995) wird von den meisten Autoren (z.B. PIETSCH & KAMIETH 1991; HILLER 1993) als „gut“ bis „eutrophiert“ bezeichnet. Die Nährstoffversorgung von urbanen Brachflächen wird demgegenüber kontrovers beurteilt. Während BLUME (1998, 1982) und PIETSCH & KAMIETH (1991) Brachflächen als gut nährstoffversorgt bezeichnen, bescheinigt SUKOPP (1990) den Brachflächen Berlins heterogene unausgeglichene Nährstoffverhältnisse. Als nährstoffarm bezeichnen WITTIG (1993) und REBELE & DETTMAR (1996) vor allem von technogenem Substrat geprägte Flächen, während GILBERT (1994) allgemein urbanen Böden Nährstoffarmut, vor allem Stickstoffarmut bescheinigt. Limitierender Faktor bei der Nährstoffversorgung ist unter Umständen das Transportmedium Wasser, ohne das eine Aufnahme der Nährstoffe nicht möglich ist (SCHEFFER & SCHACHSCHABEL, 2002).

Das **Biotopausbildungspotential** lässt sich am besten anhand des aktuell vorhandenen Ökosystems bewerten.



Abbildung 6: Struktur- und artenreiche Ökosysteme - Brachen

Die wichtigsten Faktoren sind der Strukturreichtum der Fläche, die Anzahl der vorkommenden Arten (WITTIG, 1998) sowie deren Spannweite ökologischen Verhaltens. Der urbane Raum ist strukturell sehr heterogen (KOWARIK, 1993; KLOTZ, 2001). Es können sich zahlreiche Arten mit unterschiedlichem ökologischen Ansprüchen und ökologischen Verhalten (vgl. ELLENBERG 1992) ansiedeln. Aufgrund der höheren Temperaturen siedeln sich in den Städten viele Therophyten (= Wärmeliebende Arten) an (ENGEL, 1949; WITTIG, 1991), Temperaturminima sind in den Städten weniger stark

ausgeprägt (WITTIG, 1991). Die Vegetationsperiode ist somit verlängert (WITTIG, 2002). Limitierend wirken weniger die durchschnittlichen als vielmehr die Extremereignisse wie Spätfröste, Eistage oder längere Trockenperioden. Hiervon beeinträchtigt sind vor allem nicht etablierte wärmeliebende

Arten (WITTIG, 1991) (z.B. „Neophyten“). Insgesamt übertreffen die Artenzahlen der Städte diejenigen des Umlands oft bei weitem (KLOTZ, 2001; REIDL, 1989; KLOTZ, 1980; KÜHN ET AL., 2004). KOWARIK (1993) unterscheidet „vier Arten der Natur“ in der Stadt: 1. Reste der ursprünglichen Naturlandschaft, 2. Kulturlandschaft, 3. gärtnerisch angelegte Natur, mit einheimischen und exotischen Arten, 4. die spontan auftretende urbane Vegetation. Jede dieser „4 Arten“ trägt zur Vielfalt der Vegetation bei. Hierbei nehmen die **in der vorliegenden Arbeit besonders berücksichtigten innerstädtischen Brachflächen** eine zentrale Rolle ein (siehe unten).

Das **Durchgängigkeitspotential für Organismen** wird in der Stadt eingeschränkt (MEHNERT ET AL., 2005). Straßen, Mauern, Gebäude stellen reale Ausbreitungshindernisse dar, die Grünflächen haben untereinander wenig bis keinen Kontakt. Sie stellen „Inseln“ im städtischen Raum dar (Vgl. MACARTHUR & WILSON 2001). Das Vorhandensein von „grünen Korridoren“, die die Grünflächen untereinander vernetzen, wird zum wichtigsten Faktor der Ausbreitungsfähigkeit (HERBST, 2003; BASTIN & THOMAS, 1999). Anemochore (mit Wind verbreitete) Arten haben einen Vorteil, neue Ausbreitungsmedien (z.B. Autoreifen vgl. LIPPE ET AL. 2005) und -wege (z.B. Bahngleise) gewinnen an Bedeutung.

2.5 Urbane Brachen als „Träger“ ökologischer Potentiale

Aufgrund ihrer Ausstattung und Struktur (meist unversiegelte, strukturreiche, ungenutzte urbane Grünflächen) nehmen die Brachflächen eine ganz besonders wichtige Rolle innerhalb des urbanen Ökosystems ein und sind essentiell wichtig für das Funktionieren des urbanen Ökosystems. Sie fungieren als Grundwassererneuerungs- und Schadstoffrückhalteflächen, Klimaausgleichsflächen und Träger der biotischen Vielfalt der Städte, sowohl faunistisch (KLAUSNITZER & KLAUSNITZER, 1993; ZUCCHI & FLISSE, 1993; MEHNERT ET AL., 2005) als auch floristisch (z.B. MÖLLER 1949; ENGEL 1949; SUKOPP ET AL. 1974; KÜHN ET AL. 2004). Insbesondere jüngere instabile Brachen (zu denen die neu entstehenden Transformationsflächen gehören), weisen sehr hohe Artenzahlen auf, die im Laufe der Sukzession sinken (KOWARIK, 2005) (*Sukzession*=“... die gesetzmäßige zeitliche Abfolge verschiedener Pflanzengesellschaften...die von den zuerst auftretenden Pioniergesellschaften über verschiedene Folgegesellschaften schließlich zur Schlußgesellschaft (Klimarvegetation) führt...“ LEXIKON DER GEOWISSENSCHAFTEN 2001b). Ablauf und Dauer der Sukzession ist von zahlreichen Faktoren abhängig, wie der vorhergehenden Nutzung (BORNKAMM, 1985; KOWARIK, 1993; ROHNER, 1995), dem Boden, Nachbarschaftseffekten, der Samenbank und dem Zeitpunkt des Brachfallens im Jahresverlauf (BORNKAMM, 1986, 1985). Neben einheimischen Arten dienen die Brachen auch Neophyten (=„...Arten, die sich nach der Entdeckung Amerikas als Einwanderer bzw. Neubürger an natürlichen Standorten in der einheimischen Pflanzenwelt angesiedelt und eingebürgert haben“ LEXIKON DER GEOGRAPHIE 2001) als erste Siedlungsflächen (KOWARIK, 1993; KÜHN ET AL., 2003; KLOTZ, 2001).

Teil II

Methodik

3 Untersuchungsgebiete

3.1 Hauptuntersuchungsgebiet Halle (Deutschland)

Naturräumliche Einordnung Die Stadt Halle, im östlichen Harzvorland gelegen, umfasst eine Fläche von 135km², die Einwohnerzahl beträgt 230.900 (Stand 12/08 STADT HALLE 2009). Klimatisch befindet sich Halle im Lee-Bereich des Harzes mit unterdurchschnittlichen Niederschlägen. Das vieljährige Temperaturmittel beträgt 9°C, die Durchschnittsniederschläge etwa 450 mm. (WENDLING, 2001). Gegenüber dem Umland weist das Stadtgebiet höhere Temperaturen auf („städtische Wärmeinsel“) (GERTH, 1990).

Geologisch befindet sich das Stadtgebiet auf 2 Großschollen, getrennt durch eine Störung („Hallesche Störung“) (KUGLER & MÜCKE, 1979; WAGENBRETH & STEINER, 1990). Anstehend finden sich sehr unterschiedliche Gesteine wie Hallescher Porphyry und Kaolinit, Rotliegendensedimente, Buntsandstein, Muschelkalk, (teilweise Braunkohlehaltige) tertiäre Ablagerungen, Quartäre Ablagerungen (saalekaltzeitliche Moränenreste, weichselkaltzeitliche Lössleinwehungen), sowie rezente Auenablagerungen (WAGENBRETH & STEINER, 1990; FRÜHAUF, 2006) an. In der Umgebung von Halle kommen vor allem Schlufflehm- und Lehm Böden vor, Sand- und Tonböden sind gering verbreitet (ALTERMANN, 1974). Auf den Lössschichten dominieren Schwarzerden in unterschiedlichen Degradationsstufen (Braun-Schwarzerde, Pararendzinen) (LAATSCH, 1934), Lössrendzinen, sowie in den Flussniederungen Aueböden (ALTERMANN, 1974; BILLWITZ & BREUSTE, 1980). Die Böden im Stadtbereich von Halle sind stark anthropogen überprägt. BILLWITZ & BREUSTE (1980) ermitteln in der Innenstadt Aufschüttungsmächtigkeiten von einem Meter, teilweise erheblich mehr. Hier auf bilden sich stark skeletthaltige Syrosemi, Rendzinen und Pararendzinen (vgl. auch STOLLE & KLOTZ 2005).

Hydrologisch wird Halle geprägt durch die Flüsse „Saale“ und „Weiße Elster“ sowie etwa 100 anthropogen entstandene kleine Standgewässer im Stadtbereich (BENHOLD ET AL., 2000; STADT HALLE, 1997). Pflanzengeographisch gehört das Gebiet von Halle zu den Distrikten Mansfelder Hügelland, Merseburger Ackerebene sowie Elster-Luppe-Aue (STOLLE & KLOTZ, 2005; WEINERT, 1982). Die Vegetation wird von kontinentalen Einflüssen geprägt.

Geschichtliche Entwicklung Für das Gebiet von Halle ist schon in urgeschichtlicher Zeit Siedlungstätigkeit nachgewiesen. Halle erhielt 984 Markt-, Münz- und Zollrecht und gehört zur ersten Städtegeneration Deutschlands (FRIEDRICH, 2006). Halle war ein bedeutender Handels- und Markttort, Mitglied der Hanse und erzbischöfliche Residenzstadt. Von der Industrialisierung profitierte Halle in hohem Maße. Die zugezogene Bevölkerung stellte gleichzeitig dringend benötigte Arbeitskräfte und Absatzmarkt dar. Es kam zu einer ersten umfangreichen Stadterweiterung, um Wohnraum zu schaffen. Die Arbeitersiedlungen entstanden in unmittelbarer Nachbarschaft zu den Industrie- und Gewerbegebieten. Um 1890 überschritt die Stadt erstmals die Einwohnerzahl von

100.000 (WALOSSEK, 2006). Eine zweite Stadterweiterung wurde zwischen den beiden Weltkriegen durchgeführt. Die Kriegszerstörungen in Halle während des zweiten Weltkrieges waren gering (GLASER ET AL., 2007). Um 1950 wuchs Halle weiter durch Eingemeindungen am Stadtrand. Unter der sozialistischen Regierung der DDR erlebte Halle einen wirtschaftlichen Aufschwung. Es wurde als Zentrum des Chemie-Dreiecks (Leuna-Buna) ausgewählt (WALOSSEK, 2006). Dies hatte äußerst negative Auswirkungen für die Umwelt, insbesondere Luft- und Wasserqualität betreffend (vgl. FRÜHAUF ET AL. 1993). Das Stadtbild von Halle während der sozialistischen Ära ist, wie bei den meisten ostdeutschen Städten, geprägt von einem Verfall der Innenstadt, Errichten von Großwohnsiedlungen (Silberhöhe, und Neustadt), sowie durch einen hohen Anteil militärischer Einrichtungen (Kaserne „Heide“ an der Gesamtstadt (LUDLEY, 2001).

Postwendezeitliche Entwicklungen: Halle wurde von den postwendezeitlichen Entwicklungen in besonderem Ausmaß getroffen (vgl. Kap. 2.1). Die stark industrialisierte Stadt (WALOSSEK, 2006) verlor durch die flächendeckende Deindustrialisierung einen großen Teil ihrer Arbeitsplätze. Der Anteil der Industrie und sonstigen produzierenden Bereichen sank von 55893 Arbeitsplätzen/ 34,7% (Stand 1989) auf 14236 Arbeitsplätze/ 19,6% (Stand 2004, STADT HALLE 2006a). Die Arbeitslosigkeit stieg sprunghaft an. Derzeit liegt die Arbeitslosenrate bei 14,0% (Stand 2. Quartal 2009, BUNDESAGENTUR FÜR ARBEIT 2009). Im Vergleich zu 1990 sank die Einwohnerzahl um 78.500. Das entspricht einem Verlust von etwa 25,4% (Stand 12/08, STADT HALLE 2009). Neben der Arbeitsmigration ist hierfür vor allem die Suburbanisierung verantwortlich. Halle verfügt nur über wenige Freiflächen am Stadtrand, die als Neubaugebiete ausgewiesen werden können (WALOSSEK, 2006). Entsprechend zogen bauwillige Bürger oft in die Nachbarkreise. Diese gehörten in den letzten Jahren zu den einzigen wachsenden Kreisen Sachsen-Anhalts (KRÖHNERT ET AL., 2006).

Auch Halle wird mit Mitteln des Programms „Stadtumbau Ost“ gefördert (STADT HALLE, 2006a,b). Die untersuchten Gebiete Thüringer Bahnhof (im ISEK Teil der südlichen Innenstadt) und Silberhöhe gehören zu den förderbaren Stadtteilen (STADT HALLE, 2006b) Finanzielle Hilfe wird für Rückbau und Aufwertung gewährt. Bisher wurden für den Rückbau, der vor allem in den Plattenbausiedlungen stattfand, 23 Mio. Euro aufgebracht, für die Aufwertung, die weniger konzentriert in allen Umstrukturierungsgebieten stattfand, 12 Mio. Fördergelder plus 6 Mio. Eigenanteil der Kommune. Der Rückbau hat den Leerstand in den Großwohnsiedlungen gesenkt, zum Beispiel in der Silberhöhe von 37,4% im Jahr 2002 auf 24,5% im Jahr 2005. In den innenstädtischen und innenstadtnahen Vierteln mit größtenteils in Privatbesitz befindlichen Altbauwohnungen wurde der Leerstand hingegen kaum gesenkt und liegt nach wie vor auf hohem Niveau, z.B. in der nördlichen Innenstadt 2002: 28,4%, 2005: 27,3% (STADT HALLE, 2006a,b).

3.2 Vergleichsuntersuchungsgebiet Poznan (Polen)

Naturräumliche Einordnung Die Stadt Poznan, zwischen Berlin und Warschau gelegen, ist 261,4 km² groß und hat 557.300 Einwohner (Stand 12/08, STATISTICAL OFFICE IN POZNAN 2009). Naturräumlich ist das Gebiet dem großpolnischen Tiefland (KAPALA, 1988) und der polnischen

Tabelle 1: Die Untersuchungsgebiete im Vergleich

Halle	Poznan
Größe 135 qkm	Größe 261,4qkm
230.900 EW	557.300 EW
Arbeitslosenrate 14%	Arbeitslosenrate 2,3%
Deindustrialisierung	Deindustrialisierung, dann Aufschwung
Suburbanisierung	Suburbanisierung
Abriss	Neuversiegelung
Entstehen von Freiflächen	Druck auf Freiflächen

Seenplatte, auf dem Grenzgebiet zwischen den Seenplatten von Poznan und Gniezno zuzuordnen (GRUCHMAN ET AL., 1997). Klimatisch befindet sich Poznan im Übergangsbereich von ozeanischem zu kontinentalem Klima (PELZER, 1991). Dies äußert sich in dem absoluten geringen Niederschlagswert (Mittel für die Jahre 1951-1990: 516mm) und in der hohen Variabilität der Niederschläge (WOS, 2005). 1982 zum Beispiel wurden nur 276 mm Niederschlag gemessen (WOS, 2005). Das langjährige Temperaturmittel (1951-1990) liegt bei 8,2°C (WOS, 2005), die Temperaturen variieren im Stadtgebiet stark (innerstädtische Wärmeinsel, KOCZOROWSKA 1995).

Der geologische Untergrund der Stadt besteht aus quartären sowie tertiären Lockergesteinen, vor allem aus weichselkaltzeitlichen Ablagerungen (SCHUETZE, 1925; KAPALA, 1988; PELZER, 1991). Geomorphologisch wird das Stadtgebiet durch glaziale Formen der Weichselkaltzeit geprägt: (teilweise stark zerschnittene) Moränenhochflächen, Sander in den westlichen und nördlich-östlichen Teilen sowie das Durchbruchstal der Warthe mit drei Terrassen (SCHUETZE, 1925; KAPALA, 1988). Es kommen vornehmlich arme Böden vor, Podsole, Pseudopodsole, ausgelaugte Braunerden, auf kleinen Flächen Schwarzerden, sowie Aue- und Moorböden in den Flussniederungen (PELZER, 1991; JACKOWIAK, 1990). Ebenso wie in Halle sind die Böden stark anthropogen überprägt (LIS & PASIECZNA, 2005). Floristisch ist das Stadtgebiet in den Poznan-Gniezno-Bezirk einzuordnen, der zum Wielkopolska-Kujawy-Bezirk gehört (JACKOWIAK, 1990). Die potentiell natürliche Vegetation besteht aus mesophilen Laubwäldern (z.B. Galio silvatici-Carpinetum) Nadelwälder auf den Sanderflächen (Leucobryo-Pinetum) sowie Auewälder in den Flussniederungen (Salici-Populetum) (JACKOWIAK, 1993).

Im Jungmoränengebiet gelegen, weist Poznan ein unreifes Flussnetz mit zahlreichen kleinen Stand- und Fließgewässern auf (SCHUETZE, 1925). Die Warthe und ihre Nebenflüsse bilden ein Kreuz, das zusammen mit den Randbereichen als „Grünkreuz von Poznan“ die ökologische Qualität der Stadt maßgeblich mitbestimmen (vgl. Kap.8.2). Neben den glazial entstandenen natürlichen Standgewässern (SCHUETZE, 1925) finden sich zahlreiche künstlich angelegte Seen, die intensiv anthropogen genutzt werden (z.B. für Regatta, Schwimmen, Angeln) (WRONSKA-PILAREK, 2004).

Geschichtliche Entwicklung Der ursprüngliche Siedlungskern Poznans liegt im Bereich der Niederterrasse der Warthe (KANIECKI, 2004). Mit der Ernennung Poznans zum Bistum im Jahr 968 setzte eine Entwicklung der Siedlung zur Stadt ein (URBAN, 2003). Mitte des 13. Jahrhunderts erhielt Poznan das Stadtrecht und erlebte eine wirtschaftliche Blüte als bedeutendes Handelszentrum, die bis 1655 anhielt (URBAN, 2003). Ein Überfall der Schweden, Plünderungen und Seuchen ließen

die Stadt bis Mitte des 18. Jahrhunderts zur Provinzstadt werden (GRUCHMAN ET AL., 1997). 1793 wurde das wirtschaftlich gerade erstarkte Poznan von den Preußen annektiert. Im Stadtbild äußert sich das noch heute durch die aus dieser Zeit stammenden breiten Ringstraßen und Prachtbauten. Darüber hinaus wurde 1900 beschlossen, die Festungsbauten zu schleifen, die bis dahin die Stadt an ihrer Entwicklung gehindert hatten (JAKIMOWICZ, 2005). Am Ende des ersten Weltkrieges konnte sich Poznan von Preußen befreien (KAPALA, 1988). Es folgte eine Phase der wirtschaftlichen Entwicklung und Blüte. Weitere Eingemeindungen (vor allem am rechten Wartheufer) lieferten weiteren Platz für Siedlungen. Die radial angeordneten Straßen- und Schienennetze stammen ebenso aus dieser Zeit wie die Anordnung der Grünkeile (JAKIMOWICZ, 2005). 1939 wurde Poznan vom deutschen Reich annektiert. Im zweiten Weltkrieg wurde die Stadt in erheblichem Ausmaß zerstört. Nach dem zweiten Weltkrieg wurde Poznan schnell aufgebaut und stark industrialisiert. Die Stadt konnte die Bedeutung ihrer Messe ausbauen und wurde neben Leipzig zum bedeutendsten Messestandort des Ostblocks (URBAN, 2003). Ab 1962 wurde der Bau von Großwohnsiedlungen (Rataje, Piatkowo und Winogrady) stark forciert, um dem extremen Wohnungsmangel abzuschwächen (die Wartezeit für eine Wohnung betrug zu dieser Zeit bis zu zehn Jahre) (WIESIOŁOWSKI ET AL. (2001). Migration aus ländlichen Gegenden führte zu einem Anstieg der Bevölkerung um mehr als das Doppelte (URBAN, 2003; PARYSEK & MIERZEJEWSKA, 2006).

Postwendezeitliche Entwicklungen Auch Poznan wurde zunächst von der Deindustrialisierung betroffen, vor allem die traditionellen Industriezweige wie Waggonbau und Rüstung. Aufgrund seines Messestatus und optimaler Lage zwischen Berlin und Warschau (STADT POZAN, 2003) wurde Poznan jedoch schnell attraktiv für Investoren, und die Entwicklung kehrte sich um.



Abbildung 7: 'Concentration', Neubau (Klinik) auf einer ehemaligen Freifläche

Heute ist Poznan eines der stärksten wirtschaftlichen Zentren Polens. Die Arbeitslosigkeit liegt bei 2,3% (Stand 06/2009 CENTRAL STATISTICAL OFFICE 2009). Zahlreiche Firmen siedeln sich im Stadtgebiet und im Umland an, vor allem östlich der Stadt in Richtung Warschau (MIZGAJSKI, 2003). Die Einwohnerzahl Poznans beträgt etwa 557.300 (Stand 12/08) und sinkt langsam (STATISTICAL OFFICE IN POZAN, 2009). Gründe hierfür sind die zunehmende Suburbanisierung (alle benachbarten Landkreise haben von der Suburbanisierung profitiert und Einwohnern hinzugewonnen), der demographische Wandel und verminderte Zuzüge

aus den ruralen Gebieten (PARYSEK & MIERZEJEWSKA, 2006; LECHNIAK, 2007).

Der neue Raumordnungsplan, 2008 autorisiert (vgl. CESAR 2008) soll unkontrolliertes Wachstum der Stadt verhindern. Allerdings können die Stadtplaner mit der extrem schnellen Stadtentwicklung kaum mithalten (PARYSEK & MIERZEJEWSKA, 2006). KOTUS (2006) stellte starke Tendenzen sowohl zu „Sprawl“ als auch zu „Concentration“ fest. „Sprawl“ findet an den Stadträndern statt, wo „Developer“ große Flächen mit Eigentumswohnungen bebauen (KOTUS, 2006). Gleichzeitig wird die Stadt im Zentrum nachverdichtet (=„Concentration“), meist mit Bürogebäuden und Hotels inter-

nationaler Ketten. Baulücken werden geschlossen und Freiflächen versiegelt (MACKIEWICZ, 2003). Zu den attraktivsten und somit teuersten Flächen gehören die Flächen im Bereich der Großwohnsiedlungen, auf denen der Bau von Hochhäusern mit Wohnfunktion vorgesehen ist (MACKIEWICZ, 2003). In der Nähe der Wohnsiedlungen werden große Einkaufszentren errichtet (KOTUS, 2006). Die Altindustriebauten werden entweder abgerissen und die Fläche neu bebaut, oder die Bauten werden, attraktiv saniert, als Kaufhallen oder Kultureinrichtungen genutzt (z.B. die alte Brauerei im Stadtzentrum)(BILLERT, 2005). Keine Sanierung findet in den gründerzeitlichen Wohnvierteln statt. Diese sind in einem sehr schlechten Zustand, werden aufgrund der extremen Wohnungsnot bis buchstäblich kurz vor Zusammenbruch noch bewohnt (BILLERT, 2004).

Durch die wirtschaftliche Entwicklung wächst der Druck auf die Grünflächen Poznans. Obwohl man sich über den Wert der Grünanlagen für die Attraktivität der Stadt im Klaren ist und tendenziell eine extensive Nutzung, oder einen Ausbau der Flächen empfiehlt (MIERZEJEWSKA, 2004; CESAR, 2008), drängen Investoren und Firmen vermehrt in diesen Bereich, vor allem in den östlichen, in Richtung Warschau orientierten Bereich. Der Umweltsektor insgesamt hat sich in Poznan seit der Wende positiv entwickelt, insbesondere die Luftqualität (KÜHNE, 2003). Trotzdem weisen Böden und Gewässer weiterhin erhöhte Schadstoffwerte auf (LIS & PASIECZNA, 2005), Poznan wird als „Gebiet mit hoher Umweltbelastung“ eingestuft (Nationalatlas, in: DROTH ET AL. 2000).

4 Verwendete Methoden

4.1 Flächenauswahl/Untersuchungsgegenstand

Abbildung 8 zeigt die Lage der untersuchten Flächen in beiden Städten. Untersuchungsgegenstand auf der **Makroebene** ist für Halle ein Großteil des Stadtgebietes, für Poznan die besonders von der Transformation betroffenen Stadtviertel Rataje, Piatkowo und Jezyce. Untersuchungsgegenstand auf der **Mesoebene** sind repräsentative Brachflächen in beiden Städten (Beschreibung aller Flächen vgl. Anhang C.1). In Halle wurden Flächen im Stadtviertel „Thüringer Bahnhof“ (Übersicht im Anhang, Abb. 48) ausgewählt, in Poznan erfolgte die Auswahl anhand eines Nord-Süd-Transekt (vgl. Abb.8). Um individuelle Unterschiede zwischen den Flächen zu minimieren, wurden möglichst ebene (KAULE, 2002) und ältere (mindestens 4 Jahre alte) Flächen ausgewählt (vgl. BORNKAMM 1986). Auf jeder Fläche wurde an drei zufällig ausgewählten Stellen („Spots“) die Vegetation und die Bodenverhältnisse aufgenommen und Bodenproben für Laboranalysen entnommen. Eine Beschreibung aller Flächen findet sich in Anhang C.1.

Untersuchungsgegenstand auf der **Mikroebene** sind für Halle zwei technogene Brachflächen, die Fläche „Wirtschaftsförderung“ am Thüringer Bahnhof und die Fläche „Am hohen Ufer“ auf der Silberhöhe. Auf diesen wurden, zusätzlich zu den auf allen Flächen durchgeführten Untersuchungen (vgl. Tab. 15) Klima- und Bodenwassermessungen getätigt. Die Bodendaten vom Standort Silberhöhe stammen aus einer Diplomarbeit (ROSSNER, 2007), die in Zusammenhang mit dieser Arbeit entstand. Untersuchungsgegenstand auf der Mikroebene in Poznan ist der „östliche Grünkeil“.

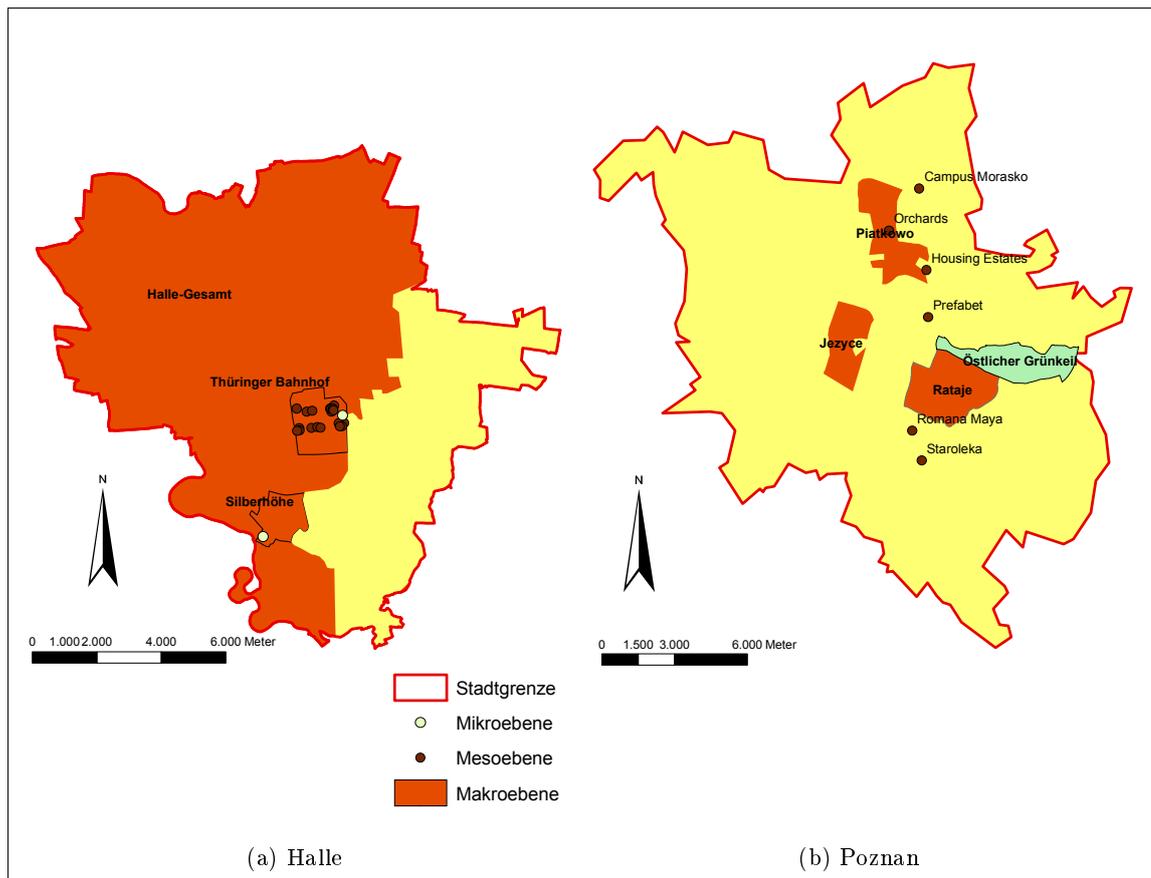


Abbildung 8: Übersicht der untersuchten Flächen in den Untersuchungsgebieten

4.2 Methoden der Fernerkundung

Eine Kartierung der postwendzeitlichen Nutzungsänderungen wurde sowohl in Halle als auch in Poznan durchgeführt. Sie umfasste eine Auswertung aller vorhandenen Daten, Topographische Karten, Thematische Karten, Luftbilder (Übersicht aller verwendeten Daten vgl. Anhang A) mit anschließender Geländebegehung zur flächenscharfen Kartierung. Neben dem Transformationstyp wurden der Versiegelungsgrad, Gehölzbestand, Alter der Fläche (Zeitpunkt der Nutzungsänderung) sowie der Stadtstrukturtyp (für Halle) kartiert. Die Arbeiten wurden zum Teil durch die Autorin, zum Teil im Rahmen von studentischen Arbeiten (Projektarbeiten) durchgeführt und später ergänzt. Die Kartierungen (Halle und Poznan) repräsentieren den Stand 2006, außer Untersuchungsgebiet „Jezyce“ Stand 2007.

Das **Untersuchungsgebiet Halle** sollte möglichst flächendeckend kartiert werden. Dies wurde zu 74% ($100,3\text{km}^2$) erreicht. Im **Vergleichsuntersuchungsgebiet Poznan** wurde die Kartierung **exemplarisch** in den Stadtteilen durchgeführt, bei denen eine **hohe Nutzungsänderungsdynamik** zu erwarten war (insgesamt $1876,9\text{ha}$). Ausgewählt wurden die Großwohnsiedlungen Rataje und Piatkowo, zunächst im Rahmen studentischer Praktika kartiert (vgl. ECKERT & NEUBERT 2005), später zusammengefasst und ergänzt. Als gründerzeitlich entstandenes Wohnviertel – analog zum „Thüringer Bahnhof“ in Halle wurde der Stadtteil Jezyce ausgewählt.

4.3 Feld- und Laborarbeit

4.3.1 Boden

Bodenaufnahmen und Entnahme von Bodenproben erfolgten im November 2006 in Poznan, im April 2007 in Halle jeweils innerhalb weniger Tage. Auf jeder Fläche wurden drei zufällig ausgewählte Stellen („Spots“) untersucht. Aufgenommen wurde der stark durchwurzelte Bereich (bis 30cm) anhand der „Bodenkundlichen Kartieranleitung“ (AD-HOC AG BODEN, 2005). Der Boden wurde horizontweise beprobt (vgl. Abb.9). Die Untersuchungen erfolgten, sofern nicht anders angegeben, am (bei Zimmertemperatur) getrockneten, auf 2mm abgeseibten Boden. Skelettanteil, Bodenart, Carbonatgehalt wurden bei allen Proben bestimmt, Phosphat, Stickstoff Kationenaustauschkapazität (KAK) und Nährstoffe für jeweils ein Profil pro Fläche.

- **Skelett/ Feinbodenanteil:** Die Bodenproben wurden mit einem Plastiksieb (Maschenweite 2mm) gesiebt. Anschließend wurde der Skelett/ Feinbodenanteil gewogen.
- **Bodenart:** Die Bodenart wurde nach Dispergierung mit Natriumtetraphosphat $Na_4P_2O_7$ (vgl. ROWELL 1997 mit einem Partikelanalysator (Fa. Malvern, Herrenberg, Deutschland) bestimmt.
- **Carbonat- Gehalt:** Die Bestimmung des Carbonatgehaltes erfolgte gasvolumetrisch mit der Scheibler-Apparatur angelehnt an DIN 10693 (1995). Die Carbonate in der Probe (1-5g feinstvermahlene Probe abhängig vom Kalkgehalt) wurden durch HCl zerstört. Das hierbei entstehende CO_2 wurde gasvolumetrisch bestimmt und auf $CaCO_3$ umgerechnet (SCHLICHTING ET AL., 1995).
- **Phosphat:** Pflanzenverfügbares Phosphat wurde anhand des Doppel-Lactat-Verfahrens extrahiert (SCHLICHTING ET AL., 1995). 1g Bodenprobe wurden mit 50ml Doppellactat versetzt, und 90 Minuten geschüttelt, anschließend zentrifugiert und filtriert. 10 ml der Lösung wurden mit 0,5ml Ascorbinsäure und 1ml Molybdat angefärbt und spektralphotometrisch vermessen (CADAS 100, Fa. Lange, Düsseldorf, Deutschland)(vgl. VD LUFA 1997; ROWELL 1997).
- **Kalium:** Das pflanzenverfügbare Kalium-Ion wurde gleichzeitig mit dem Phosphat im Doppellactat-Auszug (s.o.) extrahiert und flammenphotometrisch (AAS) bestimmt (M 2100 V 9.3 Fa. Perkin Elmer, Waltham, USA)(VD LUFA, 1997)
- **Stickstoff:** Nitrat und Ammonium wurden mit dem Nmin-Verfahren (in Anlehnung an VD LUFA 1997) extrahiert. Hierzu wurde 8g Probe mit 1M KCl 60 Minuten geschüttelt, anschließend zentrifugiert und filtriert. Nach Probenaufbereitung und Anfärben (vollständige Umwandlung von Nitrat zu Nitrit durch alkalische Reduktion mit Hydrazin, Diazotierung von Nitrit mit Sulfanilamid, anschließend Kopplung mit Naphthylethylendiaminihydrochlorid) wurde der entstehende Diazofarbstoff photometrisch bei 520nm. (SANSplus Fa. Skalar, Breda Niederlande) gemessen. Die Messung erfolgte am Institut für Agrar- und Ernährungswissenschaften (MLU).
- **Kationenaustauschkapazität (KAK):** Die Untersuchung erfolgte am Institut für Agrar- und Ernährungswissenschaften (MLU Halle). Es wurde eine modifizierte Version der von LAVKULICH (1981) (vgl. CARTER 1993; BRADY & WEIL 2007) entwickelten Methode verwendet, die am Institut für Agrar- und Ernährungswissenschaften standartmäßig angewandt wird

(vgl. hierzu Kapitel 4.6). Für den Hintausch wurde die Probe mehrfach mit Ammoniumacetat versetzt, geschüttelt und zentrifugiert. Die Überstände wurden gefiltert und gesammelt. Die Bestimmung der **Einzelelemente Magnesium, Calcium, Aluminium, Natrium** aus dem Überstand erfolgte im ICP-OES (JY70plus Fa. Jobin-Yvon, Unterhaching, Deutschland). Der Bodenrückstand wurde mehrfach mit Rotisol, anschließend mit destilliertem Wasser gespült. Der Rücktausch erfolgte mit Hilfe von Kaliumchlorid. Das **ausgetauschte Ammonium** wurde nach Weiterbehandlung und Anfärben (Natriumnitroprussit-katalysierte Reaktion mit Natrium-Salicylat und Natriumchloroisocyanurat; Eliminierung störender Ca- und Mg-Ionen durch Kaliumtrirat-Natriumcitrat-Lösung) bei 660nm. photometrisch (SANSplus Fa. Skalar, Breda Niederlande) bestimmt.

- **Organischer Kohlenstoff:** Die Bestimmung von organischem Kohlenstoff erfolgte mittels Elementaranalyse nach trockener Verbrennung nach DIN 10694 (1995) (Vario max Fa. Elementar, Hanau, Deutschland). Hierfür wurden zwischen 800 mg und 1g feinstvermahlene Probe eingewogen. Im Boden vorhandener Kohlenstoff wurde durch Aufheizen auf 900°C zu CO_2 oxidiert und mittels Wärmeleitfähigkeitsdetektoren gemessen. Der Anteil organischen Kohlenstoffs ergibt sich rechnerisch durch Abzug des Carbonatkohlenstoffs.

4.3.2 Pflanzensoziologische und vegetationskundliche Aufnahmen

Die Aufnahme der Vegetation erfolgte in Halle im Juli 2006, in Poznan im August 2007. Zunächst wurde für jede Fläche eine Gesamtartenliste erstellt. Anschließend wurde auf jeweils drei 2x2m großen Flächen eine pflanzensoziologische Aufnahmen angelehnt an BRAUN-BLANQUET (1964) durchgeführt. Diese 2x2m-Flächen befinden sich in unmittelbarer Nachbarschaft zu den Spots, an denen die Bodenproben entnommen wurden. Die taxonomische Bestimmung erfolgt nach ROTHMALER (1996a,b). Aufgenommen wurden Präsenz/Absenz-Daten, Mächtigkeiten bzw. Deckungsgrade sowie die Artenspezifischen ökologischen Kenngrößen („Zeigerwerte“) nach ELLENBERG (1992). Für die in ELLENBERG nicht vorkommenden Arten wurden die aktuelleren Angaben von KLOTZ ET AL. (2002) genutzt.



Abbildung 9: Bodenaufnahme, zu erkennen: Durchwurzelung nur in den oberen 20cm

4.3.3 Klima

Zur Ermittlung der klimatischen Verhältnisse im Messzeitraum 2007 wurde eine Klimastation (Delta-Logger, Fa. Thiess, Göttingen, Deutschland) aufgebaut. Der Niederschlag wurde mit Hilfe einer Kippwaage ermittelt, zusätzlich wurde ein Hellmann-Regenmesser zum Vergleich installiert. Lufttemperatur und Luftfeuchte wurden in einer Höhe von 2m mit einem Hygro- Thermogebler gemessen. Die Bodentemperatur wurde in einer Tiefe von 20 bzw. 50cm mit Hilfe eines Erdboden- Temperaturgebers mit NTC- Widerstand ermittelt. Zur Funktionsweise der einzelnen Geräte sei auf (WOHLRAB ET AL., 1992) verwiesen.

4.3.4 Bodenwasser

Die Flächen (Mikroebene) wurden in zwei Tiefen (30cm, 50cm) jeweils doppelt mit Saugkerzen und Tensiometern instrumentiert. Auf einer der Flächen (Fläche 24) war aufgrund der oberflächennahen Versiegelung ein Einbau der Bodenmeßgeräte nicht möglich. Hier wurden nur Infiltrationsmessungen durchgeführt.

- **Infiltration:** Die vertikale Infiltration wurde bestimmt mit Hilfe eines druckfreien Doppelwandinfiltrimeters (Innenringdurchmesser: 19cm, Höhe: 33cm; Eigenbau). Gemessen wurden Wasserverbrauch und Wassernachschub in Abhängigkeit von der Zeit (vgl. WOHLRAB ET AL. 1992).
- **Gewinnung von Bodenlösung:** Die Entnahme von Bodenlösung erfolgte mit Hilfe von mechanischen Kunststoffsaugkerzen (Fa. Ecotech, Bonn, Deutschland). Der Einbau erfolgte wie vielfach beschrieben (GROSSMANN, 1988; DVWK, 1990; WILSON, 1995) mit Hilfe eines Bohrstocks in 30 und 50cm Tiefe. Die Methodik wird von KOCH (2005a) detailliert beschrieben (siehe auch Kapitel 4.6).
- **Wasserspannung** Die Wasserspannung wurde ermittelt mit Hilfe von mechanischen Tensiometern (Durchmesser 20mm, Fa. Ecotech, Bonn, Deutschland). Diese bestehen aus einer porösen Keramikammer und einem wassergefüllten Plexiglasschaft, der mit einem Septumpfropfen verschlossen wird. Das Matrixpotential des Bodens ist in der Lage, Wasser durch die Keramikwand zu ziehen, im Inneren des Schafts entsteht ein Unterdruck, der der Wasserspannung äquivalent ist. Der Einbau erfolgt mit Hilfe eines Bohrstocks in definierten Tiefen, hierbei wird der Tensiometer mit Quarzsand umfüllert, um einen optimalen Kontakt zum Bodenkörper zu gewährleisten (angelehnt an DIN 19682 1999).

4.4 Statistische Methoden

In der vorliegenden Arbeit wurden univariate (Deskriptive Statistik (Lageparameter, Extrema)), bivariate (Kreuztabellen) sowie multivariate (Nichtparametrische Testverfahren Kruskal-Wallis Test, Mediantest) statistische Methoden verwendet. Die Methoden der Deskriptiven Statistik werden für eine erste Beschreibung von Datensätzen genutzt. Zusammenhänge können an dieser Stelle optisch-intuitiv erkannt werden (BAHRENBERG ET AL., 1999). Mit Hilfe von Kreuztabellen können Zusammenhänge zweier Variablen untersucht werden. Die Ausprägungen der Variablen werden in einer Tabelle entlang der Achsen „über Kreuz“ aufgelistet (vgl. BAMBERG ET AL. 2008; BÜHL 2008). Zusätzlich werden „Erwartungswerte“ berechnet, die Werte die bei einer reinen Zufallsausprägung der Variablen auftreten würden. Aus der Verteilung, mehr noch aus der Differenz zwischen erwarteten und tatsächlichen Werten ergeben sich dann Schlüsse und Interpretationsansätze. Insbesondere nominalskalierte Daten, für die kaum Auswertemöglichkeiten zur Verfügung stehen, können mit Hilfe von Kreuztabellen statistisch abgesichert ausgewertet und interpretiert werden (BÜHL, 2008).

Multivariate Methoden werden zur Ableitung von Zusammenhängen mehrerer Parameter verwendet (BÜNING & TRENKLER, 1994). Die Ausgangsfrage ist, ob sich bestimmte Gruppen hinsichtlich ihrer Variablen unterscheiden. Auch hierfür werden verteilungsfreie Testverfahren mit geringeren Anforderungen an die Daten (keine Normalverteilung vorausgesetzt, Ordinal- oder Nominalskalie-

rung) verwendet. Wie bei allen Testverfahren wird zunächst eine These („die Gruppen unterscheiden sich“) und eine Nullhypothese („die Gruppen unterscheiden sich nicht“) formuliert und ein Signifikanzniveau festgelegt. In dieser Arbeit lag das Signifikanzniveau, falls nicht anders angegeben, bei 0,5% (0,005). Der statische Test besteht darin, zu beweisen dass die Nullhypothese falsch ist. Berechnet wird die Wahrscheinlichkeit, dass die Nullhypothese zu Unrecht abgelehnt wird. Hintergrund ist, dass es fast unmöglich ist statistisch zu beweisen dass sich etwas unterscheidet, aber relativ leicht, dass es nicht gleich sein kann.

Für den Rangbasierten Kruskal-Wallis-Test werden die Daten nach Größe sortiert und Rängen zugeteilt. Die Berechnungen werden mit den Rängen durchgeführt. Trifft die Nullhypothese H_0 zu, sind die mittleren Ränge für alle Gruppen ähnlich und liegen im Bereich des Gesamt mittleren Ranges. Wird die Nullhypothese verworfen, bedeutet dies nur, dass sich mindestens eine der Stichproben von den anderen unterscheidet (vgl. SAUERWEIN 2004). Um welche es sich handelt, wird aus den „mittleren Rängen“ (Mean Ranks) der Gruppen ersichtlich. Beim Mediantest werden die Mediane der Gruppe verglichen. Trifft die Nullhypothese H_0 zu, sind die Werte in jeder Gruppe gleichmäßig um den Median verteilt, d.h. Die Hälfte der Werte jeder Gruppe liegen unter dem Median, die andere Hälfte darüber. Für eine weiterführende Beschreibung der Verfahren mit Mathematischen Herleitungen sei auf BÜNING & TRENKLER (1994) verwiesen (vgl. auch HARRES & SAUERWEIN 1994)

4.5 Verwendete Software

Als Geographisches Informationssystem wurde ArcMap9.3 (Esri, Redlands, USA) verwendet. Die statistischen Auswertungen erfolgen mit SPSS für Windows 17,0 (SPSS, Chicago, USA), die Tabellen und Abbildungen wurden mit SPSS, OpenOfficeCalc (OpenSource) sowie MSOffice (Microsoft, Redmond, USA) erstellt.

4.6 Fehlerdiskussion

GIS (Makroebene): Alle Nutzungsänderungen wurden einheitlich in einem Shapefile erfasst. Das hat Vorteile z.B. hinsichtlich Übersichtlichkeit und für die Auswertung, mehrfache Nutzungsänderung einer Fläche konnte aber nicht berücksichtigt werden. Aufgrund der Vielzahl an Bearbeitern ist ein subjektiver Fehler vor allem für die Abschätzung von Versiegelungs- und Gehölzbedeckungsgrad nicht auszuschließen. Durch Nachkartierung und Überprüfung aller Projekte wurde dieser Fehler minimiert.

Während die aktuelle Nutzung durch Geländebegehungen verifiziert werden konnte, wurde die ehemalige Nutzung durch Karten und Luftbilder bestimmt. Hierbei können Fehler bei der Zuordnung aufgetreten sein. Namentlich war es für mehrere Flächen nicht möglich, ein Alter zu bestimmen. Dies betrifft vor allem die „Häuserbrachen“, „Versiegelungsbrachen“ und „Verwilderungsbrachen“. Zusätzlich waren die Luftbilder von 2000 und 2003 nur bis 2007 online abfragbar, so dass für die später erstellten Projekte „Neustadt“ und „Heide“ diese Informationen nicht mehr genutzt werden konnten. Teilweise konnte anhand anderer Quellen (Passanten, Bücher, z.B. DOLGNER 1996 etc.) das Alter abgeleitet werden. Generell ist es für die Häuserbrachen und Versiegelungsbrachen plausi-

bel, ein höheres Alter anzunehmen (die Sukzession von versiegelten Flächen benötigt längere Zeit) (vgl. BORNKAMM 1985).

Für den Zeitschnitt „Wende“ lagen für Poznan keine Luftbilder vor. Stattdessen wurde die Topographische Karte als Grundlage verwendet. Flächen auf denen neue Gebäude entstanden bzw. Häuser entfernt wurden, ließen sich gut kartieren, schwierig war die Kartierung der Verwilderungsbrachen. Dieser Fehler wirkt sich kaum aus, da die Einschätzung nur bei 5 kleinen Flächen unklar war. Bei der Alterskartierung wurden für Halle und Poznan verschiedene Zeitschnitte kartiert (Halle: 1990-2000, 2001-2003, 2003-2006; Poznan: 1987-1998, 1999-2002, 2002-2006), da nur für diese Zeiträume Quellen vorlagen. Dies wird bei der Auswertung berücksichtigt

Flächenauswahl (Mesoebene): Während in Halle die Flächen innerhalb eines Stadtviertels („Thüringer Bahnhof“) ausgewählt wurden, wurde in Poznan die Flächenauswahl anhand einer Nord-Süd-Catena durch die Stadt ausgewählt. Dies war nötig, da in Poznan die zu beprobenden Brachflächen seltener vorkamen und weiter auseinander lagen. Ein ähnlich stark betroffenes Stadtviertel analog zum „Thüringer Bahnhof“ gab es nicht. Es wurden Flächen mit ähnlicher Ausstattung und Nutzungsgeschichte ausgewählt.

Beprobt wurden repräsentative Brachflächen, zusätzlich wurden die „unversiegelten Parkplätze“ mit in die Untersuchung aufgenommen (vgl. Kapitel 5.1), und deren Randstreifen untersucht. Die unversiegelten Parkplätze nehmen ökologisch eine Übergangstellung zwischen den genutzten Flächen und den Brachen ein. Die Parkplatzfläche ist anthropogen genutzt, während der Randstreifen Brachflächencharakter aufweist. Auf eine Untersuchung der teilweise extrem einsturzgefährdeten Häuserbrachen wurde aus Sicherheitsgründen verzichtet. Ebenso wenig konnte in Halle der Typ „verwilderte Gärten“ untersucht werden, da es am „Thüringer Bahnhof“ nur 2 Flächen dieses Typs gab, die Beide mit Zäunen und Mauern abgesperrt und nicht zugänglich waren.

Idealerweise sollten im Hauptuntersuchungsgebiet Halle drei Flächen pro Transformationstyp untersucht werden. Für den Typ „verwilderter Park“ wurden zwei geeignete Fläche gefunden. Vier der ausgewählten Flächen (Fl.2, 3, 17, 25) wurden 2007 neu bebaut und waren nicht mehr zugänglich. Das stand bei der Flächenauswahl 2006 nicht fest, und illustriert eindrucksvoll die Geschwindigkeit und Dynamik des Wandels in diesen Gebieten. Für die Untersuchung ist das ein Manko. Es wurde erwogen, die Ergebnisse dieser drei Flächen zu verwerfen, letztlich wurden sie verwendet, und diejenigen ökologischen Potentiale berechnet, für die sämtliche Parameter erfasst worden waren.

Vegetationsaufnahme: Normalerweise sollen für Vegetationsaufnahmen „Repräsentative homogene Teilflächen“ der Gesamtfläche ausgewählt werden (TREMP, 2005). Diese Vorgehensweise erweist sich für urbane Brachen als wenig zielführend: urbane Brachen sind im Normalfall extrem heterogen. Umgekehrt ausgedrückt: homogene Flächen sind nicht repräsentativ für Brachen (vgl. SUKOPP ET AL. 1974). Aus diesem Grunde wurden lediglich extrem „gestörte“ Flächen wie z.B. Fußwege verworfen. Falls möglich wurden für die Bodenuntersuchung und die Vegetationsuntersuchung dieselben Stellen gewählt.

Die Aufnahme musste aus praktischen Gründen auf zwei Vegetationsperioden (Halle 2006, Poznan 2007) verteilt werden. Aufgrund der warmen Witterung 2006 (vgl. auch MÜLLER-WESTERMEIER ET AL. 2006) war die Vegetation in Poznan frühzeitig abgeblüht und vertrocknet, eine Bestimmung

wäre nicht oder mit einer hohen Fehleranfälligkeit möglich gewesen. Eine Fehlbestimmung einzelner Arten kann trotzdem nicht ausgeschlossen werden.

Bodenaufnahme: Da aktuelle Leitungspläne für die Probeflächen nicht zur Verfügung standen, mussten die Bodenuntersuchungen aus Sicherheitsgründen auf die oberen 30 cm beschränkt werden (vgl. auch Teil IV). Lediglich auf der „Silberhöhe“, wo gesicherte Angaben vorlagen, konnten die Böden bis in 1m Tiefe untersucht werden. Auf den meisten Flächen beschränkte sich die intensive Durchwurzelung auf die oberen 20cm, während bereits im Bereich 20-30cm kaum noch Wurzeln vorkamen (vgl. Abb.9). Für die flach wurzelnden Pflanzen können mit der verwendeten Methode ohne Einschränkungen Aussagen getroffen werden. Für die tiefer wurzelnden Pflanzen, z.B. Bäume sind hingegen kaum Aussagen möglich, ebenso für die langfristige Versorgung der Flächen im Zuge der Verwitterung.

Eine Entnahme von ungestörten Bodenproben mittels Stechzylindern wurde durch die hohen Skelettgehalte der Böden unmöglich gemacht. Aus diesem Grund kann für die Proben keine Trockenrohddichte ermittelt werden. Zur Ermittlung der Bodenwasserverhältnisse wird eine mittlere Trockenrohddichte angenommen (pt3). Für den Transformationstyp „Versiegelungsbrache“ wurde keine Bodenprobe entnommen. Die Potentiale wurden hauptsächlich über die Bodendeckschicht angelehnt an DEILMANN ET AL. (2005) bestimmt. Alle Proben enthielten, teils in erheblichem Ausmaß, Kalk. Auf die Bestimmung des pH-Wertes wurde deswegen verzichtet.

Bestimmung der ökologischen Potentiale: Bei den ökologischen Potentialen handelt es sich um ordinalskalierte Werte, zwischen denen eine Rangfolge jedoch keine Verhältnismäßigkeit vorliegt (eine Fläche mit einem Wert von „4“ ist ökologisch wertvoller als Eine mit einem Wert von „2“, aber nicht doppelt so gut). Die Parameter, die zur Ableitung der ökologischen Potentiale genutzt werden, wurden nicht gewichtet. Dies stellt eine Fehlerquelle dar, denn manche Parameter wirken sich stärker aus als andere. Für eine Gewichtung fehlte aber die Grundlage, sie wäre somit zwangsweise stark subjektiv ausgefallen.

Im urbanen Raum kann es weitere ausschlaggebende Faktoren oder Einflüsse geben, die mit den gewählten Methoden nicht erfasst werden können. Ist die Fläche beispielsweise an die Kanalisation angeschlossen, wird eine Grundwasserneubildung damit (weitestgehend) zunichte gemacht (PETERS, 2008). Um solche Einflüsse auszuschließen, wurden im Vorfeld möglichst viele Informationen über die Untersuchungsflächen, auch aus der vorwendezeitlichen Phase gesammelt.

Für das Vergleichsuntersuchungsgebiet Poznan gibt es keine mit Halle vergleichbare Stadtstrukturtypenkarte. Dieser Parameter wurde direkt vor Ort anhand von Bebauungsstrukturen bestimmt.

Als schwierig erwies sich die Ermittlung des C/N-Verhältnisses (Kohlenstoffsenkenpotential). Es kann nicht zwischen Humus-Kohlenstoff und Kohlenstoff aus anderen Quellen (Black Carbon, Kohle...) unterschieden werden, die den C/N- Wert verfälschen. Da die Böden teilweise erhebliche Mengen Kohlenstoff aus anderen Quellen enthielten, konnte kein C/N-Verhältnis bestimmt werden. Darum wurde Dieses als Parameter verworfen und aus dem Bewertungsschlüssel herausgenommen.

Vergleich Wende-Aktuell Während die aktuellen Potentiale aus einer Vielzahl von Parametern berechnet wurden, wurden bei den wendezeitlichen Potentialen als einziger Parameter die „Bodendeckschicht“ als Bewertungsgrundlage verwendet. So konnten für die meisten Potentiale Werte

ermittelt werden. (Nicht möglich war dies zum Beispiel für „Kohlenstoffsenkenpotential“ und „Nährstoffversorgungspotential“. In den Fällen in denen die Flächen vollständig versiegelt waren, wurden sie auf „0“ festgesetzt.)

Diese beiden Methoden sind eingeschränkt vergleichbar. Für die ehemals versiegelten Flächen ist die Abschätzung der ökologischen Potentiale anhand der Bodendeckschicht vergleichbar. Für sie ist die Versiegelungs- und Bodendeckschicht der ausschlaggebende Parameter. Das Einbeziehen weiterer Parameter würde die Einschätzung eher verfälschen als fördern (zum Beispiel ergäbe es wenig Sinn, die Austauschkapazität von Bodenmaterial unter einer Asphaltdecke zu messen, da die Vegetation diese nicht erreichen kann).

Die **quantitative Abschätzung der Potentiale** für die Untersuchungsgebiete basiert auf den GIS- Kartierungen und den Berechnungen der ökologischen Potentiale. Um eine Vergleichbarkeit der unterschiedlich großen Untersuchungsgebiete zu gewährleisten, wurde nicht mit den absoluten Flächengrößen, sondern mit den prozentualen Anteilen an der Gesamtänderung gerechnet. Alle Fehlerquellen, wie sie weiter oben beschrieben wurden, wirken sich auf diese Berechnung aus. Für die Berechnung werden die Ergebnisse aus dem Untersuchungsgebiet Thüringer Bahnhof verwendet, die damit als für alle Untersuchungsgebiete repräsentativ angenommen werden. Für Poznan liegen die ermittelten Potentiale niedriger. Die Berechnungen ergeben entsprechend etwas zu hohe Werte für Poznan. Auch dieser Unterschied ist gering (vgl. Kapitel 7.2.3) und kann vernachlässigt werden.

Die Potentiale der anthropogen genutzten Flächen (Kategorie I) wurden nicht anhand von konkreten Flächen, sondern anhand von typischen Nutzungsstrukturen basierend auf den Bodendeckschichten abgeleitet. Im Gegensatz zu den Brachen sind die anthropogen intensiv genutzten Flächen hinsichtlich ihrer Potentiale homogen. Insofern ist die Verwendung idealisierter typischer Strukturen gerechtfertigt. Nicht berücksichtigt wurde, dass die zur Wende verwendeten Strukturen ungünstiger waren, während heute zahlreiche bauliche Maßnahmen für ein höheres ökologisches Potential dieser Flächen sorgen z.B. Verwendung von Rasengittersteinen, die Infiltration erlauben (vgl. z.B. HEBER & LEHMANN 1996; MÜNCHOW 1999; MAGNUCKI 2003; PETERS 2008; APPEL ET AL. 2008).

Die Berechnung konnte für fünf Potentiale durchgeführt werden. Sie weist zahlreiche Fehlerquellen auf, die für sich gesehen geringe Auswirkungen haben, in der Summe aber ein erhebliches Fehlerpotential bedeuten. Deswegen wird nur eine **Analyse der Entwicklungstendenzen** durchgeführt, die mit der gewählten Methodik hinreichend genau abgeschätzt werden können. Für genauere Abschätzungen sind Modellierungsansätze erforderlich, die den Umfang dieser Arbeit bei weitem überschritten hätten, für die die vorliegende Arbeit aber die Basis liefern kann.

Bodenwasser Mit Hilfe der Saugkerzen konnte bei mehrfachen Versuchen kein Bodenwasser gewonnen werden. Die Böden sind entweder skelettreich und sandig, das Sickerwasser lief zu schnell ab, oder extrem verdichtet, und Wasser kann kaum eindringen (vgl. Abb.10). Die Verwendung von Saugkerzen erwies sich für diese Flächen als nicht zweckmäßig. Die Tensiometer wurden in den Quarzsand und nicht direkt im Bodenmaterial eingebettet. Im Allgemeinen werden die Messungen dadurch nicht beeinträchtigt (ROTH, 1989). Eine Fehlerquelle stellt der Meßumfang der Tensiometer dar. Oberhalb von 850hPa. reißt der Wasserfilm zwischen Boden und Tensiometer ab, und die Tensiometer laufen leer (DIN 19682, 1999). Dies passierte bei anderen Untersuchungen



Abbildung 10: Saugkerze (Abdruck) in verdichtetem Horizont (Fl.7)

selten, (KOCH, 2005a; KRÜGER, 2009), bei dieser Untersuchung hingegen häufig, und lässt sich wiederum auf die trockenen Böden und das kaum vorhandene Bodenwasser zurückführen (siehe auch Handlungsempfehlungen und Ausblick). Für die Berechnungen wurde analog zu KOCH (2005a) ein Wert von 850hPa. angenommen, durch die Vielzahl der Extremausschläge werden die Berechnungen verzerrt. Von einer detaillierten Interpretation der Zahlenwerte wird deshalb abgesehen.

Tensiometer Nummer 8 (Fläche 23) baute keine Spannung auf, sondern lief leer, sogar während der feuchten Wintermonate. Das Problem konnte auch durch zweimaliges Umsetzen und Austausch nicht verbessert werden, weswegen die Ergebnisse dieses Tensiometer verworfen und aus der Betrachtung entfernt wurden. Beim Ausbau der Geräte zeigte sich in der Meßtiefe (30cm) ein Schutthorizont, wegen dem der Tensiometer nicht in Quarzsand eingebettet werden konnte.

Klimamessung Die Klimastation wurde aus Sicherheitsgründen (Vandalismus) nicht direkt auf der Probefläche, sondern auf dem abgesperrten Gelände des unmittelbar benachbarten „Wasserwerks“ auf einer Rasenfläche aufgestellt. Verglichen mit den Verhältnissen auf der Untersuchungsfläche kann davon ausgegangen werden, dass die Wasserversorgung der Rasenfläche etwas besser, und die Luftfeuchtigkeit etwas höher ist. Dies wird bei der Auswertung berücksichtigt. Für den Zeitraum 27.6.-16.8. konnten aufgrund eines Defekts der Messgeräte keine Daten erfasst werden. Für diese Periode wurden die Werte der Klimastation „Seeben“ verwendet.

Das Jahr 2007 wird im Klimastatusbericht (MÜLLER-WESTERMEIER ET AL., 2007) als überdurchschnittlich warm und sehr Regen- und sonnenscheinreich, und damit nicht als repräsentativ bezeichnet. Der April war extrem trocken (es fielen lediglich 7 Prozent des Gebietsmittels), der Mai extrem regenreich (MÜLLER-WESTERMEIER ET AL., 2007). Im Jahresgang konnten 9 Monate mit überdurchschnittlichen Niederschlägen beobachtet werden. Laut LÖPMEIER & TRAMPF (2007) entsprechen die Niederschlags- und Temperaturverhältnisse des Jahres 2007 (besonders im Winter) den Modellrechnungen für die Klimaszenarien 2050 bis 2100. Damit kann das Jahr 2007 als modellhaft für die Verhältnisse, die durch den Klimawandel geschaffen werden, gesehen werden.

Teil III

Ergebnisse

5 Räumliche Verteilung der Transformationsflächen (Makroebene)

5.1 Klassifizierung der Transformationstypen (Kartierschlüssel)

Existierende Klassifikationsschlüssel wurden hinsichtlich ihrer Eignung für die Fragestellungen überprüft: Der Stadtstrukturtypenansatz (BÖHM ET AL., 2001) berücksichtigt das prozessuale Geschehen ungenügend. Die Stadtstrukturen werden durch die Transformationsprozesse diversifiziert und variiert. Dies wird vom Stadtstrukturtypenansatz nicht berücksichtigt, so lange die Variation nicht so stark ist, dass die betroffene Fläche in einen anderen Stadtstrukturtyp übergeht (zum Beispiel bei der Neuversiegelung einer landwirtschaftlich genutzten Fläche). Im EU-weiten Projekt zur Kartierung von Landnutzung „Corine Landcover“ (COMMISSION OF THE EUROPEAN COMMUNITIES, 1995) werden größere Flächeneinheiten (≥ 25 ha) berücksichtigt und grob zwischen „Green urban areas“ unterschieden. Eine differenzierte und feine Unterscheidung wie für die Fragestellungen nötig, ist mit diesem Klassifikationsansatz nicht möglich. Die Biotop- und Nutzungstypenkartierung von Sachsen-Anhalt (PETERSON & LANGNER, 1992) verwendet einen detaillierteren Schlüssel, der für kleine Flächengrößen angewendet werden kann. Die aktuelle Nutzung findet Berücksichtigung, frühere Nutzung und Entwicklungsgeschichte der Flächen werden hingegen nicht einbezogen. Für urbane Brachflächen liegt eine Vielzahl verschiedener Klassifikationen vor. Die Typisierung erfolgt anhand der vorherigen Nutzung (KOWARIK, 1993; WITTIG, 1993; ZUCCHI & FLISSE, 1993; REBELE & DETTMAR, 1996), nach Zeitpunkt des Brachfallens und derzeitiger Nutzung (WITTIG, 1991) sowie nach Substrat (REBELE, 1995). Diese Klassifikationsansätze berücksichtigen ausschließlich Brachen, andere Transformationstypen lassen sich hiermit nicht klassifizieren.

Ein Klassifikationsschlüssel für Transformationsflächen muss folgende Anforderungen erfüllen: 1. Alle Transformationsflächen müssen eindeutig einer Kategorie zuordbar sein (Vollständigkeit). 2. Heutige Landnutzung, ehemalige Nutzung, die Entwicklungsdynamik sowie und ökologische Gesichtspunkte müssen in dem Schlüssel Berücksichtigung finden. 3. Die Einteilung sollte aus logistischen und finanziellen Gründen (Laborkapazität, Anwendbarkeit im Gelände etc.) möglichst einfach gehalten sein.

Keiner der vorgestellten Klassifikationsansätze erfüllt diese Voraussetzungen. Deswegen wurde ein eigener Klassifikationsschlüssel für Transformationsflächen erstellt. Dieser orientiert sich an den vorhandenen Klassifikationsansätzen (vgl. Abb. 11, vgl. auch SKUPIN & FRÜHAUF 2006). In Vorkartierungen wurden typische Nutzungs- und Entwicklungsstrukturen bestimmt und mit den in Kapitel 2.1 genannten sozialen und wirtschaftlichen Entwicklungen ver- und abgeglichen. Gleiche Strukturen wurden zu Typen zusammengefasst und hierarchisch geordnet (vgl. Abb. 11). Auf oberstem Niveau wurden die Typen nach **Intensität der heutigen anthropogenen Nutzung** differenziert. Intensiv genutzte Flächen wurden der Kategorie I („Keine Brache“), extensiv Genutzte der Kategorie II („Brache“) zugeordnet. Hiermit wird sowohl der überragenden Rolle des anthropogenen

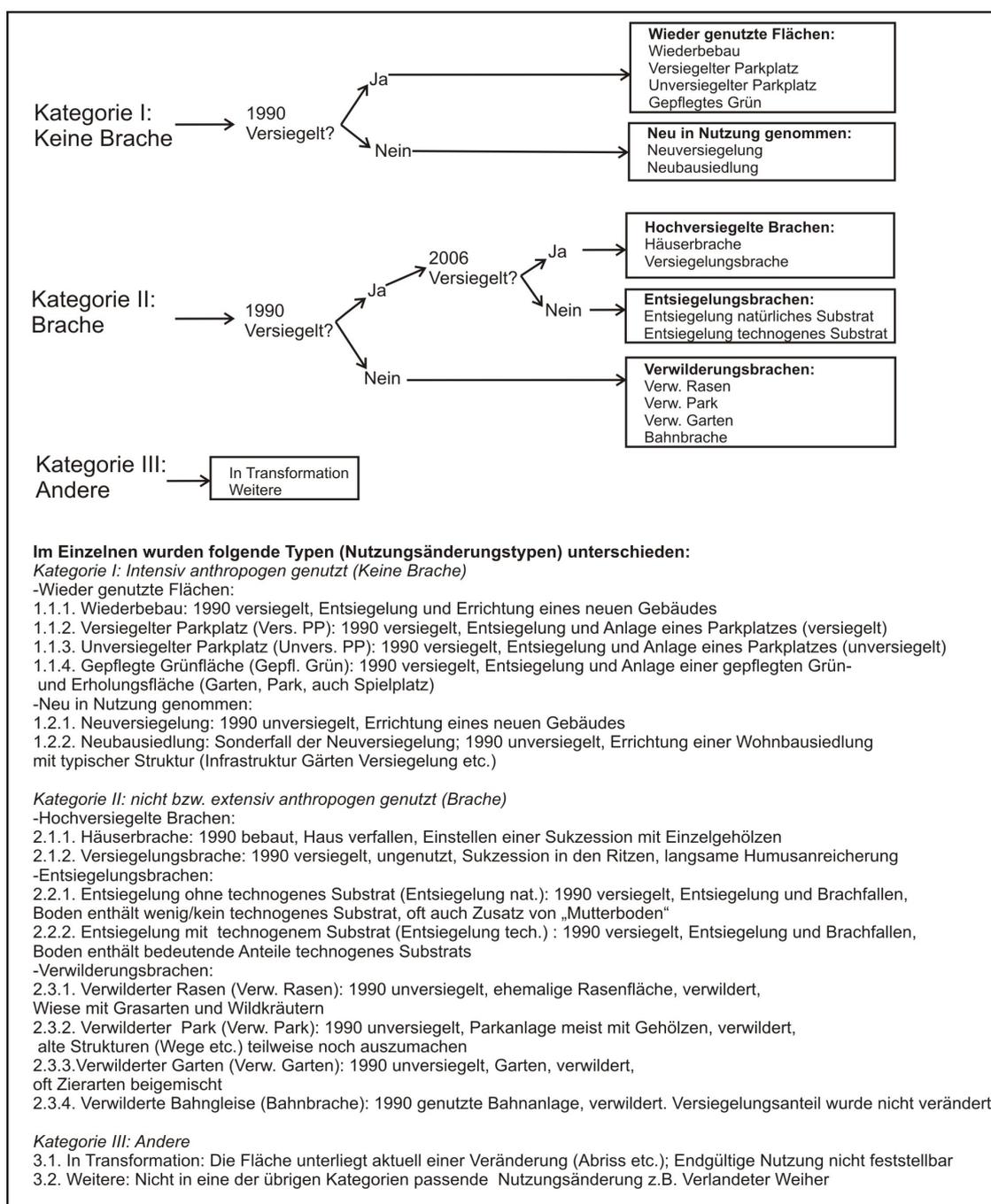


Abbildung 11: Kartierschlüssel Transformationstypen

Einfluss in urbanen Ökosystemen Rechnung getragen als auch der ökologischen Wichtigkeit der Brachen. Eine dritte Kategorie enthält diejenigen Flächen, die sich nicht eindeutig in eine der beiden Hauptkategorien einordnen lassen. Dies sind vor allem Flächen, die sich in Transformation befinden (z.B. Bau- oder Abrisstätigkeit).

Auf dem zweiten Niveau ist das Unterscheidungskriterium die **Versiegelung der Flächen zur Wende** (1991: Versiegelung ja/nein), bei den **Brachen** zusätzlich die **aktuelle Versiegelung** (2006: Versiegelung ja/nein). Die Versiegelung wurde als Unterscheidungskriterium ausgewählt, da sie eine der wichtigsten Stellgrößen für die Höhe der ökologischen Potentiale darstellt (WITTIG, 1991; BREUSTE ET AL., 2001; DEILMANN ET AL., 2005), und anhand von Luftbildern zu ermitteln

war, was für andere potentielle Kriterien (z.B. Sukzessionsstufe, Gehölzbestand) nicht möglich gewesen wäre.

Auf dem niedrigsten Niveau (**Typenniveau**) werden die einzelnen Typen unterschieden. Diese werden geordnet nach: **Wieder genutzte Fläche:** Flächen, die zur Wende intensiv genutzt wurden, und nach ihrer Transformation erneut intensiv genutzt werden; **Neu in Nutzung genommen:** Flächen, die zur Wende nicht oder extensiv genutzt wurden (unversiegelte Flächen), und nach ihrer Transformation intensiv genutzt werden; **Hochversiegelte Brache:** Brache, die zur Wende intensiv genutzt wurde (= versiegelt). Die Strukturen (Versiegelung) der ehemaligen Nutzung ist überwiegend erhalten; **Entsiegelungsbrache:** Brache, die zur Wende intensiv genutzt wurde (= versiegelt). Die Strukturen (Versiegelung) der ehemaligen Nutzung sind entfernt worden; **Verwildierungsbrache:** Brache, die zur Wende als Freifläche intensiv genutzt wurde (= unversiegelt). Die Strukturen (meist Grünstrukturen) sind verwildert; Das Substrat wurde nicht als Unterscheidungsmerkmal verwendet. Die Brachen weisen heterogenes Substrat auf, und wären in 3-4 verschiedene Kategorien einzuordnen. Die Eindeutigkeit der Zuordnung wäre damit nicht mehr gegeben.

5.2 Versiegelung und Gehölzbestand

Gehölzbestand und Versiegelungsgrad wurden mit Hilfe von Kreuztabellen mit Erwartungswerten ausgewertet. Hierbei zeigten sich Zusammenhänge zwischen Transformationstypen einerseits und Versiegelungsgrad/Gehölzbestand andererseits. Diese sind in allen Untersuchungsgebieten weitgehend gleich, und werden am Beispiel von „Gesamtstadt Halle“, dem Untersuchungsgebiet mit dem größten Datensatz, erläutert (vgl. Tab. 2,3, Gesamttabellen vgl. Anhang B).

Versiegelung Es sind zwei Schwerpunkte auszumachen (vgl. Tab. 2): Auf die Kategorie „unversiegelt“ (Versiegelungsgrad $\leq 5\%$) entfallen 22,8% der Flächen, auf „sehr stark versiegelt“ ($\geq 75\%$) 34,4% der Flächen. Erwartungsgemäß sind von ihrer Struktur her stark genutzte, bebaute Transformationstypen tendenziell stärker, unbebaute, von Vegetation geprägte Flächen hingegen tendenziell weniger versiegelt. Der Schwerpunkt der „Versiegelungsbrachen“ liegt nicht im „sehr stark versiegelten“, sondern lediglich im „mäßig“ bis „stark versiegelten“ Bereich. Den „Versiegelungsbrachen“ wurden die umgebenden schmalen Grünstreifen zugeschlagen. Dies wirkt sich vermindern auf den Versiegelungsgrad der Gesamtfläche aus. Auf vielen Flächen ist auch die Sukzession bereits stark fortgeschritten. Auch hierdurch wird die Versiegelungsrate gesenkt. Der Schwerpunkt der „Entsiegelungsbrachen“ fällt erwartungsgemäß in die Kategorie „unversiegelt“. „Gering versiegelte“ Entsiegelungsbrachen kommen ebenfalls in relevanter Menge vor (30,0 bzw. 39,1%), hierbei handelt es sich oft um ehemalige nicht vollständig entsiegelte Industrieflächen.

Tabelle 2: Versiegelungsgrad, Kreuztabelle

Transformationstyp			Un- versiegelt (<5%)	Gering Versiegelt (5-25%)	Mäßig Versiegelt (25-50%)	Stark Versiegelt (50- 75%)	Sehr stark versiegelt (>75%)
Kategorie I Keine Brache	Wiedernutzung	Wiederbebau	0,3	0,5	13,4	28,8	57,0
		Vers. Parkplatz	0,0	0,0	5,3	28,7	66,0
		Unvers. Parkplatz	41,0	39,7	17,1	0,9	1,3
		Gepfl. Grün	84,8	12,5	0,4	1,1	1,2
	Neunutzung	Neuversiegelung	0,1	2,8	6,0	34,1	57,0
		Neubausiedlung	0,0	0,0	56,1	29,8	14,1
Kategorie II Brache	Hochversiegelte Brachen	Häuserbrache	0,1	0,3	1,0	7,6	90,9
		Versiegelungsbrache	4,8	13,1	25,4	33,4	23,3
	Entsiegelungs- brachen	Entsiegelung nat.	61,7	30,0	4,0	1,3	3,1
		Entsiegelung tech.	31,3	39,1	10,1	16,2	3,3
	Verwilderungs- brachen	Verw. Rasen	82,1	17,2	0,0	0,0	0,7
		Verw. Park	27,4	30,2	40,4	0,0	1,9
		Verw. Garten	77,3	22,5	0,2	0,0	0,0
Verw. Bahnanlagen		3,0	93,2	0,8	1,1	1,9	
Kategorie III Andere	Keine Angaben	In Transformation	28,0	55,9	4,6	0,0	11,5
		Weitere	86,4	13,6	0,0	0,0	0,0
Gesamt			22,8	15,0	9,5	18,2	34,4

Gehölzbestand Die meisten Flächen sind „gehölzfrei“ (38,9%) oder nur von „Einzelgehölzen“ bestanden (50,5%) (vgl. Tab.3). „Mäßiger“ beziehungsweise „dichter Gehölzbestand“ kommt selten vor (9,1 bzw. 1,5%).

Tabelle 3: Gehölzbestand, Kreuztabelle

Transformationstyp			Gehölzfrei (0%)	Einzel- gehölz (-10%)	Mäßig gehölz- bestanden (10-50%)	Dicht gehölz- bestanden (>50%)
Kategorie I Keine Brache	Wiedernutzung	Wiederbebau	60,3	37,4	1,9	0,4
		Vers. Parkplatz	46,6	51,4	1,6	0,5
		Unvers. Parkplatz	41,2	49,5	9,3	0,0
		Gepfl. Grün	41,6	55,5	2,9	0,0
	Neunutzung	Neuversiegelung	53,6	42,5	2,5	1,3
		Neubausiedlung	24,6	59	14,9	1,5
Kategorie II Brache	Hochversiegelte Brachen	Häuserbrache	0,0	92	6,3	1,7
		Versiegelungsbrache	18,7	49,2	26,7	5,4
	Entsiegelungs- brachen	Entsiegelung nat.	38,5	46,7	10,4	4,4
		Entsiegelung tech.	31,8	61,0	7,1	0,1
	Verwilderungs- brachen	Verw. Rasen	42,7	13,6	42	2,0
		Verw. Park	4,5	47,3	30,1	18,1
		Verw. Garten	0,2	24,3	54,9	20,6
Verw. Bahnanlagen		1,9	94,6	3,5	0,0	
Kategorie III Andere	Keine Angaben	In Transformation	42,0	55,9	2,1	0,0
		Weitere	1,4	13,6	85,0	0,0
Gesamt			38,9	50,5	9,1	1,5

Die intensiv anthropogen genutzten Flächen (Kategorie I) machen den größten Anteil der gehölzfreien Flächen aus (61,8% der gehölzfreien Flächen. „Mäßig“ und „dicht gehölzbestandene“ Flächen sind größtenteils den Brachen (Kategorie II) zuzuordnen (vgl. Anhang B). Die „Häuserbrachen“ sind überwiegend (92%) mit „Einzelgehölzen“ bestanden. Der Schwerpunkt der „Entsiegelungsbrachen“

liegt im Bereich „gehölzfrei“ und „Einzelgehölz“, während auf den Verwilderungsbrachen „Einzelgehölz“ und „mäßig gehölzbestanden“ vorherrscht. Dies lässt sich auf ererbte Strukturen zurückführen. Auf den „Verwilderungsbrachen“ befanden sich bereits vor der Wende Bäume, die als Samenquelle das Aufkommen von Gehölz auf den Flächen begünstigen. Die vor der Wende versiegelten „Entsiegelungsbrachen“ waren dagegen vegetationsfrei. Bei einigen Entsiegelungsbrachen waren an den Rändern Bäume gepflanzt. Auf diesen Flächen findet sich ebenfalls ein höherer Gehölzanteil.

Bei den meisten „mittel“ und „dicht gehölzbestanden“ Flächen handelt es sich um ältere Flächen, die zwischen 1991 und 2000 entstanden sind. Im Laufe der Sukzession auf einer Fläche dominiert in den ersten Jahren krautige Vegetation, bevor sich Gehölze durchsetzen. Aus diesem Grund wird sich der Gehölzanteil im Zuge der weiteren Sukzession erhöhen.

5.3 Hauptuntersuchungsgebiet Halle

5.3.1 Thüringer Bahnhof (Gründerzeitviertel: Altindustriengebiet mit hohem Wohnanteil)

Der von der Transformation besonders stark betroffene Stadtteil Thüringer Bahnhof liegt im Zentrum von Halle südlich des Hauptbahnhofes. Prägend und namensgebend war der Güterbahnhof „Thüringer Bahnhof“, der von 1890 bis 1991 die großen Fabriken des Viertels mit dem Schienenverkehr verband (STADT HALLE, 2001b). Heute prägen zahlreiche Industrieruinen das Bild im östlichen Teil des Viertels. Im westlichen Teil werden diese durch Häuserruinen (Wohnbebauung in geschlossener Blockrandbebauung) abgelöst.

Nutzungsänderungen (Karte: Anhang 44, Abb. 13) Die Transformationsflächen summieren sich auf 78,8ha, das entspricht einem Anteil von 25,3% am Untersuchungsgebiet. Auf die Kategorie I

Tabelle 4: Nutzungsänderung Thüringer Bahnhof

Transformationstyp		Größe ha	Größe %	
Kategorie I Keine Brache	Wiedernutzung	1.1.1. Wiederbebau	14,3	18,1
		1.1.2. Vers. Parkplatz	4,2	5,3
		1.1.3. Unvers. Parkplatz	3,0	3,8
		1.1.4. Gepfl. Grün	7,9	10,1
	Neunutzung	1.2.1. Neuversiegelung	2,1	2,7
SUMME		31,5	39,9	
Kategorie II Brache	Hochversiegelte Brachen	2.1.1. Häuserbrache	7,2	9,1
		2.1.2. Versiegelungsbrache	5,8	7,3
	Entsiegelungsbrachen	2.2.1. Entsiegelung nat.	12,7	16,2
		2.2.2. Entsiegelung tech.	15,2	19,3
	Verwilderungsbrachen	2.3.1. Verw. Rasen	2,0	2,6
		2.3.3. Verw. Garten	0,3	0,4
		2.3.4. Verw. Bahnanlagen	4,1	5,3
SUMME		47,3	60,2	
GESAMT		78,8	100,1	

„keine Brachen“ entfallen 39,9%, auf Kategorie „Brachen“ 60,2%. Kategorie III („Weitere“) kommt im Untersuchungsgebiet nicht vor. Innerhalb der Kategorie „Keine Brachen“ dominieren die Transformationstypen „Wiederbebau“ (18,1%) und „Gepflegtes Grün“ (10,1%). „Neunutzung“ ist nur ge-

ringfügig vertreten (2,7%). Innerhalb der Kategorie II „Brachen“ kommen vor allem „Entsiegelungsbrachen“ mit 35,5% verstärkt vor (16,2 und 19,3%). Die „Versiegelungsbrachen“ erreichen 16,4% (9,1 und 7,3%). „Verwilderungsbrachen“ sind nur in geringer Zahl und Größe vorhanden (insges. 8,3%), hierbei entfällt auf die „verwilderten Bahnanlagen“ der größte Anteil (5,3%).

Stadtstrukturtypen Die Stadtstrukturtypenkartierung von SAUERWEIN (2004) zeigt, dass im Untersuchungsgebiet 39,4% der Gesamtfläche auf Wohnnutzung entfällt, nur 25,2% auf Industrie- und Gewerbeflächen. Aber die Transformationsflächen konzentrieren sich auf den „Industrie- und Gewerbeflächen“ (IGF: 43,8%), während nur 14% auf Wohnbebauung (=„Blockbebauung“ OBB, GBB, GBR) entfallen (vgl. Tab.5). Ebenfalls stark vertreten sind die Transformationsflächen auf den Strukturtypen „Häuserbrachen“ (HBR: 19,3%), „öffentliche Einrichtungen“ (OEE: 11,8%) sowie „Eisenbahnanlagen“ (EBA: 10,3%).

Tabelle 5: Prozentuale Verteilung auf Stadtstrukturtypen

Transformationstyp			Stadtstrukturtyp %						
			Wohn	IGF	OEE	HBR	GPA	EBA	Summe
Kategorie I Keine Brache	Wiedernutzung	1.1.1. Wiederbebau	16,7	30,6	35,5	17,2	0,0	0,0	100,0
		1.1.2. Vers. Parkplatz	22,5	57,7	12,0	7,9	0,0	0,0	100,1
		1.1.3. Unvers. Parkplatz	17,0	34,5	0,0	48,5	0,0	0,0	100,0
		1.1.4. Gepfl. Grün	7,0	3,6	16,0	0,0	0,0	73,4	100,0
	Neunutzung	1.2.1. Neuversiegelung	2,0	0	98,0	0,0	0,0	0,0	100,0
Kategorie II Brache	Hochversiegelte Brachen	2.1.1. Häuserbrache	33,7	58,1	0,6	7,6	0,0	0,0	100,0
		2.1.2. Versiegelungsbrache	7,5	76,8	0,0	15,7	0,0	0,0	100,0
	Entsiegelungs- brachen	2.2.1. Entsiegelung nat.	18,9	50,8	0,0	30,3	0,0	0,0	100,0
		2.2.2. Entsiegelung tech.	6,8	57,8	0,7	34,6	0,0	0,0	99,9
	Verwilderungs- brachen	2.3.1. Verw. Rasen	15,5	39,2	10,3	0,0	34,9	0,0	99,9
		2.3.3. Verw. Garten	0,0	100	0,0	0,0	0,0	0,0	100,0
		2.3.4. Verw. Bahnanlagen	0,0	35,1	0,0	10,5	0,0	54,4	100,0
Gesamt			14,0	43,8	11,8	19,3	0,9	10,3	100,1

Altersstruktur (Tabelle in Anh.B) Abb.12 zeigt die Verteilung der einzelnen Typen auf die drei Zeitabschnitte. Die höchste Nutzungsänderungsrate fand sich zwischen 1991 und 2000 (5,6ha/a). In den Jahren 2001 bis 2003 sank sie auf 3,8ha/a, in den Jahren 2004-2006 erneut auf 2,1ha/a. Für insgesamt 10,6ha war es nicht möglich ein Alter zu bestimmen. In der ersten Phase (1991-2000) sind alle Transformationstypen vertreten. In der Zeit zwischen 2000-2003 kommen einige Typen nur noch marginal (z.B. „Gepflegtes Grün“, „Versiegelungsbrache“) bzw. gar nicht mehr vor („Verwilderungsbrachen“, „Neuversiegelung“, „unversiegelter Parkplatz“). Leichten Rückgang verzeichnen die Flächen des Typs „Wiedernutzung“ sowie „versiegelter Parkplatz“. Kein Rückgang hingegen ist für die „Entsiegelungsbrachen“ zu verzeichnen. In der dritten Phase verzeichnen „unversiegelte Parkplätze“ und „Wiederbebau“ einen bedeutenden Anstieg. Brachen entstehen in diesem Zeitraum nur noch wenige.

Auswertung Die Transformationsprozesse konzentrierten sich vor allem im Bereich der industriegenutzten Flächen. Hierzu gehören die Flächen des Stadtstrukturtyps „Industrie und Gewerbe“ (43,8%), „Eisenbahnanlagen“ als Verbindung der Industrieanlagen mit dem Fernverkehr über den

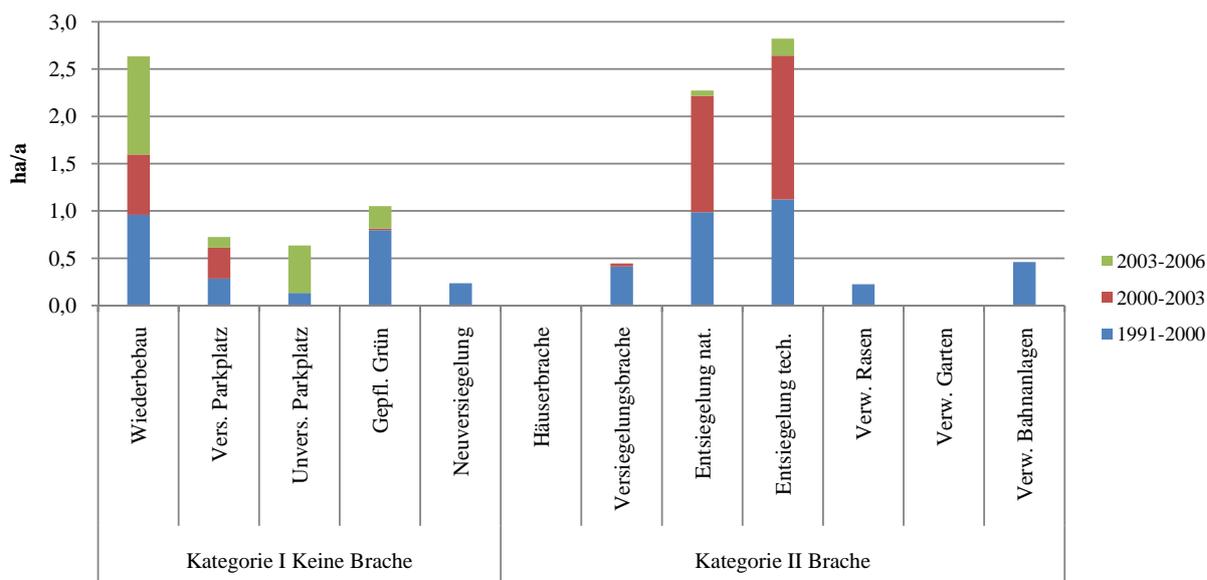


Abbildung 12: Altersstruktur Transformationsflächen Thüringer Bahnhof

ebenfalls im Gebiet befindlichen stillgelegten Güterbahnhof „Thüringer Bahnhof“ (10,3%), sowie ein großer Teil der „Häuserbrachen“, die ehemaligen Industriegebäude (19,3%). Damit summieren sich die durch Industrie geprägten Transformationsflächen auf über 70% Anteil. Nach der Wende und der flächendeckenden Deindustrialisierung wurden diese Flächen nicht mehr benötigt („Versiegelungsbrachen“). Teilweise wurden sie entsiegelt („Entsiegelungsbrachen“). Die Bahnanlagen verwilderten („verw. Bahnanlagen“), das Gelände des Güterbahnhofs sowie ein Teil des Gleissystems wurden zu einer 5,9ha großen Parkanlage umfunktioniert („Gepflegtes Grün“). Abgesehen von den Bahnbrachen kommen kaum „Verwilderungsbrachen“ vor. Grund hierfür ist der insgesamt geringe Freiflächenanteil im Gebiet (die einzige Große Grünanlage ist der Südfriedhof). Bei den wenigen existierenden Verwilderungsbrachen handelt es sich hauptsächlich ehemalige repräsentative Eingangsbereiche der großen Fabriken.

Zum Teil und in geringerem Umfang wurden die ehemaligen Industrieflächen auch neu genutzt. Neben der Anlage von „Gepflegtem Grün“ wurden sie vor allem wieder bebaut („Wiederbebau“: 18,1%). Hierbei handelt es sich größtenteils um öffentliche Gebäude, wie Justizzentrum oder Krankenhaus und Infrastruktureinrichtungen, z.B. Einkaufszentren (Sst: Öffentliche Einrichtungen). Wohnraum entstand nur in geringem Umfang, aufgrund Bevölkerungsverlust und hohem Leerstand im Untersuchungsgebiet bestand keine Veranlassung für den Bau von Wohnungen. Weiterhin entstanden „versiegelte“ und „unversiegelte Parkplätze“ (insgesamt 9,1%). Hierbei handelt es sich zum einen um zu Einzelhandelseinrichtungen und Firmen zugehörige Parkplätze (hauptsächlich „versiegelte“), zum anderen um „wilde Parkplätze“ („unversiegelte“). Nur wenige Flächen wurden neu in Nutzung genommen und versiegelt, die Kategorie „Neunutzung“ ist entsprechend marginal vertreten (2,7%). Dies begründet sich in der für gründerzeitliche Bebauungsstrukturen typischen hohen Bebauungsdichte mit hohen Versiegelungs- und geringen Freiflächenanteilen, die nur geringe Potentiale für weitere Verdichtung boten.

Anhand der Alterskartierung lassen sich die beschriebenen Entwicklungen zeitlich einordnen: In der

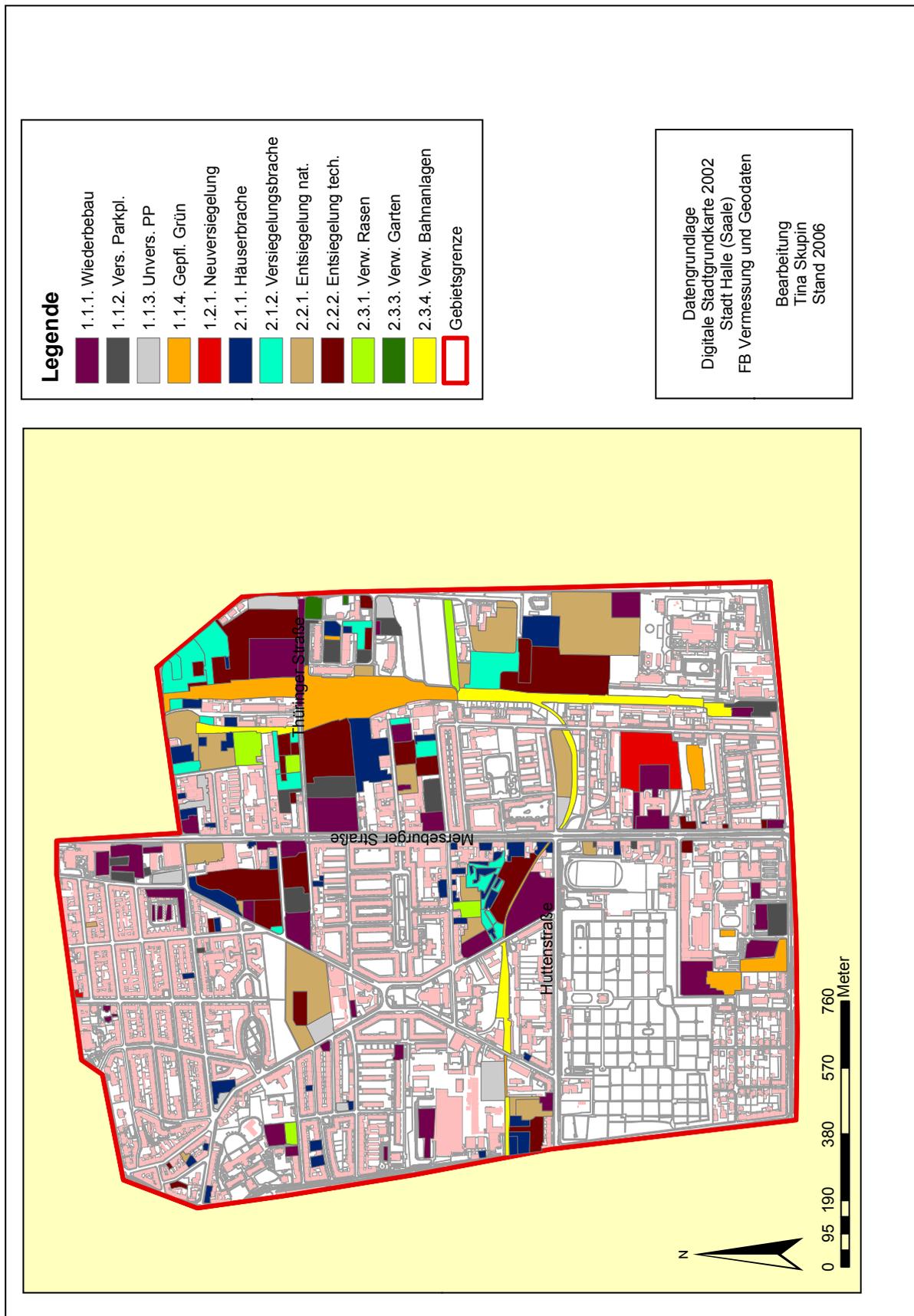


Abbildung 13: Übersichtskarte Nutzungsänderung Thüringer Bahnhof

ersten Phase von 1991-2000 fanden die größten Nutzungsänderungen statt.



Abbildung 14: Häuserbrache

Dies fällt zusammen mit der flächendeckenden Deindustrialisierung (vgl. Kap.2.1). In dieser ersten Phase sind alle Transformationstypen vertreten. Gleichzeitig wurden viele Bauprojekte realisiert, v.a. im Bereich der Infrastruktur. Dies spiegelt sich wieder in dem hohen Wert für „Wiederbebau“ und „Neuersiegelung“. Auch die Anlage des Parks „Thüringer Bahnhof“ fällt in diesen Zeitabschnitt. In der zweiten Phase von 2000-2003 sinkt die Änderungsrate auf 3,8ha/a. Die wichtigsten Prozesse sind weiterer „Wiederbebau“ (mit dazugehörigen Parkplätzen) und Entsiegelung von Altindustrieflä-

chen auch von Seiten der Stadtverwaltung. In der dritten Phase seit 2003 sinken die Änderungsraten weiter. Hier spielen nur noch die Typen „Wiederbebau“, und damit verbundene Anlage von „Parkplätzen“ und Grünstreifen („gepflegtes Grün“) eine Rolle. „Entsiegelungsbrachen“ entstehen kaum noch. Dies ist begründet in der zunehmend prekären Finanzlage der Stadt, die solche Ausgaben nicht mehr zulässt. Aufgrund ihrer ehemaligen industriellen Nutzung sind zahlreiche Flächen im Untersuchungsgebiet kontaminiert, und sollen auch aus diesem Grund nicht entsiegelt werden.

Prognose Die Tendenz zur Neunutzung der Flächen setzt sich fort, mehrere Flächen wurden seit der Kartierung wieder in Gebrauch genommen (Restaurierung der Häuserbrachen, Wiederbebau). Diese Entwicklung wird aber nicht ausreichen, um in absehbarer Zeit alle entstandenen Brachen einer neuen Nutzung zuzuführen. Brachen werden mittelfristig Teil des Stadtbildes am Thüringer Bahnhof bleiben. Neue Brachen werden nur in geringem Ausmaß entstehen, vor allem durch Abriss der Häuserbrachen.

Fazit das Gebiet „Thüringer Bahnhof“ ist vor allem von Deindustrialisierung geprägt. Wichtigste Manifestationen sind:

- Entstehen von sehr großen Freiflächen (dominierender Prozess)
- Wiederbebau (v.a. mit Infrastruktureinrichtungen)
- Neue Funktionalität für nicht mehr benötigte Flächen (z.B. Park ehem. Thüringer Bahnhof)

5.3.2 Silberhöhe (Großwohnsiedlung in Plattenbauweise)

Das etwa 5km vom Stadtzentrum entfernt gelegene Untersuchungsgebiet Silberhöhe hat eine Größe von 203,7ha. Es wird geprägt von Plattenbauten, die vor allem im zentralen Teil durch Grünflächen aufgelockert werden. Der Stadtteil Silberhöhe entstand auf ehemals landwirtschaftlich genutzten Flächen zwischen 1975 und 1989 (GEISS ET AL., 2002) als (monofunktionale) Wohnsiedlung vor allem für die Arbeiter der nahe gelegenen Chemiewerke in Leuna und Buna. Als Folge des Einwohnerschwunds (der Stadtteil verlor bis 2005 rund 60% seiner Einwohner), wurden im Rahmen von Stadtumbau Ost bis Ende 2005 3638 Wohneinheiten abgerissen, bis 2010 ist der Abriss von ins-

gesamt ca. 7000 Wohneinheiten vorgesehen (STADT HALLE, 2006b). Gleichzeitig soll eine stärkere Durchgrünung und ein Anschluss an den angrenzenden Grünzug der Elster-Saale-Aue („Waldstadt Silberhöhe“) die Attraktivität des Viertels stärken und so weiterem Einwohnerschwund entgegenwirken (vgl. STADT HALLE 2005).

Nutzungsänderungen (Karte: Anhang, Abb.44, Tab.6) Die Transformationsflächen umfassen 21,6ha (entspricht ca. 10,6% Anteil an der Gesamtfläche). Der überwiegende Anteil, 54,2%, entfällt auf die Kategorie I (Keine Brachen), 38,8% entfällt auf die Kategorie II (Brachen), 6,9% werden Kategorie III (Weitere) zugeordnet.

Innerhalb Kategorie I kommen vor allem „Neuversiegelung“ (31,0%) und „Gepflegtes Grün“ (19,6%)

Tabelle 6: Nutzungsänderung Silberhöhe

Transformationstyp		Größe ha	Größe %	
Kategorie I Keine Brache	Wiedernutzung	1.1.1. Wiederbebau	0,5	2,1
		1.1.2. Vers. Parkplatz	0,3	1,5
		1.1.4. Gepfl. Grün	4,2	19,6
	Neunutzung	1.2.1. Neuversiegelung	6,7	31,0
SUMME		11,7	54,2	
Kategorie II Brache	Hochversiegelte Brachen	2.1.1. Häuserbrache	0,4	1,9
	Entsiegelungsbrachen	2.2.2. Entsiegelung tech.	4,9	22,5
		Verwilderungsbrachen	2.3.1. Verw. Rasen	0,4
	2.3.2. Verw. Park		2,7	12,4
	SUMME		8,4	38,8
Kategorie III Andere	Andere	3.1. In Transformation	1,5	6,9
SUMME		1,5	6,9	
GESAMT		21,6	100,0	

vor. Die übrigen Kategorien sind nur wenig („Wiederbebau“, „Versiegelter Parkplatz“) bzw. überhaupt nicht („Neubausiedlung“, „unvers. Parkp.“) vertreten.

Innerhalb der Kategorie II (Brachen) haben „Entsiegelungsbrachen mit technogenem Substrat“ einen hohen Anteil (22,5%), gefolgt von den „verwilderten Parks“ (12,4%). „Häuserbrachen“ und „verwilderte Rasenflächen“ nehmen einen geringeren Stellenwert ein (1,9% bzw. 2,0%). Die Kategorien „verwilderte Bahnanlagen“, „Versiegelungsbrachen“ sowie „Entsiegelungsbrachen mit natürlichem Substrat“ kommen im Gebiet nicht vor. 6,9% der Flächen entfallen auf Kategorie III („Weitere“), hierbei handelt es sich ausnahmslos um leergezogene und für den Abriss vorbereitete Gebäude (Kategorie „In Transformation“)

Stadtstrukturtypen Die Transformationsflächen befinden sich lediglich in drei Stadtstrukturtypen, „Großwohnsiedlung“ (GWS: 61,1%), „Industrie- und Gewerbe“ (IGF: 12,1%) sowie „Öffentliche Einrichtungen“ (OEE: 21,4%) (Tab.7). Änderungstypen Der Stadtstrukturtyp „Großwohnsiedlung“ dominiert sämtliche Transformationstypen, außer „Häuserbrachen“ sowie „verwilderte Parks“. Letztere befinden sich überwiegend (zu 76,3% bzw. 68,1%) im Bereich „Öffentliche Einrichtungen“.

Tabelle 7: Prozentuale Verteilung auf Stadtstrukturtypen

Transformationstyp			Stadtstrukturtyp			
			GWS	IGF	OEE	Summe
Kategorie I Keine Brache	Wiedernutzung	1.1.1. Wiederbebau	100,0	0	0	100,0
		1.1.2. Vers. Parkplatz	100,0	0	0	100,0
		1.1.4. Gepfl. Grün	100,0	0	0	100,0
	Neunutzung	1.2.1. Neuversiegelung	28,6	18,8	37,1	84,5
Kategorie II Brache	Hochversiegelte Brachen	2.1.1. Häuserbrache	23,7	0	76,3	100,0
	Entsiegelungs-brachen	2.2.2. Entsiegelung tech.	72,5	27,5	0,0	100,0
		2.3.1. Verw. Rasen	100	0	0	100,0
	Verwilderungs-brachen	2.3.2. Verw. Park	31,9	0	68,1	100,0
Gesamt		61,1	12,0	21,4	94,5	

Altersstruktur (Tabelle in Anh.B) Die Änderungsrate betrug 0,2ha/a im ersten Zeitabschnitt von 1991-2000, 2,3ha/a im zweiten Abschnitt, 4,2ha/a seit 2003 (vgl. Abb.15). In der ersten Phase (1991-2000) kommt lediglich der Typ „Entsiegelung tech.“ und in sehr geringem Umfang „Wiederbebau“ vor. Die zweite Phase (2001-2003) wird von der „Neuversiegelung“ dominiert, die allein 2,2ha/a ausmacht. In der dritten und intensivsten Phase kommen alle im Untersuchungsgebiet vorhandenen Typen vor. Besonders dominieren die „technogenen Entsiegelungsbrachen“ (1,2ha/a), die „gepflegten Grünflächen“ (1,4ha/a), sowie „verwilderter Park“ (0,9ha/a).

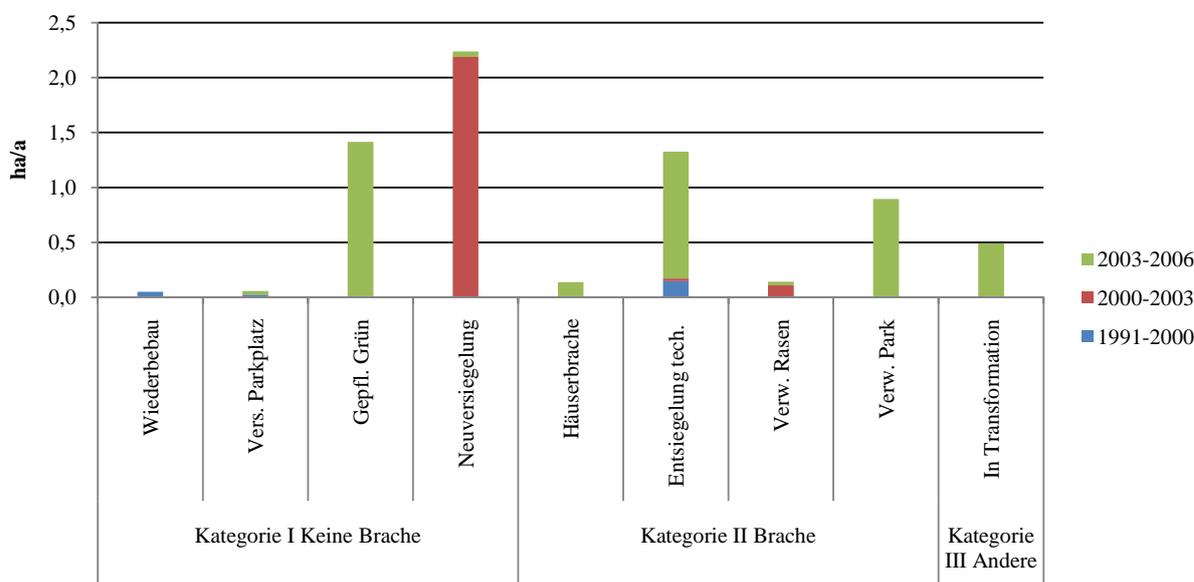


Abbildung 15: Altersstruktur Transformationsflächen Silberhöhe

Auswertung Die Transformationsflächen liegen hauptsächlich innerhalb des Strukturtyps „Großwohnsiedlung“. Im Gegensatz zum Untersuchungsgebiet „Thüringer Bahnhof“ findet die Transformation in „Silberhöhe“ vor allem in den Wohnbereichen statt. Von dem Bevölkerungsverlust nach der Wende ist die Silberhöhe in besonders starkem Ausmaß betroffen. Die leer stehenden Gebäude werden abgerissen. In den zentralen Stadtbereichen wird auf den entstandenen Freiflächen Mutter-

boden aufgetragen, und Rasen eingesät („Gepflegtes Grün“). Die am Rande der Siedlung gelegenen Flächen werden nicht eingesät, hier entstehen technogene Brachen. Verschiedene neue Nutzungen werden ausprobiert, zum Beispiel das erwähnte Projekt „Waldstadt Silberhöhe“, in dem durch Baumpflanzung ein harmonischer Übergang der Stadt ins Umland geschaffen werden und Lebensqualität in Silberhöhe gehoben werden soll.

Die Typen „Häuserbrachen“ und „verwilderte Parks“ liegen meist in unmittelbarer räumlicher Nachbarschaft. Sie befinden sich überwiegend nicht im Strukturtyp „Großwohnsiedlung“, sondern im Strukturtyp „Öffentliche Einrichtungen“. Es handelt sich um ehemalige Schulen und zugehörige Schulhofflächen, die aufgrund der geringeren Bevölkerungszahl aufgegeben werden mussten.

Entgegen der Erwartung ist der Anteil der „Neuversiegelten Flächen“ hoch (31%), gilt doch die Silberhöhe in der allgemeinen Wahrnehmung als typisches Beispiel für „Shrinking“. Wie am „Thüringer Bahnhof“ handelt es sich hierbei vor allem um Einrichtungen der sozialen Infrastruktur, wie Einkaufszentren. Als „Schlafstadt“ war die Silberhöhe mit solchen Einrichtungen besonders unterversorgt. Dies wurde nach der Wende „nachgeholt“. Anders als am Thüringer Bahnhof, an dem die extrem verdichtete Stadtbebauung wenig Neuversiegelung zulässt, ist die Silberhöhe am Stadtrand und aufgelockerter gebaut. Deswegen wurde hier stärker auf unversiegelte Flächen zurückgegriffen. Auch in der Silberhöhe lassen sich für die drei untersuchten Zeitschnitte verschiedene Prozess bzw. Schwerpunkte erkennen:

1. Phase (1991-2000): In dieser Phase ist nur geringe Dynamik zu beobachten. Auf einigen zentral gelegenen Flächen erfolgt „Wiederbebau“. Im Nordosten des Stadtteils wird eine größere Industrie- fläche aufgegeben und entsiegelt (technogene Brache).
2. Phase (2000-2003): In dieser Phase fand vor allem die Neuversiegelung statt. Hierbei handelt es sich fast ausschließlich um Geschäfte (Baumarkt, Parkhaus, Einzelhandelsdiscounter), außerdem kleinere Gewerbeflächen.
3. Phase (2003-2006): Motor in dieser Phase ist der anhaltende Bevölkerungsschwund und die Fördermittel aus dem „Stadtumbau Ost“: Zahlreiche Wohnhäuser werden rückgebaut, auf den Flächen wird Rasen eingesät („Gepflegtes Grün“). In den Randbereichen erfolgt zum Teil keine Nachnutzung, teilweise werden neuartige Projekte angestoßen (Waldstadt Silberhöhe). Aufgrund des anhaltenden Bevölkerungsschwundes geht auch die Anzahl der schulpflichtigen Kinder zurück. In der Folge werden Schulen geschlossen („Häuserbrache“), die umliegenden Flächen verwildern („Verw. Park“). Die „Neuversiegelung“ sinkt stark, aufgrund der gesunkenen Kaufkraft besteht kein weiterer Bedarf für zusätzliche Einzelhandelseinrichtungen.

Prognose Die Gebäude auf allen mit „in Transformation“ bezeichneten Flächen (leer gezogene und für den Abriss vorbereitete Gebäude) wurden zwischenzeitlich abgerissen. Auf den meisten Flächen wurden gepflegte Grünflächen angelegt. Die im westlichen Teil gelegenen Flächen wurden nicht nachbehandelt. Wenn die Flächen nicht noch nachbehandelt werden, entstehen hier technogene Brachen, andernfalls gepflegte Grünflächen. Abgesehen davon setzt sich der Trend von 2003-2006 (Rückbau mit Mitteln aus Stadtumbau Ost, Entstehen von Grünflächen und Brachen) fort.

Fazit Die Veränderungen im Untersuchungsgebiet Silberhöhe lassen sich vor allem auf den starken Bevölkerungsrückgang einerseits, auf Einrichtung der ehemals fehlenden Infrastruktur andererseits zurückführen. Die wichtigsten Manifestationen:

- Entdichtung der Strukturen und Anlage großer Grünflächen (dominant)
- Neubau von Infrastruktureinrichtungen (dominant)
- neuartige Wege und Projekte in der Stadtentwicklung (Beispiel „Waldstadt“)

5.3.3 Halle-Gesamt

Nutzungsänderungen (Karte auf beigelegter CD, Tab.8) Die Transformationsflächen summieren sich auf 642ha (6,4% der untersuchten Fläche). Der überwiegende Teil (59%) entfällt auf Kategorie I (Keine Brache), Kategorie II (Brachen) umfassen 36%. 5% entfällt auf Kategorie III (Weitere). Innerhalb Kategorie I dominiert die „Wiedernutzung“ (39%). Hiervon entfallen über die Hälfte (20,5%) auf „Wiederbebau“, 9,8% auf „Gepflegte Grünflächen“. Die „Neunutzung“ beläuft sich auf 20%. Diese ehemals unversiegelten Flächen liegen vornehmlich im peripheren Stadtbereich.

In Kategorie II dominieren die „Entsiegelungsbrachen“ (16,0%) vor den „Hochversiegelten Brachen“ (12,8%). Die Verwilderungsbrachen sind mit 7,1% weniger stark vertreten. Hier dominieren die „Bahnbrachen“ (3,8%).

Tabelle 8: Nutzungsänderung Halle

Transformationstyp		Größe ha	Größe %	
Kategorie I Keine Brache	Wiedernutzung	1.1.1. Wiederbebau	131,8	20,5
		1.1.2. Vers. Parkplatz	38,7	6,0
		1.1.3. Unvers. Parkplatz	17,0	2,6
		1.1.4. Gepfl. Grün	63,1	9,8
	Neunutzung	1.2.1. Neuversiegelung	106,0	16,5
		1.2.2. Neubauesiedlung	22,3	3,5
SUMME		378,8	59,0	
Kategorie II Brache	Hochversiegelte Brachen	2.1.1. Häuserbrache	45,8	7,1
		2.1.2. Versiegelungsbrache	36,8	5,7
	Entsiegelungsbrachen	2.2.1. Entsiegelung nat.	56,5	8,8
		2.2.2. Entsiegelung tech.	46,4	7,2
	Verwilderungsbrachen	2.3.1. Verw. Rasen	13,5	2,1
		2.3.2. Verw. Park	4,5	0,7
		2.3.3. Verw. Garten	3,2	0,5
		2.3.4. Verw. Bahnanlagen	24,5	3,8
SUMME		231,3	36,0	
Kategorie III Andere	Andere	3.1. In Transformation	15,8	2,5
		3.2. Weitere	16,6	2,6
	SUMME		32,4	5,0
GESAMT		642,5	100,0	

Stadtstrukturtypen Die Nutzungsänderungen kommen überwiegend in den Strukturtypen „Industrie und Gewerbe“ (27,3%), „Ein- und Zweifamilienhaus“ (10,4%), „Blockbebau“ (8,8%), „Großwohnsiedlungen“ (5,2%), „Öffentliche Einrichtungen“ (11,1%), „Grünflächen und Parkanlagen“ (9,2%) sowie „Häuserbrachen“ (6,1%) vor (vgl. Tab.9). Innerhalb des Strukturtyps „Industrie und Gewerbe“ verteilen sich die Flächen relativ gleichmäßig zwischen Kategorie I (12,59%) und Kategorie II

(14,69%).

„Wiederbebau“ findet zu 27,6% auf ehemaligen Industrieflächen („Industrie und Gewerbe“) statt. Zu

Tabelle 9: Prozentuale Verteilung auf Stadtstrukturtypen

Transformationstyp			Stadtstrukturtyp							Summe
			Block	GWS	EZF	IGF	OEE	HBR	GPA	
Kategorie I Keine Brache	Wiedernutzung	1.1.1. Wiederbebau	10,7	2,5	18,6	27,6	13,9	2,1	0,2	75,6
		1.1.2. Vers. Parkplatz	6,3	0,9	0,6	73,2	8,9	1,3	0,0	91,2
		1.1.3. Unvers. Parkplatz	17,6	0,0	8,7	29,5	11,2	9,8	0,3	77,1
		1.1.4. Gepfl. Grün	0,4	21,4	1,4	1,1	4,4	0,0	60,8	89,5
	Neunutzung	1.2.1. Neuversiegelung	3,4	3,5	23,5	10,0	23,6	0,0	10,0	74,0
		1.2.2. Neubausiedlung	29,0	0,0	54,2	0,0	0,0	0,0	5,2	88,4
Kategorie II Brache	Hochversiegelte Brachen	2.1.1. Häuserbrache	25,9	2,3	0,5	39,6	3,2	13,1	0,3	84,9
		2.1.2. Versiegelungsbrache	4,7	1,1	0,0	70,3	5,4	13,8	1,5	96,8
	Entsiegelungs- brachen	2.2.1. Entsiegelung nat.	14,0	3,2	2,4	29,5	13,4	10,9	0,6	74,0
		2.2.2. Entsiegelung tech.	6,1	9,7	0,2	49,8	5,1	16,2	0,1	87,2
	Verwilderungs- brachen	2.3.1. Verw. Rasen	3,2	8,5	1,9	47,2	12,7	0,0	8,3	81,8
		2.3.2. Verw. Park	11,5	20,4	3,9	7,3	54,0	0,0	0,0	97,1
		2.3.3. Verw. Garten	45,6	0,0	15,6	17,8	0,0	0,0	7,1	86,1
		2.3.4. Verw. Bahnanlagen	0,0	0,0	0,0	13,3	0,0	1,8	0,0	15,1
Kategorie III Andere	Keine Angaben	3.1. In Transformation	0,0	16,2	0,0	0,0	0,1	55,9	24,3	96,5
		3.2. Weitere	0,0	0,0	0,0	0,0	13,6	0,0	13,0	26,6
Gesamt			8,8	5,2	10,4	27,3	11,1	6,1	9,2	78,1

10,7% werden die alten Blockbebauungen verjüngt („Block“). 18,6% befinden sich im Strukturtyp „Ein- und Zweifamilienhäuser“. 13,9% nimmt „Wiederbebau“ im Strukturtyp „Öffentliche Einrichtungen“ ein.

Die „versiegelten Parkplätze“ finden sich zu 73,2% im Stadtstrukturtyp „Industrie- und Gewerbe“, dieser Strukturtyp dominiert auch bei den „unversiegelten Parkplätze“ (29,5%). Die „gepflegten Grünflächen“ finden sich erwartungsgemäß zum größten Teil im Strukturtyp „Grünflächen und Parkanlagen“ (60,8%), außerdem im Strukturtyp „Großwohnsiedlung“ (21,4%). Die Kategorie „Neuversiegelung“ findet sich schwerpunktmäßig in den Strukturtypen „Öffentliche Einrichtungen“ (23,6%) und „Ein- und Zweifamilienhäuser“ (23,5%), der Typ „Neubausiedlungen“ in den Strukturtypen „Ein- und Zweifamilienhäuser“ (54,2%) sowie „Blockbebauung“ (29%).

Die Brachen haben fast alle einen Schwerpunkt im Strukturtyp „Industrie- und Gewerbe“. Die „Häuserbrachen“ liegen zu 39,6% im Strukturtyp „Industrie- und Gewerbe“, zu 25,9% im „Blockbebau“, während der Strukturtyp „Häuserbrache“ lediglich 13,1% ausmacht. Die „Versiegelungsbrachen“ liegen zu 70,3% im Strukturtyp „Industrieflächen“. Auch die „Entsiegelungsbrachen mit natürlichem Substrat“ (Entsiegelung nat.) haben ihren Schwerpunkt auf den „Industrie- und Gewerbeflächen“, dieser ist mit 29,5% Anteil aber vergleichsweise schwach ausgeprägt. Die „Entsiegelungsbrachen mit technogenem Substrat“ (Entsiegelung tech.) liegen schwerpunktmäßig im Bereich der „Industrie- und Gewerbeflächen“ (49,8%), weiterhin im Typ „Häuserbrache“ (16,2%) und „Großwohnsiedlung“ (9,7%).

Der Typ „verwilderter Rasen“ liegt zu 47,2% im Strukturtyp „Industrie- und Gewerbe“. Der Typ „verwilderter Park“, hat als einziger seinen Schwerpunkt nicht im Strukturtyp „Industrie- und Gewerbe“, sondern im Typ „Öffentliche Einrichtungen“. Die „verwilderten Bahnanlagen“ finden sich

erwartungsgemäß vor allem im Strukturtyp „Eisenbahnanlagen“ (83,1%, vgl. Anhang).

Altersstruktur (Tabelle in Anh.B) Im Zeitraum von 1991-2000 unterlagen 41,1ha/a einer Nutzungsänderung, im Zeitraum 2001-2003 sank der Wert auf 28,1ha/a ab, im Zeitraum 2004-2006 stieg er wieder an auf 41,0ha/a (vgl. Abb.16). Für 65,5ha war es nicht möglich, das Entstehungsalter zu bestimmen. In Kategorie I sanken die Werte, mit Ausnahme von „vers. Parkplatz“, in der zweiten Phase (2001-2003) im Vergleich zur Ersten (1991-2000) und stiegen in der dritten wieder stark an, z.B. die Kategorie „Wiederbebau“ von 6,6ha/a auf 11,6ha/a. Eine solche Dreiteilung ist für Kategorie II nicht auszumachen. Deren Entstehungsraten sind insgesamt rückläufig.

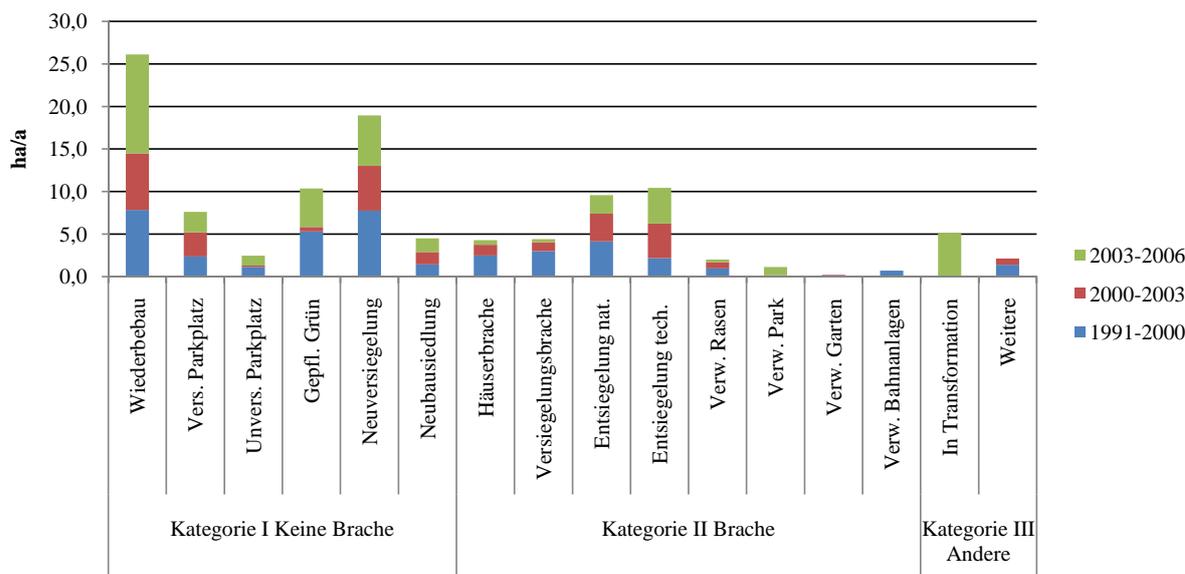


Abbildung 16: Altersstruktur Transformationsflächen Halle-Gesamt

Auswertung Transformationsflächen liegen zum überwiegenden Teil im Stadtstrukturtyp „Industrie und Gewerbe“ (27,3%). Auch in den einzelnen Kategorien dominiert dieser Stadtstrukturtyp meistens. Die Transformation findet sehr stark auf ehemaligen Industrieflächen statt. Hier zeigt sich wieder der Einfluss der Deindustrialisierung. Die ehemaligen Industrieflächen werden entweder einer neuen Nutzung zugeführt (Flächen der Kategorie I), oder fallen brach (Flächen der Kategorie II). Der Strukturtyp „Öffentliche Einrichtungen“ ist am zweitstärksten vertreten (11,1%). Hierbei handelt es sich sowohl um Einrichtungen der öffentlichen als auch der Privaten Infrastruktur. Nach der Wende wurden die öffentlichen Einrichtungen saniert und ausgebaut. Hinzu kamen private Investoren, die z.B. Einkaufszentren errichteten. Die drittstärkste Fraktion sind die „Ein- und Zweifamilienhäuser“ (10,4%). Sie befinden sich überwiegend in der Stadtperipherie und repräsentieren den starken Trend zum Eigenheim, der in den neunziger Jahren die ostdeutschen Städte erfasste („Suburbanisierung“). Der Strukturtyp „Großwohnsiedlungen“ erreicht lediglich einen Anteil von 5,2%. Die Transformationsprozesse in den Großwohnsiedlungen machen räumlich einen geringen Anteil aus.

„Wiederbebau“ ist der flächenmäßig am häufigsten vorkommende Transformationstyp (20,5% Anteil). Alte Strukturen, vor allem die Altindustrie wird entfernt und die Flächen neu bebaut und einer

neuen Nutzung zugeführt (Stadtstrukturtyp: „Industrie- und Gewerbeflächen“), teilweise wird neue Infrastruktur aufgebaut (Sst: „Öffentliche Einrichtungen“), teilweise wird die vorhandene Wohnbebauung erneuert und verjüngt (Sst „Block“), oder neue Wohnbebauung etabliert. Hier wird vor allem dem Trend zum Eigenheim Rechnung getragen (Sst: „Ein- und Zweifamilienhäuser“). Die **„Versiegelten Parkplätze“** gehören meist zu Infrastruktureinrichtungen (im geringeren Maße auch zu Wohngebäuden). Ein Großteil der Parkplätze findet sich im Stadtteil Kröllwitz, diese gehören zu den auf den ehemaligen Industrieflächen gebauten Einkaufszentren. Die **„unversiegelten Parkplätze“** kommen zum überwiegenden Teil auf Altindustrieflächen vor. Bei ihnen lässt sich kein räumlicher Schwerpunkt feststellen, sie kommen auf kleineren Flächen im gesamten Stadtgebiet vor. Hierbei handelt es sich um „wilde“ Parkplätze, die sich überall da etablieren, wo Freiflächen vorkommen, und Parkplätze fehlen.

„Gepflegtes Grün“ erreicht einen Flächenanteil von 9,8%. Hierbei handelt es sich um die großen neu angelegten Parks „Thüringer Bahnhof“, Konversionsfläche „Weinbergwiesen“ auf dem ehemaligen Areal der russischen Kaserne (Sst „Grünflächen und Parkanlagen“), sowie um die frisch eingesäten Rückbauflächen in den Großwohnsiedlungen (Sst „Großwohnsiedlung“). **„Neuversiegelung“** und **„Neubausiedlung“** summieren sich auf rund 20% Flächenanteil. Sie befinden sich größtenteils in der Peripherie. Sie lassen sich zu einem erheblichen Teil auf die beiden Prozesse „Ausbau der Infrastruktur“, vor allem von Einzelhandelseinrichtungen und „Suburbanisierung“ zurückführen. Im Zuge der Suburbanisierung werden vor allem Ein- und Zweifamilienhäuser, in geringerem Maß Mehrfamilienhäuser im Zeilenbaustil errichtet.

Brachen treten besonders stark auf Altindustrieflächen auf. **„Häuserbrachen“** kommen auf Industrieflächen oder im Wohnbereich vor allem in gründerzeitlicher Blockbebauung vor. Nach einem Konkurs fehlten oft die finanziellen Mittel für den Abriss, vor allem bei den Industriebetrieben. Oft kann ein Besitzer nicht ermittelt werden, vor allem nach Konkursen und mehrmaligen Besitzerwechseln. Zahlreiche Gebäude stehen unter Denkmalschutz, für eine Restaurierung fehlen wiederum die finanziellen Mittel. **„Versiegelungsbrachen“** sind fast ausschließlich alte Industrieflächen, entweder alte Lagerflächen, oder Gebäudeflächen, wo zwar die Gebäude abgerissen wurden, die Fläche danach aber nicht entsiegelt wurde.

„Entsiegelungsbrachen mit natürlichem Substrat“ finden sich auch in verschiedenen Stadtstrukturen, die Prozesse die zum Entstehen dieses Typ führen, sind diffus und nicht eindeutig auszumachen. **„Entsiegelungsbrachen mit technogenem Substrat“** entstanden durch Abriss ehemals Industrie- und wohngenutzter Flächen. Meist handelt es sich um die Altindustriegebiete, die gründerzeitliche Wohnbebauung, sowie die Peripherieflächen der Großwohnsiedlungen. Bei letzteren werden die Wohnbebauung entfernt, die Flächen jedoch nicht nachbehandelt (vgl. Silberhöhe).

Die Verwilderungsbrachen sind nur in geringem Ausmaß vertreten. Innerhalb dieser Kategorie entfällt auf die **„Bahnbrachen“** mit 3,8% der höchste Anteil, bedingt durch eine einzelne sehr große Brache im Bereich nördlich des Hauptbahnhofs. Auch hier kommt wieder die Deindustrialisierung zum Tragen, die einen Zusammenbruch des Transports auf der Schiene und Stilllegen von Güterbahnhof und Gleisen zur Folge hatte. **„Verwilderter Park“** und **„verwilderter Rasen“** entstehen hauptsächlich in Zusammenhang mit der Schließung von Schulen und Fabriken, wobei die ehemals

gepflegten repräsentativen Flächen verwildern.

Die Brachen entstehen in allen Stadtteilen, auch im zentrumsnahen Bereich und sogar im Zentrum selbst. Hierdurch wird der Stadtkörper unterbrochen und geschwächt („Deconcentration“ und „Sprawl“)

Als dominante Prozesse in den zeitlichen Phasen lassen sich unterscheiden:

1. Phase zwischen 1990 und 2000: Es entstehen sowohl große Brachflächen als auch große neu genutzte Flächen. Die neu genutzten Flächen überwiegen („Neuversiegelung“). Diese sind bedingt durch die starke Suburbanisierung, und die Anlage von Infrastruktureinrichtungen. Auch „Wiederbebau“ liegt auf hohem Niveau. Es entstehen große neue Grünflächen („Gepflegtes Grün“). Vor allem hervorzuheben sind hier die großen Erholungsflächen auf dem Gebiet des alten Thüringer Bahnhofs (STADT HALLE 2001b, vgl. auch Kap. 2.1) sowie die „Weinbergwiesen“, die auf dem Gebiet der ehemaligen russischen Kaserne, zwischen Neustadt und Heide angelegt wurden (STADT HALLE, 2003b). Unter den Brachen entstehen vor allem „Versiegelungsbrachen“ und „Entsiegelungsbrachen“. Diese entstehen in erster Linie auf den durch Deindustrialisierung brach gefallenen Flächen.

2. Phase zwischen 2001 und 2003: Sowohl Kategorie I als auch II sinken merklich, Kategorie I in stärkerem Ausmaß. Die Deindustrialisierung ist weitestgehend abgeschlossen, auch die Suburbanisierung (Neuversiegelung) stagniert. Die Anteile der technogenen Entsiegelungsbrachen steigen als Einzige in diesem Zeitabschnitt an. Dies sind vor allem die von Deindustrialisierung betroffenen Flächen, die (zum Teil durch die Stadtverwaltung verordnet) nachträglich entsiegelt werden.

3. Phase 2003-2006: Kategorie I steigt wieder stark an v.a. in der Kategorie „Neubebau“, übersteigt sogar den Wert der ersten Phase. Dies ist in erster Linie zurückzuführen auf die Konversionsfläche in Heide-Süd, die nach 2003 neu in Nutzung genommen wird. In dieser Phase macht sich außerdem der Einfluss des Stadtumbau Ost Programms bemerkbar. „Gepflegte Grünflächen“ auf rückgebauten Flächen v.a. in den Großwohnsiedlungen Silberhöhe, Neustadt und Heide Nord haben einen erheblichen Anteil an den Änderungen. Der Anteil der Brachen sinkt weiter. Die große Deindustrialisierungswelle ist vorbei, es kommen nur noch einzelne Flächen hinzu. Dies gilt in verstärktem Maße für die Versiegelungsbrachen.

Prognose Die große Entstehungswelle von Brachen, bedingt durch die Deindustrialisierung ist weitestgehend abgeschlossen. Eine neue potentielle Quelle von Brachen stellen die zahlreichen leerstehenden Häuser dar. Diese werden, sofern sie nicht innerhalb der nächsten Jahre wieder genutzt werden, bis zur Abbruchreife verfallen. Dann entstehen auf diesen Flächen wiederum Brachflächen, die aufgrund der kleineren Grundstücksgrößen (=„Baulücken“) kleiner sind als die Industriebrachen. Das Aufkommen gepflegter Grünflächen in den Großwohnsiedlungen wird sich, gefördert durch das Stadtumbau Ost Programm, fortsetzen. Durch Suburbanisierung werden neue bebaute Flächen entstehen. In wie weit, und in welchem Umfang neue, in der Arbeit nicht betrachtete Einflüsse eine Rolle spielen, wie z.B. die derzeitige globale Finanzkrise, kann nicht abschließend beantwortet werden.

Fazit Das Untersuchungsgebiet Halle hat seit der Wende erhebliche Flächennutzungsänderungen erfahren. Obwohl die Brachen auffällig im Stadtbild sind, überwiegen die genutzten Flächen. Hoch ist der Anteil der neu versiegelten Flächen Dies bedeutet dass die „schrumpfende Stadt“ Halle physisch

wächst. Die betroffenen Flächen befinden sich größtenteils in der Peripherie der Stadt. Es handelt sich um Neubausiedlungen, die im Zuge der starken Suburbanisierung entstanden sind (vor allem im Stadtstrukturtyp „Ein- und Zweifamilienhaus“), außerdem um infrastrukturelle Einrichtungen, v.a. Einkaufszentren, die sich ebenfalls im suburbanen Raum ansiedeln. Hierbei handelt es sich um „Sprawl“-Phänomene. Die wichtigsten Manifestationen:

- Weitaus am stärksten ist der Strukturtyp „Industrie- und Gewerbe“ betroffen (Prozess „Deindustrialisierung“)
- Entstehung sowohl genutzter Flächen als auch Brachen
- Genutzte Flächen dominieren
- V.a. Ein- und Zweifamilienhäuser in der Peripherie (Suburbanisierung)
- Öffentliche Einrichtungen (technische Infrastruktur und Einzelhandel), mit denen die Stadt unterversorgt war
- Öffentliche Grünflächen und Parks
- Großer Anteil neu versiegelter Flächen v.a. an der Peripherie
- Gleichzeitig Entstehen großer Brachflächen teilweise in Innenstadtlage
- Neuversiegelung am Rand, gleichzeitige Fragmentierung des Stadtkörpers („Sprawl“ „Perforierte Stadt“)
- Für die Entstehung und Verbreitung der Transformationstypen lassen sich historische, soziale und wirtschaftliche Auslöser und Gründe ermitteln und zuordnen. Für einen Einfluss der naturräumlichen Ausstattung konnte hingegen kein Hinweis gefunden werden.

5.4 Vergleichsuntersuchungsgebiet Poznan

5.4.1 Jezyce (Gründerzeitviertel: Altindustriegebiet mit hohem Wohnanteil)

Das Untersuchungsgebiet Jezyce (Größe 456,1ha) befindet sich zentrumsnah westlich der Innenstadt. Neben der Innenstadt ist Jezyce der älteste Stadtteil Poznans und weist für diesen Bereich typische, sehr hohe Baudichten und Versiegelungsraten auf (CESAR, 2008). Bei der Bebauung handelt es sich vornehmlich um gründerzeitliche Wohnbebauung, größtenteils überaltert und sanierungsbedürftig (CESAR, 2008; BILLERT, 2004). (Alt)Industrieflächen finden sich im östlichen Bereich in unmittelbarer Nähe zu den Gleisen sowie zentral in der Nähe des Palmengartens (vgl. Abb.46) Der südöstliche Teil des Untersuchungsgebietes stammt aus dem Anfang des 20. Jahrhundert (CESAR, 2008). Hierbei handelt es sich um Mietshäuser in aufgelockerter Randbebauung (GRZESZCZUK-BRENDEL, 2005). Im Gebiet finden sich mehrere große Grünflächen, z.B. Park Wilsona, Zoologischer Garten (CESAR, 2008).

Nutzungsänderungen (Karte: AnhangB, Abb.46) In Jezyce wurden auf 19,4ha Nutzungsänderungen erfasst (4,3% der Gesamtfläche). Hierbei entfällt 82,1% auf Kategorie I (15,2ha), 8,9% (1,7ha) auf Kategorie II, 9,0% (1,7ha) entfallen auf Kategorie III. Innerhalb Kategorie I dominieren die Transformationstypen „Wiederbebau“ (36,1%) und „Neuversiegelung“ (37,4%). Einen geringeren Anteil nehmen im Untersuchungsgebiet „versiegelte“ (2,4%) und „unversiegelte“ (6,2%) Parkplätze ein. Kategorie II (Brachen) nimmt insgesamt nur einen Anteil von 8,9% ein. Hierbei handelt es sich

vor allem um technogene Brachen (7,4%) sowie einige wenige Häuserbrachen (1,5%). Auf Kategorie III entfällt 9%.

Tabelle 10: Nutzungsänderung Jezyce

Transformationstyp		Größe ha	Größe %	
Kategorie I Keine Brache	Wiedernutzung	1.1.1. Wiederbebau	7,0	36,1
		1.1.2. Vers. Parkplatz	0,5	2,4
		1.1.3. Unvers. Parkplatz	1,2	6,2
	Neunutzung	1.2.1. Neuversiegelung	7,3	37,4
	SUMME		16,0	82,1
Kategorie II Brache	Hochversiegelte Brachen	2.1.1. Häuserbrache	0,3	1,5
		2.2.2. Entsiegelung tech.	1,4	7,4
	SUMME		1,7	8,9
Kategorie III Andere	Andere	3.1. In Transformation	1,7	9,0
	SUMME		1,7	9,0
GESAMT		19,4	100,0	

Altersstruktur (Tabelle in Anh.B) In der ersten Phase (1987-1998) sind nur wenige Nutzungsänderungen zu verzeichnen (0,3ha/a) (vgl. Abb.17). Die Rate steigt in der zweiten Phase (1999-2002) stark an (2,1ha/a) und sinkt in der dritten Phase (2002-2007) wieder ab (1,4ha/a). Neben den Kategorien „Wiederbebau“ und „Neuversiegelung“ ist vor allem die Kategorie „In Transformation“, mit einem Wert von 0,4ha/a stark vertreten.

Auswertung „Wiederbebau“ (36,1%) und „Neuversiegelung“ (37,4%) dominieren die Transformation im Untersuchungsgebiet „Jezyce“. „Wiederbebau“ findet hauptsächlich auf den Altindustrieflächen statt. Der hohe Anteil der „Neuversiegelung“ ist insofern bemerkenswert, als dass Jezyce (wie „Thüringer Bahnhof“ in Halle) von seiner Struktur her bereits stark bebaut und verdichtet ist. Die bereits vorhandenen Strukturen werden nachverdichtet. Auf der einzigen großen Brachfläche wurde eine Klinik errichtet (vgl. Abb.7). Nachverdichtung sind auch die Flächen der Kategorie „In Trans-

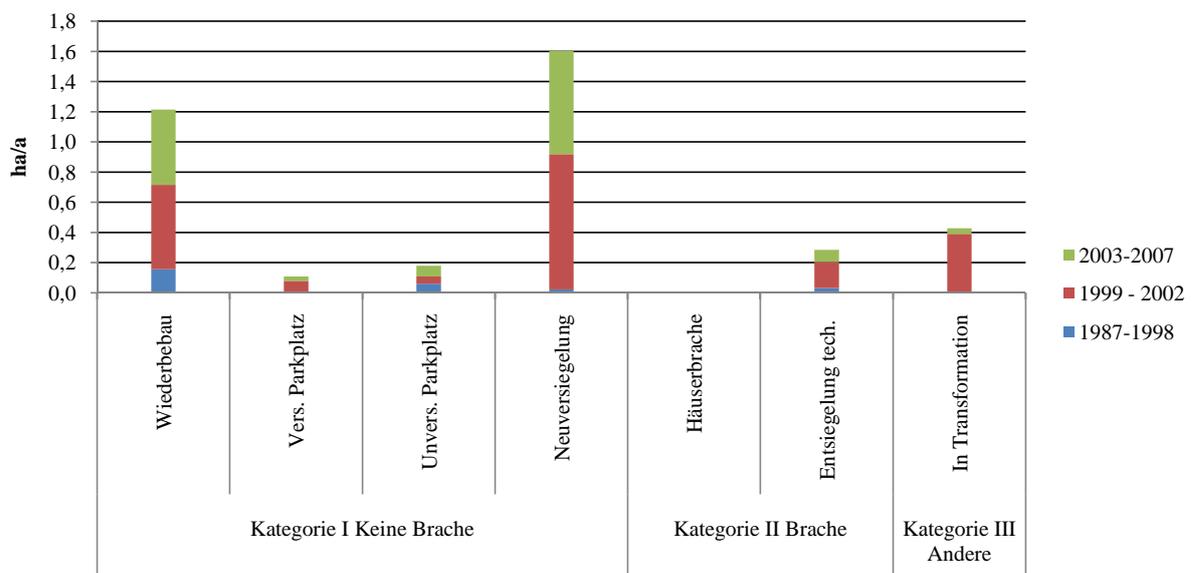


Abbildung 17: Altersstruktur Transformationsflächen

formation“ zuzuordnen, die sich vor allem im Bereich der ehemaligen „Tabakfabrik“ befinden. Das Gelände wird als gemischte Wohn- und Gewerbenutzung umgewidmet, die alten Gebäude saniert. Zusätzlich werden weitere Gebäude auf den freien Hofflächen errichtet (vgl. Abb.18). Parkplätze finden sich auf 8,6% der Transformationsflächen. Hier werden ungenutzte Flächen (meist kommerziell) als Parkflächen angeboten.

Brachflächen (Kategorie II) entstehen nur in sehr geringem Ausmaß (8,9%), Neuentstehende Freiflächen werden direkt wieder in Nutzung genommen. Bei den entstehenden Brachen handelt es sich um technogene Entsiegelungsbrachen (7,4%) oder Häuserbrachen (1,5%). Verwilderte Grünflächen kommen nicht vor.

Die Nachverdichtung wie auch der Umbau der Flächen setzte verstärkt in der zweiten Phase von 1998 – 2002 ein, und hält, leicht abgeschwächt, bis heute an. Dies fällt zusammen mit dem wirtschaftlichen Aufschwung in Poznan und ist auch dadurch begründet. Die leicht zurückgegangene Änderungsrate begründet sich aus der hohen Bebauungsdichte und den wenigen zur Verfügung stehenden potentiellen Bauflächen.



Abbildung 18: Nutzung/ Nachverdichtung vorhandener Strukturen- die „Tabakfabrik“

Prognose Die Verdichtung der vorhandenen Strukturen sowie die Versiegelung der Brachen werden sich fortsetzen. Diese Trends werden sich abschwächen, sobald keine Flächen mehr zur Verfügung stehen.

Die Bausubstanz im Stadtviertel ist überaltert und sanierungsbedürftig. Falls diesem Umstand keine Rechnung getragen wird, werden die Gebäude in wenigen Jahren nicht mehr renovierbar sein und abgerissen werden. In diesem Fall wird die Transformationsrate wieder stark ansteigen.

Fazit Für Jezyce können folgende Prozesse als dominant erkannt werden:

- Transformation der Altindustrieflächen in neue Nutzungen (dominant)
- Neubebau und Nachverdichtung des Viertels („Concentration“)
- Brachen entstehen nur in geringem Maße

5.4.2 Rataje (Großwohnsiedlung in Plattenbauweise)

Das Untersuchungsgebiet Rataje liegt südöstlich vom Zentrum und hat eine Größe von 786,4 ha. Dieses Gebiet mit den landwirtschaftlich wertvollsten Böden Poznans (BARTKOWSKI, 1979a) wurde bis 1959 landwirtschaftlich genutzt (WIESIOŁOWSKI ET AL., 2001). Nach 1959 wurde auf dem Gebiet, unter der (falschen) Behauptung, die Böden seien minderwertig (WIESIOŁOWSKI ET AL., 2001), eine Großwohnsiedlung für 110.000 Personen errichtet (JAKIMOWICZ, 2005). Die Plattenbauten bestimmen heute das Bild der Siedlung, im nördlichen Teil liegen mehrere Fabriken (Papier- und Senffabrik), teilweise nicht mehr genutzt. Als Reste der dörflichen Siedlungsstruktur finden sich

(wenige) alte Gebäude, sowie die landestypischen Marienschreine (WIESIOŁOWSKI ET AL., 2001). Ebenfalls im Gebiet befindet sich ein Friedhof, und eine ehemalige Festung (CESAR, 2008; WIESIOŁOWSKI ET AL., 2001).

Nutzungsänderungen (Karte Abb.20,Tab.11) Die kartierten Nutzungsänderungen umfassen 59,6

Transformationstyp		Größe ha	Größe %	
Kategorie I Keine Brache	Wiedernutzung	1.1.1. Wiederbebau	26,8	45,0
		1.1.2. Vers. Parkplatz	1,1	1,9
	Neunutzung	1.2.1. Neuversiegelung	17,1	28,8
SUMME		45,0	75,7	
Kategorie II Brache	Versiegelungsbrache	2.1.2. Versiegelungsbrache	9,2	15,5
	Entsiegelungsbrachen	2.2.2. Entsiegelung tech.	5,3	8,9
	SUMME		14,5	24,4
GESAMT		59,5	100,1	

Tabelle 11: Übersichtskarte Nutzungsänderung Rataje

ha. Das entspricht 7,6% der Gesamtfläche. Auf die Kategorie I entfallen 75,7% (45,1 ha), auf Kategorie II 24,4% (14,5ha). Innerhalb der Kategorie I dominieren die Transformationstypen „Wiederbebau“ (45%), und „Neuversiegelung“ (28,8%). „(Versiegelte) Parkplätze“ sind mit 1,9% vertreten, die übrigen Kategorien kommen nicht vor. Brachen (Kategorie II) sind weniger stark vertreten (24,4%). Hierbei handelt es sich fast ausnahmslos um großflächige Areale. Es kommen lediglich „Entsiegelungsbrachen mit technogenem Substrat“ (8.9%) und „Versiegelungsbrachen“ (15,5%) vor. Die Kategorie „Versiegelungsbrachen“ umfasst nur eine einzige Fläche von 9,2ha, im Zentrum des Untersuchungsgebietes gelegen. Die technogenen Brachen konzentrieren sich auf das Gebiet in der Nähe der Warthe, westlich der Straße Ludwika Zamenhofs.

Altersstruktur (Tabelle in Anh.B) Die Änderungsrate stieg von 1,8ha/a 1987-1998 über 3,7ha/a

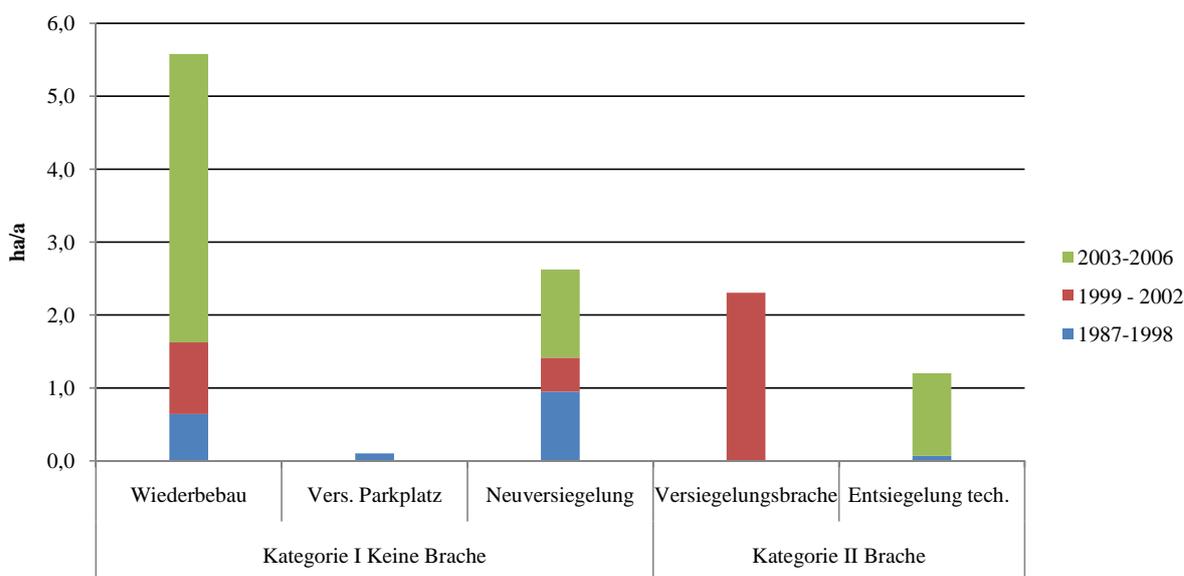


Abbildung 19: Altersstruktur Transformationsflächen

1999-2002 bis auf 6,3ha/a 2003-2006 (vgl. Abb.19). In der ersten Phase dominieren „Neuversiegelung“ und „Wiederbebau“. Für den Anstieg in der zweiten Phase ist maßgeblich das starke Auftreten der Kategorie „Versiegelungsbrache“ verantwortlich, daneben erneut der „Wiederbebau“. In der dritten Phase steigt der „Wiederbebau“ sprunghaft auf 4,0ha/a. Auch „Neuversiegelung“ und „Technogene Brache“ steigen erheblich an.

Auswertung 75,7% der Transformationsflächen entfallen auf Kategorie I. Es dominieren die Kategorien „Wiederbebau“ sowie „Neuversiegelung“. Die Wiederbebauten Flächen finden sich im gesamten Untersuchungsgebiet, konzentrieren sich aber räumlich auf den nördlichen Bereich des Untersuchungsgebietes (vgl. Abb.20). Hier wurde eine große Industriefläche umgewidmet. Auf den Flächen wurden Wohngebäude und in geringerem Umfang Einzelhandelseinrichtungen gebaut. Für die „Neuversiegelung“ lässt sich kein räumlicher Schwerpunkt ausmachen, sie findet im gesamten Untersuchungsgebiet statt. Wie Jezyce wird auch dieses Stadtviertel nachträglich verdichtet, vor allem auf den ehemaligen Industrieflächen und auf Freiflächen. Brachen entstehen wenige, sehr große. Hier ist zu vermuten, dass für die Nachnutzung bisher noch kein Investor gefunden wurde. Die technogene Brache in Warthenähe (vgl. Karte), die erst in der Phase 2003-2006 entstand, wurde zwischenzeitlich bereits wieder in Nutzung genommen.

Prognose Die Alterskartierung zeigt, dass sich die Dynamik in den letzten Jahren noch erhöht hat. Für den Stadtteil ist Verdichtung auf den Freiflächen vorgesehen (CESAR, 2008). Auf die wenigen vorhandenen Brachen wird damit starker Nutzungsdruck ausgeübt. Bei unveränderten Bedingungen werden sämtliche Brachen neu bebaut werden.

Fazit Für Rataje sind folgende Prozesse und Phänomene dominant:

- Neubebau und Nachverdichtung „Concentration“ des Viertels (dominant)
- Transformation der Altindustrieflächen in neue Nutzungen
- Sehr starker Nutzungsdruck auf die wenigen entstehenden Brachen

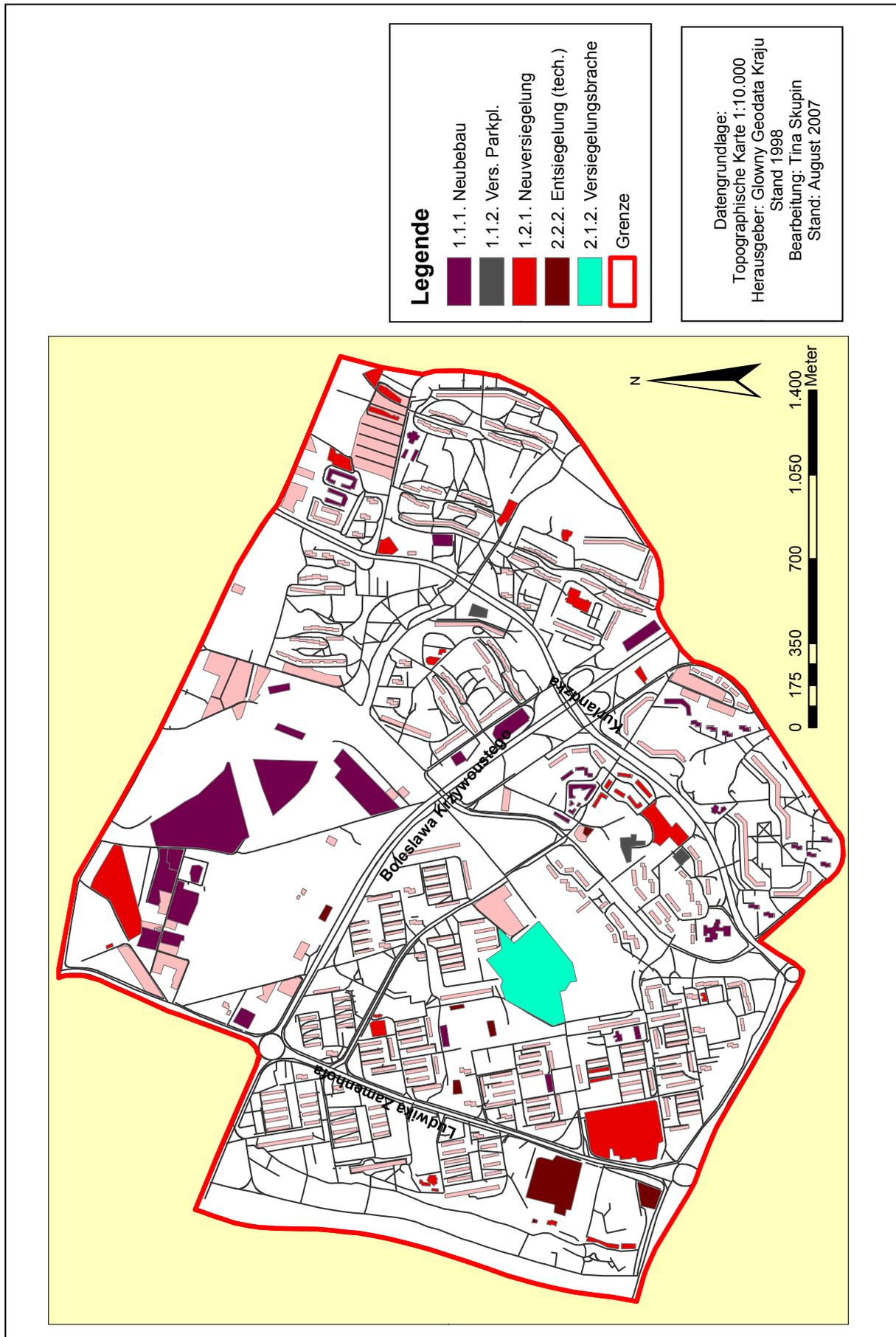


Abbildung 20: Nutzungsänderung Rataje

5.4.3 Piatkowo (Großwohnsiedlung in Plattenbauweise)

Das Untersuchungsgebiet Piatkowo (643ha groß) befindet sich nördlich des Stadtzentrums. Ebenso wie Rataje war das Gebiet ursprünglich landwirtschaftlich genutzt und verfügt über sehr gute Böden (BARTKOWSKI, 1979a). Die Kerne von Piatkowo, die Großwohnsiedlungen „Piatkowo“ im zentralen Teil sowie „Winogrady“ im südwestlichen Teil des Gebietes wurden zur gleichen Zeit wie Rataje errichtet. Ursprünglich zwei separate Viertel sind sie mittlerweile zusammengewachsen (PARYSEK & MIERZEJEWSKA, 2001; CESAR, 2008). Im Vergleich zu Rataje, deren Basisstrukturen in einer Bauphase entstanden, weist Piatkowo in Bezug auf seine Nutzungs- und Bebauungsstruktur eine erheblich höhere Heterogenität auf. Das Gebiet wird ebenfalls von den Plattenbauten und Einzelhandelseinrichtungen geprägt. Im Vergleich zu Rataje ist der Freiflächenanteil erheblich höher. Innerhalb der Bebauung finden sich Reste von ehemaliger landwirtschaftlichen Nutzung sowie baumbestandene Flächen (CESAR, 2008).

Nutzungsänderungen (Karte: Anhang 44, Abb. 47) In Piatkowo waren 51,7ha von der Nutzungsänderung betroffen (8,1% des Untersuchungsgebiets). Auf Kategorie I entfallen 94%, auf Kategorie II 4%. „Neuversiegelung“ ist der dominierende Transformationstyp (79,9%) vor „Wiederbebau“ (16,1%). und „verwilderte Gärten“ (4%). Andere Transformationstypen kommen nicht vor.

Tabelle 12: Nutzungsänderung Piatkowo

		Transformationstyp	Größe ha	Größe %
Kategorie I Keine Brache	Wiedernutzung	1.1.1. Wiederbebau	8,3	16,1
	Neunutzung	1.2.1. Neuversiegelung	41,3	79,9
	SUMME		49,6	96,0
Kategorie II Brache	Verwilderungsbrachen	2.3.3. Verw. Garten	2,1	4,0
	SUMME		2,1	4,0
GESAMT			51,7	100,0

Altersstruktur (Tabelle in Anh.B) Die Änderungsrate sank von 2,7ha/a in der ersten Phase auf 1,5ha/a von 1998-2002, danach stieg sie auf 3,4ha/a. In der dritten Phase dominierte die Kategorie „Neuversiegelung“ (vgl. Abb.21).

Auswertung Wie „Jezyce“ und „Rataje“ wird auch „Piatkowo“ nachverdichtet (=“Concentration“). Die Kategorie „Neuversiegelung“ nimmt die quantitativ weitaus größte Rolle ein. Die Neuversiegelten Flächen befinden sich im gesamten Untersuchungsgebiet. Ein deutlicher Schwerpunkt liegt im nördlichen Bereich, der bereits zur Stadtperipherie gehört. In diesem Bereich werden große zusammenhängende Flächen vor allem mit Mehrfamilienhäusern bebaut (=“Sprawl“). Diese Entwicklung hat sich seit 2003 noch verschärft, derzeit findet die Transformation Piatkows fast ausschließlich in der nördlichen Peripherie statt.

Die einzigen neu entstandenen Brachflächen in Piatkowo sind der Kategorie „Verwilderter Garten“ zuzuordnen. Hierbei handelt es sich um Reste ehemaliger Dorfstrukturen (v.a. Obstbaumwiesen), die von der Stadt umschlossen wurden.

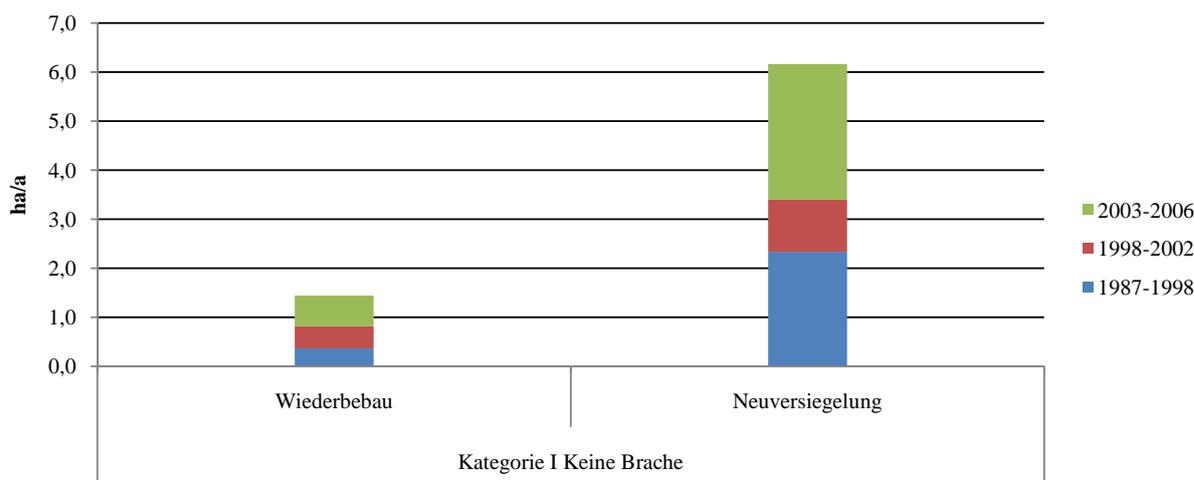


Abbildung 21: Altersstruktur Transformationsflächen

Prognose Für diesen Stadtteil ist eine Verdichtung auf den Freiflächen vorgesehen (CESAR, 2008). Bei unveränderten Bedingungen werden sämtliche Brachen neu bebaut werden. Zusätzlich wird sich die Stadt weiter in ihr Umland ausbreiten.

Fazit Für Piatkowo sind folgende Phänomene und Entwicklungen dominant:

- Neubebau und v.a. Nachverdichtung „Concentration“ des Viertels (dominant)
- Stadt breitet sich weiter in die Umgebung aus „Sprawl“ (dominant)
- dörfliche Strukturen werden vom Stadtkörper umgeben

5.4.4 Zusammenfassung Vergleichsuntersuchungsgebiet Poznan



Abbildung 22: „Sprawl“ am Rand von Piatkowo Quelle: MANIA (2009)

In Rataje waren 7,6%, in Piatkowo 8,1% der Gesamtflächen einer Nutzungsänderung unterworfen, in Jezyce lag der Wert niedriger (4,3% der Gesamtfläche). Jezyce war von seiner Struktur her schon zur Wende stark verdichtet und versiegelt, während es in Rataje und Piatkowo große unversiegelte Flächen gab, die nach 1990 in Nutzung genommen wurden. In allen untersuchten Stadtteilen dominieren die Transformationstypen „Wiederbebau“ und „Neuversiegelung“. Intensive Bautätigkeit mit Prozessen von „Concentration“ bestimmen die Transformation. In Jezyce verteilen sich beide Typen gleichmäßig, was insofern bemerkenswert ist, als dass der Stadtteil schon stark verdichtet ist. Die Verdichtung erfolgt auf alten Industrieflächen und innerhalb der vorhandenen Wohnstrukturen, z.B. durch Bau von Wohnhäusern in den Hinterhöfen. Hier findet extreme Konzentration der Stadt statt. In den Großwohnsiedlungen dominiert in Rataje „Wiederbebau“, hier werden Flächen auf denen alte Industrieanlagen standen (WIESIOŁOWSKI ET AL., 2001), zum

Beispiel die alte Papierfabrik im Norden neu genutzt. In Piatkowo hingegen überwiegt die „Neuversiegelung“. Hierbei handelt es sich um Nachverdichtungsprozesse („Concentration“) aber auch um Entdichtungsprozesse („Sprawl“) (vgl. Abb.22). Gewerbliche Parkplätze, die laut KOTUS (2006) einen erheblichen Anteil an der Transformation in Poznan einnehmen sollen, wurden nur in Jezyce in erwähnenswertem Umfang gefunden, wo sie immerhin 8,6% der kartierten Flächen ausmachen. Hierbei ist zwar zu berücksichtigen, dass auch die „Neuversiegelung“ Parkplätze umfasst, dies kam aber kaum vor. Brachen treten nur vereinzelt auf, entstehende Freiflächen werden sehr schnell wieder in Nutzung genommen. Altindustrieflächen werden weiterhin genutzt (u.U. auch saniert), oder in eine neue Nutzung überführt.

Seit der „Wende“ hat sich die Geschwindigkeit der Transformation der drei Stadtteile insgesamt erhöht, und zwar von 4,7ha/a im Zeitraum 1987-1998 auf 7,4ha/a im Zeitraum 1998-2002 bis zu 11,1ha/a im Zeitraum 2002-2006 (bzw. für Jezyce: 2007). Gründe hierfür sind Wohnungsneubau (vor allem in den Großwohnsiedlungen), Neubau von Infrastruktur, Neubau von Gewerbeeinrichtungen. Bei unveränderten Ausgangsbedingungen wird sich dieser Trend fortsetzen.

5.5 Vergleich der Untersuchungsgebiete Halle und Poznan

Die Transformationsprozesse lassen sich in der Stadtentwicklung sehr detailliert nachzeichnen. Es wurden sowohl Parallelen als auch Unterschiede zwischen den Städten gefunden. Diese lassen sich auf sozial-politische und wirtschaftliche Auslöser zurückführen. Ein Einfluss landschaftlicher Aspekte konnte hingegen nicht festgestellt werden, im Gegenteil erkennt man am Beispiel von Rataje, dass in urbanen Gebieten der landschaftliche Hintergrund (in diesem Fall die sehr guten Böden) oft bewusst ignoriert werden.

Beide Städte weisen hohe Änderungsraten auf, anthropogen genutzte Transformationsflächen überwiegen. Halle ist von den Transformationsprozessen quantitativ etwas stärker betroffen als Poznan. In beiden Städten werden die veralteten Strukturen umgebaut und angepasst, und Infrastruktureinrichtungen nachträglich etabliert. Während in Poznan die Konzentrationsprozesse aufgrund des starken Flächendrucks dominieren, kommen in Halle auch Dekonzentrationsprozesse vor, bei denen die Stadtstruktur entdichtet wird. Folge hiervon sind das massenhafte Auftreten von Brachflächen, aber auch die Anlage großer Parks auf Konversionsflächen sowie Rasen auf den Stadtumbau-Ost-Flächen. Die Verwilderungsbrachen in Halle beruhen v.a. auf Infrastruktureinrichtungen, die aufgrund der Bevölkerungsabnahme überflüssig geworden sind und nicht mehr genutzt werden (z.B. Schulen). In Poznan hingegen handelt es sich um alte landwirtschaftlich genutzte Flächen, die durch das Stadtwachstum in den geschlossenen Stadtkörper aufgenommen wurden, und nicht mehr genutzt werden. In beiden Städten sind „Sprawl-Prozesse“ als Folge der Suburbanisierung stark ausgeprägt. Aufgrund des stärkeren Wohnungsbedarfs und der größeren verfügbaren Flächen in der Stadtperipherie ist dieser Prozess in Poznan stärker ausgeprägt. Dies ist einer der Gründe für die hohen Neuversiegelungsraten in Poznan.

Die Änderungsraten haben sich in Halle zunächst abgeschwächt, sind dann aber wieder angestiegen. In Poznan demgegenüber lässt sich eine Beschleunigung des Landnutzungswandels, vor allem in den Großwohngebieten, nachweisen.

Im Stadt- Stadt- Vergleich lassen sich als wichtigste Prozesse und Phänomene zusammenfassen:

- hohe Änderungsraten (Halle und Poznan, in Halle etwas stärker)
- Umbau der veralteten Strukturen, Neubebau (Halle und Poznan) und Konversion zu Grünflächen (Halle)
- Ausbreiten der Stadt in das Umland, Suburbanisierung und „Sprawl“ (v.a. Poznan, Halle auch)
- Nachverdichtung der Strukturen „Concentration“ (v.a. Poznan, Halle nur vereinzelt)
- Rückbau und Entstehen von Brachflächen auf Transformationsflächen (v.a. Halle, Poznan in geringem Umfang)
- Schwächung des Stadtkörpers, Zerfallen der kompakten Stadt „Deconcentration“ (nur Halle)

6 Die Ökologische Ausstattung der Untersuchungsgebiete Halle und Poznan - das Beispiel Vegetation (Mesoebene)

Für einen Vergleich der ökologischen Ausstattung von Ökosystemen ist die Vegetation sehr geeignet. Als labiler Parameter reagiert sie überaus sensibel auf Veränderungen und ermöglicht so differenzierte Aussagen zum tatsächlich vorhandenen Ökosystem.

Im Zusammenhang mit dem vorliegenden Projekt entstand an der MLU Halle-Wittenberg eine Diplomarbeit, die sich mit vergleichenden vegetationskundlichen Untersuchungen in Halle und Poznan befasste (LINKE, 2006). Ziel der Arbeit war es, festzustellen, ob der natürliche oder der anthropogene Einfluss die dominante Steuergröße für die Ausprägung der Vegetation einer Stadt darstellt (siehe hierzu auch JACKOWIAK 1998a).

Der anthropogene Einfluss in Städten ist allgemein im Stadtzentrum am höchsten und sinkt zur Peripherie hin graduell ab, während der Einfluss der natürlichen Landschaftsausstattung zunimmt (SUKOPP & WITTIG, 1998). Da in allen Städten ähnliche anthropogene Prozesse stattfinden (verdichten, bebauen, aufschütten etc.), nähern sich die Stadtzentren im Laufe der Zeit hinsichtlich Ausstattung und Eigenschaften einander an (vgl. Abb. 4). Für zwei Städte in unterschiedlichen Naturräumen gilt deswegen: Unterscheidet sich die Ausstattung der Zentren, lässt dies auf dominierende natürliche Einflüsse schließen. Unterschiede im Zentrum-Peripherie-Vergleich einer Stadt weist auf starke anthropogene Einflüsse im Zentrum, Geringe in der Peripherie hin. Geringe Unterschiede in Zentrum-Peripherie Vergleich zeigen dominanten natürlichen Einfluss an.

In beiden Städten wurden in der Innenstadt und in der Peripherie Industrieflächen von 10x10 m nach der Methode von BRAUN-BLANQUET (1964) kartiert. Verglichen wurden ökologische Kennwerte, Hemerobie und Urbanität, Lebensformtypen, Soziologisches Verhalten, Indigenat (vgl. ELLENBERG 1992), des weiteren wurde der Jaccard- Koeffizient zum Vergleich der Ähnlichkeit von Mengen herangezogen (JACCARD, 1901).

Ergebnisse: Stadt-Stadt-Vergleich Die Artenzahl der untersuchten Flächen lag in Poznan höher (121 Arten) als in Halle (93 Arten) (LINKE 2006, vgl. Tab.13). Dies lässt sich auf Entwicklungsalter und Entwicklungsstand der Brachen zurückführen. Laut BORNKAMM (1985) sind jüngere Flächen tendenziell artenreicher, während die Artenzahlen auf älteren Flächen aufgrund des höheren Wettbewerbs zurückgehen. In Poznan wurden verstärkt die dort vorkommenden jüngeren Brachen kartiert, in Halle Ältere. Aus diesem Grund unterscheiden sich ebenfalls die Pflanzengesellschaften

Tabelle 13: Stadt-Stadt Vergleich (Quelle: LINKE 2006)

	Halle Innenstadt	Halle Umland	Differenz	Poznan Innenstadt	Poznan Umland	Differenz
Artenzahl	64	63	1	68	95	27
Lichtzahl	7,6	7,4	0,2	7,4	7,4	0
Temperaturzahl	5,8	6	-0,2	5,8	6	-0,2
Kontinentalitätszahl	4,5	4,4	0,1	4,8	4,7	0,1
Feuchtezahl	4,8	4,9	-0,1	4,8	4,5	0,3
Reaktionszahl	7,1	6,8	0,3	6,9	6,9	0
Stickstoffzahl	5,7	5,7	0	6	5,2	0,8
Ähnlichkeit (Jaccard)	73,20%			74,20%		

auf den Flächen. Auf neu entstandenen Brachen wechseln die Pflanzengesellschaften sehr schnell ab. In Poznan dominieren die einjährigen Ruderalfluren und wiesenähnlichen Gesellschaften, in Halle ausdauernde Ruderalfluren und Pionierwälder (LINKE, 2006). Von insgesamt 13 erfassten Gesellschaften kommen nur zwei, Solidago-Canadensi-Gesellschaft und Echo-Melilotetum (vgl. SCHUBERT ET AL. 2001) in beiden Städten vor.

Die Ähnlichkeit nach JACCARD (1901) zwischen den Untersuchungsgebieten Halle und Poznan beträgt 69,6 %, das entspricht einer „hohen Identität“. Der Vergleich der Zeigerwerte weist ebenfalls auf eine große Ähnlichkeit der Lebensbedingungen in den Städten hin (vgl. Tab.13): die Ellenberg Zeigerwerte weichen in der Größenordnung 0,1 ab. Lediglich die Kontinentalitätszahl weist eine Differenz von 0,2 zugunsten von Poznan auf, geschuldet der Lage im kontinentaleren Klimabereich (LINKE, 2006).

Vergleich Zentrum-Peripherie Im Zentrum von Halle wurden 64 Arten gefunden, in der Peripherie 63. Im Zentrum von Poznan wurden 68 Arten bestimmt, in der Peripherie 95 (vgl. Tab.14). Die floristischen Ähnlichkeiten zwischen Zentrum und Peripherie liegen mit 73,2% (Halle) bzw. 74,2% (Poznan) im Bereich der „sehr hohen Identität“ (JACCARD, 1901). Dies ist ein starker Hinweis da-

Tabelle 14: Zentrum- Peripherie Vergleich (Quelle LINKE 2006)

	Halle Zentrum	Halle Peripherie	Differenz	Poznan Zentrum	Poznan Peripherie	Differenz
Artenzahl	64	63	1	68	95	27
Lichtzahl	7,6	7,4	0,2	7,4	7,4	0
Temperaturzahl	5,8	6	-0,2	5,8	6	-0,2
Kontinentalitätszahl	4,5	4,4	0,1	4,8	4,7	0,1
Feuchtezahl	4,8	4,9	-0,1	4,8	4,5	0,3
Reaktionszahl	7,1	6,8	0,3	6,9	6,9	0
Stickstoffzahl	5,7	5,7	0	6	5,2	0,8
Ähnlichkeit (Jaccard)	73,20%			74,20%		

hingehend, dass sich die Floren der Städte nicht von ihrer Peripherie abgekoppelt haben, sondern sehr eng mit ihnen zusammenhängen. Hierbei ist allerdings einschränkend zu berücksichtigen, dass die floristische Ähnlichkeit zwischen Halle und Poznan mit 69,6 % nur geringfügig niedriger liegt (LINKE, 2006). Die Ellenbergwerte von Zentrum und Peripherie unterscheiden sich stärker voneinander als die der Städte. Besonders hoch ist der Unterschied der „Stickstoffzahlen“ in Poznan, die um 0,8 differieren. Die höheren Werte im Stadtzentrum sind auf anthropogene Einträge in die Böden, die auf diese Weise gedüngt werden, zurückzuführen.

Ist der natürliche oder der anthropogene Einfluss die dominante Steuergröße für die Ausprägung der Vegetation? Die Ergebnisse der Untersuchung weisen teilweise auf eine Dominanz natürlichen, teilweise eine Dominanz anthropogenen Einflusses hin. Für eine höhere Ähnlichkeit zwischen Stadtzentrum und Peripherie und somit eine Dominanz der natürlichen Einflussfaktoren sprechen die sich deutlich unterscheidenden Pflanzengesellschaften beider Städte sowie der Ähnlichkeitskoeffizient nach JACCARD (1901). Obwohl die Ähnlichkeit zwischen den Städten „hoch“ ist (69,6%), bestehen höhere Ähnlichkeiten zwischen Stadtzentrum und Stadtperipherie (73,2% in Halle bzw. 74,2 % in Poznan). Für eine höhere Ähnlichkeit zwischen beiden Städten und eine Dominanz anthropogenen Einflusses sprechen vor allem die Ellenbergwerte. Die mittleren Ellenbergwerte sind

in beiden Städte nahezu gleich, während sie im Stadt-Umland-Vergleich geringe, aber merkliche Unterschiede zeigen. **Aufgrund der anthropogenen Einflüsse hat sich in den Beiden Städten aus unterschiedlichen Naturräumen eine Vegetation mit identischen ökologischen Präferenzen entwickelt.**

Die Auswertung zeigt, dass sich die Lebensbedingungen in beiden Städten sehr stark aneinander angeglichen haben. **Die floristische Zusammensetzung von Halle und Poznan wird von natürlichen Einflüssen stärker dominiert als von Anthropogenen. Dem anthropogenen Einfluss kommt jedoch eine beinahe ebenso große Bedeutung zu.**

7 Ökologische Potentiale der Transformationsflächen (Mesoebene)

7.1 Bestimmung der ökologischen Potentiale

Um nicht nur qualitative Aussagen zu den ökologischen Potentialen der Transformationsflächen treffen zu können, sondern sie auch semiquantitativ in einen Zusammenhang einbetten zu können, wird als Grundlage ein Bewertungsschema benötigt. Eine quantitative und qualitative Bewertung der ökologischen Ausstattung sowie ökologischer Potentiale findet sich in zahlreichen Arbeiten, vor allem bodenkundlichen Werken (SCHLICHTING ET AL., 1995; AD-HOC AG BODEN, 2005). Eine Bewertung nach biologischen Parametern schuf ELLENBERG (1992) mit seinen Zeigerwerten, die jeder (mitteleuropäischen) Pflanzenart eine bestimmte Indikatorwirkung hinsichtlich der Eigenschaften des Standorts zuweist. ELLENBERG weist ausdrücklich darauf hin, dass sich aus den Zeigerwerten nicht direkt auf konkrete Landschaftsausstattung schließen lässt, es ist jedoch möglich, Tendenzen (z.B. zur Wasserversorgung) abzuleiten. In zahlreichen Untersuchungen urbaner Räume werden ebenfalls die ökologischen Potentiale thematisiert. SAUERWEIN (1998) erstellte Grenzwerte und Standards für Bodenschadstoffe (PAKs und Schwermetalle). MAGNUCKI (2003) zeigte die Auswirkungen der Flächenneuversiegelung auf Transformationspotential, Puffer- Filterpotential und Grundwassererneuerung städtischer Flächen. KOCH (2005a) beschäftigte sich mit Belastungen der Oberflächengewässer über den Sickerwasserpfad (Rückhalte- und Transformationspotential). BÖHM ET AL. (2001) treffen Aussagen zu ökologischen Auswirkungen der Stadtstrukturtypen, spezifiziert wird dies z.B. von WICKOP (2001) (vgl. auch WICKOP ET AL. 1998). Ebenfalls mit dem Stadtstrukturtypenansatz arbeitete PÜTTMANN (2002), die den Ausgleichseffekt zweier Wohnviertel vergleicht. ERR RAUMPLANER FSU (2003) beschäftigen sich mit den Optimierungsmöglichkeiten der ökologischen Potentiale unter planerischen Gesichtspunkten, betonen hierbei die Wirkung von Einzelmaßnahmen auf das Gesamtökosystem sowie den Schneiseneffekt in Hinblick auf den Biotopverbund. Keiner der genannten Autoren entwickelt jedoch einen Klassifikationsschlüssel, wie er für diese Arbeit gebraucht wird.

Klassifizierungsschlüssel für ökologische Potentiale wurden aufgestellt von KAERKES (1987), HEBER & LEHMANN (1996), URGE-TEAM (2001, 2004) (Biotoppotential und Klimaregulationspotential für Grünflächen), HERBST (2003) (Biotoppotential und Klimaregulationspotential) und DEILMANN ET AL. (2005).

Die meisten dieser Bewertungsverfahren beschränken sich auf einzelne Potentiale. Eine Bewer-

tung sämtlicher Potentiale wird nur von KAERKES (1987) vorgenommen, der urbane Grünflächen untersucht. Als Leitbild wählt er natürliche und naturnahe Verhältnisse, Abweichung von diesem Leitbild führt zur Abwertung. Für eine Charakterisierung von Brachflächen, die durch anthropogene Einflüsse geprägt sind und denen durch die anthropogene Nutzung ein besonderer Wert erwächst (KOWARIK 1993; REBELE & DETTMAR 1996; BASTIN & THOMAS 1999), ist dieser Ansatz nicht geeignet. DEILMANN ET AL. (2005) verwenden den (modifizierten) Bewertungsschlüssel nach HEBER & LEHMANN (1996). Sie bewerten die ökologischen Potentiale „Klimatisches Ausgleichsvermögen, Staubbindevermögen, Schadstoffrückhaltung, Porosität und Durchlässigkeit, Grundwasserneubildung, Regenwasserversickerung, Biotopausbildungsvermögen“ anhand der Bodendeckschicht. Dieser Ansatz kann aus zwei Gründen nicht übernommen werden: erstens sind nicht alle für die Arbeit relevanten Potentiale enthalten, es fehlen z.B. Angaben für die Potentiale „Durchgängigkeits-“ oder „Kohlenstoffsinkenpotential“. Zweitens lässt sich auf diese Weise die Heterogenität innerhalb einer Fläche nicht ermitteln.

Da keiner der vorgestellten Ansätze für die Problemstellung geeignet ist, wird ein eigener Bewertungsschlüssel erstellt. Hierfür werden unter Zuhilfenahme aller vorhandenen Quellen (vgl. auch

Tabelle 15: Verwendete Parameter zur Ermittlung der ökologischen Potentiale

Natürliche Flächenfunktion	Ökologisches Potential	Indikatoren
Physikalische Pufferfunktion	Grundwassererneuerungspotential	Bodendeckschicht Skelettgehalt Luftkapazität
Physiko-chemische Puffer- und Filterfunktion	C- Senkenpotential	C- Gehalt Vegetationsbedeckung Durchwurzelung Versiegelung
	Rückhaltepotential	Bodendeckschicht Skelettgehalt Versiegelung Kationenaustauschkapazität Carbonatgehalt
Regulationsfunktion	Staubfilterpotential	Bodendeckschicht Versiegelung
Klimatische Regulationsfunktion	Ausgleichseffektpotential	Flächengröße Versiegelung Bodendeckschicht
	Schneiseffektpotential	Flächengröße Verbindung zu anderen Grünflächen Stadtstrukturtyp
Biotopfunktion	Wasserverfügbarkeitspotential	Bodendeckschicht Skelettgehalt Nutzbare Feldkapazität Humusgehalt Feuchtigkeitswert Ellenberg
	Nährstoffversorgung	Bodendeckschicht Versorgung mit nachlieferbaren Nährstoffe Kationenaustauschkapazität Skelettgehalt Humusgehalt
	Biodiversitätspotential	Anzahl Arten Gesamt Anzahl Arten Braun Blanquet Struktureichtum Ökologische Kennwerte Ellenberg Bodendeckschicht
	Durchgängigkeitspotential	Verbindung zu anderen Freiflächen

Kapitel 2.4) die Parameter zur Bewertung der Ökologischen Potentiale ermittelt (vgl. Tab.15). Sie werden auf einer Skala von 0 (sehr schlecht bezüglich des untersuchten Potentials) bis 5 (sehr gut bezüglich des untersuchten Potentials) eingeschätzt. Wenn für einen Parameter keine Bewertungsskala existiert, wurde basierend auf den qualitativen Aussagen eine eigene Bewertungsskala entworfen. Die Potentiale errechnen sich als arithmetisches Mittel der Einzelbewertungen. Der komplette Bewertungsschlüssel findet sich in Anhang C.3 (Tab. 38-56).

Die Potentiale, „Grundwassererneuerungspotential“, „Kohlenstoffsinkenpotential“, „Rückhaltepotential“, „Wasserverfügbarkeitspotential“, „Nährstoffversorgungspotential“ sowie „Biodiversitätspotential“ basieren maßgeblich auf Vegetations- oder Bodenausstattung. Sie wurden für jeden der drei „Spots“ einer Probestfläche getrennt ermittelt. Die Potentiale „Staubfilterpotential“, „Ausgleichspotential“, „Schneiseffektpotential“, „Durchgängigkeitspotential“ basieren auf „flächenbezogenen“ Daten wie Stadtstrukturtyp, Flächengröße oder Versiegelungsgrad und werden für jede Probestfläche ermittelt.

7.2 Aktuelle ökologische Potentiale

7.2.1 Hauptuntersuchungsgebiet Halle

Tabelle 16 zeigt eine Übersicht der ermittelten Potentiale im Untersuchungsgebiet Halle. Alle Einzelergebnisse sowie die Berechnung der Potentiale finden sich in Anhang C.4. Das **Grundwassererneuerungspotential** liegt zwischen 0 und 4,3, der Mittelwert beträgt 2,37, der Median 2,45. Der Minimumwert 0 kommt auf zwei benachbarten Flächen vor, einem unversiegelten Parkplatz sowie einer verwilderten Rasenfläche (Fl. 1 und 13). Auf diesen Flächen findet sich als Besonderheit eine durchgehende Betonschicht in einer Tiefe von 25 cm, wodurch Versickerung des Niederschlagswassers und Grundwasserneubildung verhindert wird. Fläche 13 war zum Zeitpunkt der Wende eine verwilderte Rasenfläche, die unterirdische Versiegelung muss auf vorwendezeitliche Nutzung zurückgehen. **Dies ist ein Beispiel dafür, dass die Potentiale nicht nur durch die Transformation seit der Wende, sondern auch durch präwendezeitliche Nutzungsänderung bedingt werden können.** Der niedrige Wert von 1,9 auf einer der Entsiegelungsbrachen beruht vor allem auf sehr niedrigen Skelettgehalten, wodurch eine schnelle Versickerung erschwert wird. Über ein überdurchschnittlich gutes Grundwasserneubildungspotential verfügen die „verwilderten Bahnanlagen“. Deren Bodendeckschicht, meist „offener Boden“ ist optimal zur Versickerung geeignet, der Boden selbst enthält hohe Sand- und Skelettgehalte, stammend aus den ehemaligen Schotterbetten (vgl. auch PAULEIT & DUHME 1998). Das Grundwassererneuerungspotential der übrigen Verwilderungsbrachen „verwilderter Rasen“ und „verwilderter Park“ liegt geringfügig niedriger als jenes der Entsiegelungsbrachen. Während auf den Entsiegelungsbrachen teilweise erhebliche Skelettanteile (bis 93%) vorkommen, und der durchschnittliche Skelettgehalt bei 30% liegt, liegt der Skelettgehalt der Verwilderungsbrachen (ohne verwilderte Bahnanlagen) mit 24% merklich darunter. Dies gilt nicht für alle Flächen, auf Fläche 13 finden sich ebenfalls Skelettgehalte bis zu 89%. Die Skelette der Entsiegelungsbrachen (sowie Fläche 13) sind größtenteils anthropogenen bzw. technogenen Ursprungs und bestehen hauptsächlich aus Bauschutt verschiedenster Größen. Sande und Kiese finden oft als homogene „Pakete“, hierbei handelt es sich um die ehemalige Unterlagen der Stabilisierung

Tabelle 16: Ökologische Potentiale Untersuchungsgebiet Halle

Transformationstyp	Grundwasser- erneuerungspotential	Kohlenstoffsenken- potential	Rückhaltepotential	Staubfilterpotential	Ausgleichseffekt- potential	Schneiseffekt- potential	Wasserverfügbarkeits- potential	Nährstoffversorgung- potential	Biodiversitätspotential	Durchgängigkeits- potential	
1.1.3. Unvers. Parkpl.	Min	0,0	2,1	2,5	2,0	2,0	2,0	2,6	2,6	1,8	5,0
	Max	x	2,8	3,0	2,5	2,3	2,0	3,2	2,9	3,0	5,0
	Med	x	2,8	2,8	2,0	2,0	2,0	2,6	2,6	2,8	5,0
	Avg.	x	2,6	2,8	2,2	2,1	2,0	2,8	2,7	2,6	5,0
2.1.2. Versiegelungsbrache	Min	2,0	0,5	1,0	0,5	1,0	2,3	2,0	1	1,5	5,0
	Max	2,0	1,5	1,5	1,0	1,3	2,7	2,0	1	2,7	5,0
	Med	2,0	1,0	1,0	0,5	1,3	2,3	2,0	1	2,1	5,0
	Avg.	2,0	1,0	1,2	0,7	1,2	2,4	2,0	1	2,1	5,0
2.2.1. Entsiegelung nat.	Min	1,9	2,8	3,1	3,0	3,0	1,3	2,7	2,6	2,6	5,0
	Max	3,6	3,7	4,0	3,5	5,0	3,7	4,0	3,6	3,2	5,0
	Med	2,8	3,4	3,3	3,5	3,3	1,7	3,1	2,9	2,8	5,0
	Avg.	2,7	3,4	3,4	3,3	3,8	2,2	3,2	3,0	2,8	5,0
2.2.2. Entsiegelung tech.	Min	2,3	2,9	2,8	2,5	3,3	2,3	2,2	2,7	3,5	3,0
	Max	3,3	4,1	3,4	3,0	4,0	3,0	3,6	3,5	4,5	5,0
	Med	2,9	3,5	3,3	3,0	3,3	2,7	2,9	3,0	4,1	5,0
	Avg.	2,9	3,4	3,2	2,8	3,5	2,7	2,9	3,1	4,0	4,3
2.3.1. Verw. Rasen	Min	0,0	2,8	2,6	3,5	3,7	2,0	2,2	2,3	2,1	3,0
	Max	2,6	4,1	3,8	3,5	3,7	2,7	3,7	3,6	2,9	5,0
	Med	2,3	3,7	3,6	3,5	3,7	2,7	3,2	3,4	2,7	3,0
	Avg.	1,6	3,6	3,4	3,5	3,7	2,5	3,0	3,2	2,6	3,7
2.3.2. Verw. Park	Min	2,3	3,3	3,4	3,5	3,3	1,3	2,8	3,0	2,1	2,0
	Max	2,9	4,1	3,6	4,5	3,7	2,0	3,4	3,4	3,2	5,0
	Med	2,5	3,3	3,5	4,0	3,5	1,7	3,1	3,2	2,4	3,5
	Avg.	2,6	3,6	3,5	4,0	3,5	1,7	3,1	3,2	2,5	3,5
2.3.4. Verw. Gleise	Min	2,3	3,5	2,9	2,5	2,7	2,3	2,6	3,1	1,7	5,0
	Max	4,3	2,6	3,6	4,5	3,3	2,7	3,4	3,7	3,4	5,0
	Med	3,2	4,5	3,3	3,0	3,3	2,3	3,0	3,4	3,0	5,0
	Avg.	3,4	3,6	3,3	3,3	3,1	2,4	3,0	3,4	2,7	5,0
Gesamt	N	52	52	52	20	20	20	52	52	61	20
	Min	,0	,5	1,0	,5	1,0	1,3	2,0	1,0	1,5	2,0
	Max	4,3	4,5	4,0	4,5	5,0	3,7	4,0	3,7	4,5	5,0
	Avg.	2,45	3,30	3,30	3,00	3,30	2,30	2,90	3,00	2,80	5,00

und Drainage, wie sie zum Beispiel im Straßen- und Gebäudebau verwendet werden.

Für das **Kohlenstoffsenkenpotential** wurden Werte zwischen 0,5 und 4,5 ermittelt (Mittelwert 3,0; Median 3,3). Die niedrigsten Werte, zwischen 0,5 und 1,5 wurden auf den Versiegelungsbrachen gefunden. Dies ist vor allem durch den hohen Versiegelungsgrad dieser Flächen und dem daraus folgenden niedrigen Vegetationsbedeckungsgrad bedingt (SUKOPP ET AL., 1974). Zur Besiedelung stehen zunächst nur die Plattenzwischenräume und eventuell unversiegelte Randbereiche zur Verfügung. Erst wenn der Versiegelungsanteil durch Verwitterungsprozesse sinkt, steigt die Vegetationsbedeckung. Dann kann eine nennenswerte Anreicherung von Kohlenstoff in Form von Humus auf

diesen Flächen stattfinden. Neben den Versiegelungsbrachen weist „unversiegelter Parkplatz“ ein unterdurchschnittliches Potential auf. Hier wurde ebenfalls eine vergleichsweise hohe Versiegelungsrate von 25% und niedrige Vegetationsbedeckung ermittelt. Dies ist typisch für diesen Nutzungstyp, da Teile des Randes und der Einfahrtsbereich für Autos meist noch versiegelt sind. Eine geschlossene Vegetationsdecke kann sich nur auf den von den Autos nicht befahrenen Rändern ausbilden.

Alle übrigen Flächen liegen im Mittel über 3,0. Das Maximum (4,5) wird auf den „Verwilderten Bahnanlagen“ erreicht, andere Brachen erreichen mit Maximalwerten von 4,1 ähnlich hohe Bewertungen. Die „verwilderten Bahnbrachen“ weisen sehr hohe Kohlenstoffgehalte (bis zu 44%) und hohe Kationenaustauschkapazität auf (vgl. BLUME 1998), was zu der guten Bewertung führt. Eine natürliche Anreicherung von Kohlenstoff (in Form von Humus) ist in diesem Umfang auf terrestrisch entstandenen Böden nicht möglich (SCHEFFER & SCHACHSCHABEL, 2002). Zumindest ein Teil des Kohlenstoffs muss aus anderen Quellen stammen. Drei Punkte weisen darauf hin, dass es sich hierbei höchstwahrscheinlich um Braunkohlen handelt. Erstens bestehen Braunkohlen „...*größtenteils aus Huminstoffen, die dann ionenähnlich stark zu sorbieren vermögen wie Huminstoffe natürlicher Böden*“ (AK STADTBÖDEN 1997, S.45). Dies wäre eine Erklärung für die hohe Kationenaustauschkapazität. Zweitens wurde in diesem Stadtviertel vor der Wende viel Braunkohle in Industrie und Hausbrand verwendet (SAUERWEIN & FRÜHAUF, 2000; STADT HALLE, 2006d; WALOSSEK, 2006), die die Quelle für eventuelle Braunkohlen im Boden sein können. Drittens wurde während der Carbonat-Analyse bei den Proben der Bahnbrachen leichter Schwefelwasserstoffgeruch registriert, der aus den für Braunkohlen typischen Schwefelverbindungen (KÖLLING, 2002) stammen kann.

Für das **Rückhaltepotential** wurden Werte zwischen 1,0 und 4,0 (Mittelwert 2,9; Median 3,3) ermittelt. Die Versiegelungsbrachen weisen die niedrigsten Werte auf. Hohe Versiegelungsraten und wenig verfügbares Bodenmaterial sind die Gründe dafür. Der Maximalwert erreicht Fläche 6, eine Entsiegelungsbrache mit natürlichem Substrat. Der Typ „Verwilderter Rasen“ weist ähnlich hohe Rückhaltepotentiale (3,8) auf. Beide zeichnen sich aus durch niedrige Versiegelungsraten in Verbindung mit einer optimalen Bodendeckschicht (Stauden), hohe Kationenaustauschkapazität und hohen Carbonatgehalten, sowie niedrigen Skelettgehalt. Die übrigen Flächen liegen in ihrem Rückhaltepotential zwischen diesen Extrema. Hierfür kann kein einzelner Parameter ausgemacht werden, die Flächen variieren hinsichtlich aller Parameter.

Bezüglich des **Staubfilterpotentials** ergeben sich Werte zwischen 0,5 und 4,5 (Mittelwert 2,8; Median 3,0). Wie sich aus dem Median ablesen lässt, sind die Werte überwiegend hoch. Die niedrigsten Werte erreichen die Versiegelungsbrachen. Sie sind hochversiegelt, ihr dominanter Bedeckungstyp ist „Beton“ oder „Platten“. Besser wurden die „unversiegelten Parkplätze“ bewertet. Sie sind gering bis mäßig versiegelt, ihre Bodendeckschicht ist „offener Boden“. Dieser ist geringfügig in der Lage, Staubpartikel zu halten. Bei starker Austrocknung wird er zur Staubquelle. Die „Entsiegelungsbrachen“ weisen niedrigere Staubfilterpotentiale auf als die „Verwilderungsbrachen“. Letztere erreichen Werte von 2,5 bis 3,5. Zur Abwertung führten die nicht vollständige Entsiegelung der Flächen, sowie die „Bodendeckschicht“ „Wiese“ oder „Staudenbedeckung“. Deren Staubfiltervermögen ist im Vergleich zu Baum- oder Strauchbedeckung aufgrund ihres niedrigeren Blattflächeindex niedrig, und wird mit „2“ bewertet (DEILMANN ET AL., 2005). In einem Fall (Fl.4) liegt als Bodendeckschicht „Bäume

und Sträucher“ vor. Der Wert dieser Fläche wird von einem großen versiegelten Areal herabgemindert. Die Verwilderungsbrachen erreichen bezüglich des Staubfilterpotentials die höchsten Werte. Da DEILMANN ET AL. für die optimalen Verhältnisse (Bedeckung mit Bäumen und Sträuchern) nur einen (angepassten) Wert von 4 vergeben, stellt der Wert 4,5 für dieses Potential das Optimum dar. Der Maximalwert wird auf zwei Flächen erreicht, einem verwilderten Park (Fl.17) sowie einer der verwilderten Gleisflächen (Fl.19, vgl. Abb. 23). Wie im Foto zu sehen, sind die Flächen mit Bäumen und Sträuchern bestanden und vollständig entsiegelt.



Abbildung 23: Gehölzbestandene Transformationsfläche (Fl. 19)

Für das **Klimatische Ausgleichspotential** werden Werte zwischen 1 und 5 gemessen (Mittelwert 2,9; Median 3,3). Die niedrigsten Werte werden von den Versiegelungsbrachen erreicht. Sie zeichnen sich durch tendenziell geringere Flächengrößen, hohe Versiegelungsrate und „Platten“ bzw. „Asphalt“ als Deckschicht aus. Diese Parameter wirken sich negativ auf das Klimaausgleichsvermögen aus. Der Typ „unversiegelter Parkplatz“ liegt mit 2,0-2,3 zwischen den Versiegelungsbrachen und den übrigen Typen. Der als positiv bewerteten niedrigen Versiegelungsrate stehen negativ die für diesen Typ charakteristischen niedrigen Flächengrößen

sowie die Bodendeckschicht „offener Boden“ gegenüber. Die besten Werte werden von den „Entsiegelungsbrachen“ erreicht. Die positiven Faktoren, die zu dieser Einschätzung führen, sind: hohe Flächengröße, niedrige Versiegelungsrate, Vegetationsbedeckung („Stauden“, „Wiese“ oder „Sträucher/Wald“). Die Werte der „Verwilderungsbrachen“ liegen unter denen der „Entsiegelungsbrachen“. „Verwilderungsbrachen“ weisen hohe Vegetationsbedeckung und niedrige Versiegelungsraten auf, sind im Gegensatz zu den „Entsiegelungsbrachen“ aber wesentlich kleiner, was eine niedrige Bewertung zur Folge hat.

Für das **Klimatische Schneiseneffektpotential** wurden Werte zwischen 1,3 und 3,7 ermittelt (Mittelwert 2,3 ; Median 2,3). Fast alle Flächen befinden sich im klimatisch ungünstigen Stadtstrukturtyp „Industrie- und Gewerbe“ (vgl. SAUERWEIN & FOURNACON 2002). Den Minimumwert erreichen zwei Flächen, ein „Verwilderter Park“ (Fl.17) sowie eine „Entsiegelungsbrache (nat.)“ (Fl.4). Bei Beiden handelt es sich um kleinere von Häusern umgebene Flächen (Baulücken). Ein Luftaustausch kann lediglich über die schmalen Einfahrten stattfinden.

Während die „Versiegelungsbrachen“ bei den bisher thematisierten Potentialen unterdurchschnittliche Werte erreichten, liegen sie hinsichtlich des Schneiseneffekts im Durchschnitt. Es handelt sich um tendenziell kleine, größtenteils unbebaute Flächen. Oft liegen sie zwischen Brach- oder Grünflächen und bilden als Verbindungsglied einen Korridor, über den sich die Luft austauschen kann. Den Maximalwert (3,7) erreicht Fläche 6, eine sehr große (21ha) „Entsiegelungsbrache (nat.)“, die das Verbindungsglied zwischen den großen Brachflächen im Bereich des Stromversorgungsunternehmens EVH und den Brachen an der Thüringer Straße bildet.

Das **Wasserverfügbarkeitspotential für die Vegetation** liegt zwischen 2,0 und 4,0 (Mittelwert 2,9 ; Median 2,9). Die niedrigsten Werte erreichen die Versiegelungsbrachen, deren versiegelten Bereiche nicht oder nur eingeschränkt als Wasserspeicher und -versorger nutzbar sind (BREUSTE ET AL., 2007). Auf den übrigen Flächen treten Unterschiede bis zu 0,6 Einheiten innerhalb einer Fläche auf (vgl. Anhang C.4). Dies lässt sich zurückführen auf die große Heterogenität der Böden, vor allem der anorganischen sowie organischen Festbestandteile, die sich in den Parametern „Nutzbare Feldkapazität (nFk)“ „Skelettgehalt“ sowie „Humusgehalt“ ausdrücken. Die unterirdische Versiegelung der Flächen 1 und 13 zeigt auf die Wasserverfügbarkeit keinen Einfluss. Die niedrige Wasserverfügbarkeit dieser beiden Flächen ist auf die geringen Humusgehalte zurückzuführen, nicht auf die Versiegelung.

Fläche 19 (Entsiegelung nat.) erreicht insgesamt das höchste Wasserverfügbarkeitspotential aufgrund hoher Vegetationsbedeckung, hoher NFk, relativ geringen Skelettgehalten von 2-16% sowie hohen Humusgehalt.

Das **Nährstoffversorgungspotential** liegt zwischen 1,0 und 3,7 (Mittelwert 2,8 Median 3,0). Die Unterschiede in „Humus-“ und „Skelettgehalt“ bedingen stark die Unterschiede in den Bewertungen. Ein Wert von durchgehend 1,0 wurde für die Versiegelungsbrachen ermittelt. Ihnen fehlt das Bodenmaterial, und damit die Basis, die Fläche optimal versorgen zu können. Die „unversiegelten Parkplätze“ erreichen einen Maximalwert von 2,9. Dieser im Vergleich niedrige Wert ist wahrscheinlich darauf zurückzuführen, dass aufgrund logistischer Gründe (Bautätigkeit auf den anderen Flächen) lediglich eine Fläche, (Fl. 1) untersucht werden konnte, und diese Fläche zufällig schlecht nährstoffversorgt ist. Auch die benachbart liegende Fläche Fl. 13 weist ein im Verhältnis zu den übrigen Ergebnissen niedriges Nährstoffversorgungspotential auf.

Den Maximalwert 3,7 erreichte eine „Verwilderte Bahnanlage“, aber auch Flächen der anderen Typen liegen ähnlich hoch (Entsiegelung nat., Verw. Rasen: 3,6; Entsiegelung tech. 3,5, Verw. Park: 3,4). Die Nährstoffgehalte, v.a. Kalzium, in den Böden sind hoch, mit einer Ausnahme: auf allen Flächen wurde ein Mangel an Stickstoff (Nitrat) verzeichnet (Bewertung „0“ bis „1“, vgl. auch Kap.8.1).

Das **Biodiversitätspotential** der Flächen liegt zwischen 1,5 und 4,5 (Mittelwert 2,8 ;Median 2,8). Der niedrigste Wert wurde auf einer Versiegelungsbrache ermittelt. Versiegelungsbrachen sind meist strukturarm und stark versiegelt, und können nur wenige ökologische Nischen für Spezialisten anbieten. Im Laufe der Sukzession und der parallel ablaufenden Verwitterungsprozesse sinkt der Anteil der versiegelten Fläche (SCHEFFER & SCHACHSCHABEL, 2002), das Biotopausbildungsvermögen der Versiegelungsbrachen nähert sich dem der übrigen Brachen an. Ein Beispiel für eine fortgeschrittene Sukzession ist Fläche 11, die ein Biodiversitätspotential von bis zu 2,7 erreicht. Auf den „Unversiegelten Parkplätzen“ wurden unterdurchschnittliche (1,8) bis durchschnittliche Werte (3,0) erreicht. Dies ist auf die anthropogene Beeinträchtigung, auch der Randbereiche zurückzuführen, die sehr unterschiedlich ausfällt.

Die „Entsiegelungsbrachen“ erreichen tendenziell höhere Werte als die „Verwilderungsbrachen“. Die höchsten Werte fanden sich auf den „Entsiegelungsbrachen mit technogenem Substrat“. Für sie wurden Werte zwischen 3,5 und 4,5 ermittelt. Das Maximum wird auf der Fläche 8 erreicht. Es handelt sich um eine 1,9ha große ehemalige Industriefläche. Die Fläche ist strukturell äußerst vielgestal-

tig, da Teile der ehemaligen Strukturen (Mauerreste, Steinhaufen etc.) auf der Fläche verblieben (vgl. Abb. 24). Hier können sich zahlreiche Arten mit verschiedensten Ansprüchen ansiedeln. Die Werte der Entsiegelungsbrachen (nat.) liegen unter jenen der Entsiegelungsbrachen mit technogenem Substrat. Sie sind meist strukturärmer durch das weitgehende Entfernen der technogenen und anthropogenen Strukturen und Substraten. Außerdem wurden auf den Entsiegelungsbrachen (nat.) weniger Arten gefunden. Die „Verwilderungsbrachen“ liegen bezüglich ihres Biodiversitätspotentials tendenziell unter den „Entsiegelungsbrachen“. Dies ist auf die Strukturarmut und die damit verbundenen niedrigen Artenzahlen, bedingt durch ererbte alte Strukturen (Park, Rasenfläche, Gleisschotter) zurückzuführen. Die Grasdecke sowie die in den Parks dominierenden Bäume sind außerordentlich konkurrenzstark (vgl. hierzu auch WITTIG ET AL. 1998; REIDL 1989), nur an gestörten Plätzen, wie Trampelpfaden können sich andere Arten ansiedeln. Die Gleisschotter zeichnen sich durch scharfe Kanten und einen extrem schlechten Wasserhaushalt aus (BURGHARDT, 1996). Hier können nur wenige Spezialisten siedeln. Auf den Flächen, auf denen die Schotter entfernt wurden (Fl.18, Fl.20), findet sich ein höheres Biodiversitätspotential, mit ca. 3,0 in derselben Größenordnung wie die Entsiegelungsbrachen.

Das **Durchgängigkeitspotential für Organismen**

zeigt sich auf allen Flächen mit optimalen Werten: nur 4 der 20 Flächen erreichen nicht den Höchstwert von „5“, sondern werden mit „3“ (Fl.7; 14; 15) bzw. „2“ (Fl.17) eingeschätzt. Die übrigen sind unmittelbar und ohne Barrieren mit anderen Freiflächen verbunden. Ein ungehinderter Austausch zwischen diesen Flächen kann stattfinden. Die mit „3“ bewerteten Flächen sind durch einen Zaun von den angrenzenden Freiflächen getrennt. Dies bedeutet für einen Teil der Organismen, z.B. größere Tiere ein effektives Hindernis, während sich Samen hindernisfrei über diese Flächen verbreiten können. Die mit „2“ bewertete Fläche 17 verfügt lediglich über eine Verbindung zu einem Park, mit dem ein (eingeschränkter) Austausch erfolgen kann.

Folgende Punkte lassen sich zusammenfassen: Niedrige Werte verzeichnen die „Versiegelungsbrachen“, mit Ausnahme der Potentiale „Schneiseneffektpotential“ und „(Biologisches) Durchgängigkeitspotential“. Für beide Potentiale ist ein Fehlen von Barrieren besonders wichtig. Die „Versiegelungsbrachen“ sind meist unbebaut, weisen keine oder wenige Hindernisse für einen Austausch auf. Zudem liegen sie meistens in unmittelbarer Nachbarschaft zu weiteren Brachen, die den Luftaustausch weiter begünstigen und als Quell- und Zielort für Organismen in Frage kommen. Ebenfalls durchschnittlich niedrige Potentiale wurden für den Transformationstyp „Unversiegelter Parkplatz“ ermittelt. Hierfür ist vor allem die starke anthropogene Nutzung, die Belastung durch parkende Autos verantwortlich.

Von dieser Ausnahme abgesehen weisen die Flächen im Untersuchungsgebiet Halle unterschiedliche, insgesamt gute ökologische Wertigkeiten auf, die sich in den hohen Durchschnitts- und Medianwerten widerspiegeln. Auffällig ist die hohe Heterogenität der Flächen, auch im Vergleich der drei „Spots“



Abbildung 24: Strukturelle Vielfalt auf den Entsiegelungsbrachen

einer Fläche (z.B. Fl. 8 „Kohlenstoffsенke“: 0,8 Einheiten). Die ökologischen Potentiale der „Entsiegelungsbrachen“ liegen im selben Niveau wie die der „Verwilderungsbrachen“. Dies ist überraschend. Zu erwarten wäre, dass die Entsiegelungsbrachen aufgrund der jahrelangen intensiven Nutzung ein weitaus geringeres ökologisches Potential aufweisen, während die Verwilderungsbrachen über einen viel längeren Zeitraum ihre ökologischen Potentiale ausbilden konnten. Eine mögliche Erklärung hierfür ist, dass die Verwilderungsbrachen irgendwann vor der Wende versiegelt waren, und aus dieser Zeit Merkmale geerbt haben, die ihre aktuellen ökologischen Potentiale herabmindern. Gegen diese These spricht, dass die Flächen, auf denen keine Spuren einer früheren Versiegelung zu finden waren, ähnliche ökologische Potentiale aufweisen. Eine weitere Möglichkeit ist, dass die Entsiegelungsbrachen nach Entfernen der Versiegelung schnell in der Lage waren, ihre ökologischen Potentiale zu regenerieren. Ein Vergleich von Parameter und Potentialen, die auf den Entsiegelungsbrachen ebenso gut oder besser sind wie auf den Verwilderungsbrachen, spricht stark für diese These. Diese Entwicklung ist als positiv zu bewerten, bedeutet sie doch, dass **die ökologischen Potentiale intensivster genutzter, versiegelter Industrieflächen, nicht langfristig oder endgültig zerstört wurden, sondern innerhalb weniger Jahre nach Entsiegelung ihr ökologisches Potential regenerieren konnten.**

7.2.2 Zusammenhang zwischen ökologischen Potentialen und Transformationstyp

Eine Eingangsfrage der vorliegenden Arbeit war, ob die von Entstehungsgeschichte und Struktur her unterschiedlichen Transformationstypen signifikant unterschiedliche ökologische Potentiale aufweisen. Dies wird nun mit Hilfe von Mediantest und Kruskal-Wallis-Test statistisch geprüft.

Die Nullhypothese H_0 lautet: „Die Potentiale der Transformationstypen folgen derselben Zufallsverteilung.“ Als Signifikanzniveau wird 0,5% angenommen, d.h. bei einer Signifikanz $\leq 0,005$ ist die Nullhypothese zu verwerfen.

Beide Tests (vgl. Tab. 17, Gesamttest siehe Anhang C.5) ergaben für die Potentiale „Grundwasserer-

Tabelle 17: Kruskal-Wallis und Mediantest

	Grundwassererneuerungspotential	Kohlenstoffsенkenpotential	Rückhaltepotential	Staubfilterpotential	Ausgleichseffektpotential	Wasserverfügbarkeitspotential	Schneiseffektpotential	Nährstoffversorgungspotential	Biodiversitätspotential	Durchgängigkeitspotential
Mediantest	,000	,011	,003	,025	,080	,063	,500	,001	,000	
Kruskal-Wallis	,000	,000	,000	,017	,022	,000	,210	,000	,000	,236

neuerungspotential“, „Rückhaltepotential“, „Wasserverfügbarkeit“, „Nährstoffversorgung“ und „Biodiversität“ signifikante Unterschiede. Der Kruskal-Wallis-Test ergab zusätzlich für das „Kohlenstoffsенkenpotential“ einen signifikanten Unterschied. Für Diese kann eine Zufallsverteilung der Ergebnisse auf einem Signifikanzniveau von 0,5% ausgeschlossen werden. Das Ergebnis bedeutet einen

signifikanten Unterschied mindestens einer der Transformationstypen. Aus der Signifikanz kann nicht darauf geschlossen werden, um welche(n) Typ(en) es sich handelt. Hierfür werden die „Ränge“ (Mean Ranks) herangezogen (vgl. Tab. 18). Mit Ausnahme des „Biodiversitätspotentials“ liegen die

Tabelle 18: Kruskal-Wallis (Auswahl)

	Grundwasserernewungspotential		Kohlenstoff-senkenpotential		Rückhalte-potential	
	N	Mean Rank	N	Mean Rank	N	Mean Rank
1.1.3. Unv. Parkpl.	3	3,50	3	12,33	3	12,67
2.2.1. Ents. nat	9	29,44	9	29,00	9	32,17
2.2.2. Ents. tech.	10	36,35	10	31,45	10	26,15
2.1.2. Vers.br.	9	12,50	9	5,00	9	5,00
2.3.1. Verw. Rasen	9	17,44	9	36,06	9	37,72
2.3.2. Verw. Park	3	29,00	3	33,00	3	41,83
2.3.4. Bahnanlagen	9	42,50	9	33,00	9	31,00
Total	52		52		52	
Chi-Square		32,845		27,957		31,046
Asymp. Sig.		,000		,000		,000

	Wasserverfügbar-keitspotential		Nährstoffversor-gungspotential		Biodiversitäts-potential	
	N	Mean Rank	N	Mean Rank	N	Mean Rank
1.1.3. Unv. Parkpl.	3	23,17	3	15,33	9	27,44
2.2.1. Ents. nat	9	35,78	9	27,06	9	34,06
2.2.2. Ents. tech.	10	27,60	10	29,05	10	56,50
2.1.2. Vers.br.	9	5,00	9	5,00	9	12,06
2.3.1. Verw. Rasen	9	32,33	9	33,83	9	27,06
2.3.2. Verw. Park	3	33,67	3	31,83	6	22,83
2.3.4. Bahnanlagen	9	30,39	9	39,22	9	31,50
Total	52		52		61	
Chi-Square		24,506		29,203		33,474
Asymp. Sig.		,000		,000		,000

Ränge der Typen „unversiegelter Parkplatz“ und „Versiegelungsbrachen“ weit unter denen der anderen. Dies deckt sich mit den Ergebnissen der visuellen Auswertung (vgl. Kap.7.2.1). Um zu prüfen, ob auch ohne diese beiden Typen Signifikante Unterschiede feststellbar sind, **werden die Tests ohne die Typen „unversiegelter Parkplatz“ und „Versiegelungsbrachen“ wiederholt**. Die modifizierte Nullhypothese H_0 lautet: „Die Potentiale der Transformationstypen (außer Parkplatz und Versiegelungsbrache) folgen derselben Zufallsverteilung.“

Ergebnis: Nur für „Grundwasserernewungspotential“ sowie „Biodiversitätspotential“ kann die Nullhypothese noch verworfen werden (vgl. Tab. 19). Für „Rückhaltepotential“, „Wasserverfügbarkeit“, „Nährstoffversorgung“ werden unter Verwendung des modifizierten Datensatzes keine signifikanten Unterschiede entdeckt. Für diese unterscheiden sich unversiegelter Parkplatz und Versiegelungsbrache einerseits und die übrigen Transformationstypen andererseits voneinander, wobei die Werte der ersten Gruppe weit unter denen der zweiten Gruppe liegen, wie aus den Mean Ranks ersichtlich ist.

Zur Interpretation von „Grundwassererneuerungspotential“ sowie „Biodiversitätspotential“ werden

Tabelle 19: Kruskal-Wallis und Mediantest (ohne Vers. PP und Versiegelungsbrache)

	Grundwassererneuerungspotential	Kohlenstoff-senkenpotential	Rückhaltepotential	Staubfilterpotential	Ausgleichseffekt-potential	Wasserverfügbarkeits-potential	Schneiseffekt-potential	Nährstoffversorgungs-potential	Biodiversitätspotential	Durchgängigkeits-potential
Mediantest	,004	,897	,035	,346	,164	,761	,539	,304	,000	
Kruskal-Wallis	,002	,777	,138	,194	,387	,694	,375	,225	,000	,331

erneut die Mean Ranks (vgl. Tab. 19) herangezogen. Die Entsiegelungsbrachen erreichen bezüglich beider Potentiale höhere Wertigkeiten als die „Verwilderungsbrachen“. Die „Bahnanlagen“ weisen höhere Wertigkeiten auf als die übrigen „Verwilderungsbrachen“ und liegen im selben Bereich wie die „Entsiegelungsbrachen“.

Fazit Die eingangs aufgestellte Hypothese, dass die von Entstehungsgeschichte und Struktur unterschiedlichen Transformationstypen signifikant unterschiedliche ökologische Wertigkeiten (Potentiale) aufweisen, kann nur sehr eingeschränkt bestätigt werden. Die statistischen Tests ergaben für vier der insgesamt zehn getesteten Potentiale signifikante Unterschiede. Nachdem die Typen „Unversiegelter Parkplatz“ und „Versiegelungsbrache“ aus der Analyse ausgeklammert worden waren, fanden sich nur noch für zwei Potentiale (Grundwassererneuerungspotential, Biodiversitätspotential) signifikante Unterschiede.

7.2.3 Vergleichsuntersuchungsgebiet Poznan

Für das Untersuchungsgebiet „Poznan“ wurden mit derselben Methodik, in eingeschränktem Umfang (Bodenaufnahmen: 1 Fläche pro Typ, Vegetationsaufnahmen: 2 Flächen pro Typ) die ökologischen Potentiale ermittelt (Ergebnisse vgl. Tabelle 20). Der Typ „Verwilderter Garten“ wurde nur in „Poznan“ untersucht. Hinsichtlich „Staubfilter“- und „Ausgleichspotential“ wurden hier die höchsten Werte für das Untersuchungsgebiet „Poznan“ ermittelt, bedingt durch die Größe (2 ha), den niedrigen Versiegelungsgrad (unversiegelt) und die Bodendecksicht (Wiese). Die Fläche ist nach zwei Seiten zur Straße hin offen. Der Schneiseffekt ist deswegen mit „3“ vergleichsweise hoch. Die Durchgängigkeit wurde mit „2“ vergleichsweise niedrig eingeschätzt, ein Austausch der Organismen kann nur mit den artenarmen anthropogenen Grünflächen (Abstandsgrün) und über die Straßen erfolgen. Das Biodiversitätspotential liegt mit 3,4 bis 3,6 im selben Bereich wie das der übrigen untersuchten Flächen.

Vergleich der Untersuchungsgebiete Im Folgenden wird ein Vergleich zwischen den beiden Untersuchungsgebieten durchgeführt, und zwar sowohl der ökologischen Potentiale als auch der Eingangsparameter. So kann festgestellt werden, ob die Unterschiede zwischen den Untersuchungs-

Tabelle 20: Ökologische Potentiale Untersuchungsgebiet Poznan

Transformationstyp	Grundwasser-erneuerungspotential	Kohlenstoffsinkenpotential	Rückhaltepotential	Staubfilterpotential	Ausgleichseffektpotential	Schneiseffektpotential	Wasserverfügbarkeitspotential	Nährstoffversorgungspotential	Biodiversitätspotential	Durchgängigkeitspotential
1.1.3. Unvers. PP	3-3,3	2,5-3	3-3,2	3	2,7	2,3-3	2,8-3,0	2,7-2,8	1,9-2,1	2-5
2.1.2. Versiegelungsbrache	2	1-3,5	1-1,5	0,5-1	1-1,3	2-2,7	2,0	1	2,4-2,8	3-5
2.2.1. Entsiegelung nat.	2,2-2,5	3,2-3,8	3,2-3,4	3	3,3	2,7	3,1-3,6	2,7-3	2,2-2,4	5
2.2.2. Entsiegelung tech.	2,4-2,7	2,4-2,9	2,7-2,8	2,5	3	2- 2,3	2,9-3,1	2,1	3,3-3,9	2,0-3,0
2.3.1. Verw. Rasen	2,1-2,3	2,5-3	3,4-3,5	3	3,7	2,7	2,8-3,1	2,4-2,9	2,6	2,0
2.3.3 Verw. Garten	x	x	x	3,5	4,3	3,0	x	x	3,4-3,6	2,0
2.3.4. Verw. Gleise	2,7-3	2,9-3,3	3,4	3,0	3,7	2,3-3	2,9-3,2	2,9	3,0-3,8	5

Potential höher als „Halle“
Potential niedriger als „Halle“
Verw. Garten

gebieten auch statistisch signifikant sind. Es können Schlüsse gezogen werden dahingehend, auf welche(n) gemeinsame(n) Nenner (ökologische Flächenparameter) sich diese Unterschiede zurückführen lassen, und schließlich, ob es sich hierbei um natürlich induzierte oder anthropogen bedingte Unterschiede handelt.

Die Potentiale der Untersuchungsgebiete „Halle“ und „Poznan“ unterscheiden sich. In "Poznan" wurden meist niedrigere Werte erreicht, sowohl absolut (vgl. Tab. 20) als auch im Mittel (siehe Tab. 21). Das betrifft insbesondere „Kohlenstoffsinkenpotential“ (Differenz 0,43), „Nährstoffversorgungspotential“ (Differenz 0,57) und „Durchgängigkeitspotential“ (Differenz 1,0). Lediglich das „Schneiseffektpotential“ ist in „Poznan“ deutlich höher, v.a. bedingt durch die bessere Verbindung zu anderen Freiflächen. Kruskal-Wallis-Test und Mediantest ergaben signifikante Unterschiede hinsichtlich des Kohlenstoffsinkenpotentials (0,005) und des Nährstoffversorgungspotential (0,001) (vgl. Anhang C.6). Um festzustellen, auf welche Eingangsparameter sich diese Unterschiede zurückführen las-

Tabelle 21: Ökologische Potentiale Mittelwerte

	Grundwasser-erneuerungspotential	Kohlenstoffsinkenpotential	Rückhaltepotential	Staubfilterpotential	Ausgleichseffektpotential	Schneiseffektpotential	Wasserverfügbarkeitpotential	Nährstoffversorgungspotential	Biodiversitätspotential	Durchgängigkeitspotential
Mittelwert Halle	2,37	3,01	2,93	2,78	2,96	2,30	2,85	2,77	2,80	4,55
Mittelwert Poznan	2,43	2,58	2,68	2,55	2,95	2,77	2,55	2,20	2,90	3,55
Saldo	-0,1	0,43	0,26	0,23	0,01	-0,5	0,31	0,57	-0,1	1

sen, werden diese ebenfalls statistisch geprüft. (Anmerkung: Hierfür werden nicht die Primärdaten, sondern die ökologischen Bewertungen vgl. Anhang C.4 verwendet, damit auch nominal skalierte Daten (z.B. die Bodendeckschicht) getestet werden können). Kruskal-Wallis-Test und Mediantest ergaben für **Kohlenstoffgehalt (C_{org})**, **Skelettgehalt**, **Kationenaustauschkapazität (KAK)**, **Humusgehalt**, **Magnesium (Mg)**, **Natrium (Na)** und **nutzbare Feldkapazität (nFK)** signifikante Unterschiede. Nur der Kruskal-Wallis-Test ergab signifikante Unterschiede hinsichtlich Phosphat (P) und Kalium (K). Die Mean Ranks (Tab.22) liegen für „Halle“ meist höher. Das spiegelt ebenfalls die höheren Potentiale von „Halle“ im Vergleich zu „Poznan“ wider.

Tabelle 22: Kruskal-Wallis-Test Ökologische Parameter Halle-Poznan

	C-Org		Kationenaustauschkapazität		Skelettgehalt Rückhaltepot.		nFK		Humusgehalt	
	N	Mean Rank	N	Mean Rank	N	Mean Rank	N	Mean Rank	N	Mean Rank
Halle	95	71,74	96	79,18	93	53,38	94	70,69	96	72,96
Poznan	34	46,16	35	29,84	35	94,04	35	49,73	35	46,90
Total	129		131		128		129		131	
Chi-Square	12,561		48,240		32,978		10,126		12,911356	
Asymp. Sig.	,000		,000		,000		,001		,000	
	Phosphat		Kalium (KAK)		Magnesium (KAK)		Natrium		Artenzahlen Braun/blanquet	
	N	Mean Rank	N	Mean Rank	N	Mean Rank	N	Mean Rank	N	Mean Rank
Halle	99	73,78	99	79,70	97	78,43	98	72,48	60	42,43
Poznan	35	49,73	35	33,00	35	33,43	35	51,64	35	57,56
Total	134		134		132		133		95	
Chi-Square	10,313		39,534		47,703		13,877		7,08346622	
Asymp. Sig.	,001		,000		,000		,000		,008	

Gründe für die Unterschiede zwischen den Untersuchungsgebieten Die Unterschiede zwischen den Untersuchungsgebieten lassen sich zurückführen auf natürliche Einflüsse, anthropogen bedingte Einflüsse, oder eine Kombination aus Beiden. Auch hier gilt wieder (vgl. Kap.6): Unterscheidet sich die Ausstattung der Zentren zweier Städte, lässt dies auf natürliche Einflüsse schließen. Unterschiede im Zentrum-Peripherie-Vergleich einer Stadt weist auf starke anthropogene Einflüsse im Zentrum, Geringe in der Peripherie hin. Geringe Unterschiede in Zentrum-Peripherie-Vergleich zeigen dominanten natürlichen Einfluss an.

In Halle und Poznan wurden zentrumsnahe und peripher gelegene Flächen untersucht. In Poznan liegen die Flächen „Campus Parkplatz (25)“ und „Staroleka (35)“ in der Peripherie, in Halle wurden im Rahmen der Ermittlung der ökologischen Potentiale keine peripheren Flächen untersucht. Für den Vergleich wurden die peripher gelegenen Flächen der Fallstudie „Silberhöhe“ (Fl. 22-24) herangezogen.

Zunächst wird überprüft auf welche(n) gemeinsame(n) Nenner (ökologische Flächenparameter) sich die Unterschiede zurückführen lassen. Bei den signifikant unterschiedlichen Parametern (s.o.) handelt es sich stets um pedogene Parameter. Einige signifikante Parameter sind direkt von anderen Parametern abhängig. Der Humusgehalt ergibt sich rechnerisch aus dem Kohlenstoffgehalt. Die

nutzbare Feldkapazität nFK wird aus Bodenart und Humusgehalt ermittelt. Die Kationen K, Na, Mg, die Kationenaustauschkapazität und Phosphat sind abhängig von Bodenart und Humusgehalt. Die Unterschiede zwischen den Gebieten lassen sich also vereinfachen auf Unterschiede bezüglich „Kohlenstoffgehalt“, „Skelettgehalt“ und „Bodenart“.

Vergleich des Kohlenstoffgehalts: Die Werte in „Halle-Zentrum“ variieren innerhalb einer weiten Spanne, es wurden erheblich höhere Werte gemessen als in „Halle-Peripherie“ oder in „Poznan“ (vgl. Abb.25, zur anschaulicheren Darstellung wurden Werte über 7% C nicht abgebildet). Die Werte von „Halle-Peripherie“ und „Poznan“ liegen in derselben Größenordnung. Die hohen Werte in „Halle-Zentrum“ sind in erster Linie auf Braunkohleablagerungen (ehemalige industrielle Nutzung = anthropogener Einfluss) zurück zu führen (vgl. Kap. 7.2.1). Der in „Halle-Peripherie“ gemessene Kohlenstoff stammt ebenfalls teils aus anthropogenen Quellen, nämlich aus Mutterbodenaufträgen (vgl. Kap. 8.1).

Der Unterschied „Zentrum-Peripherie“ beruht teilweise auch auf natürlichen Ursachen.

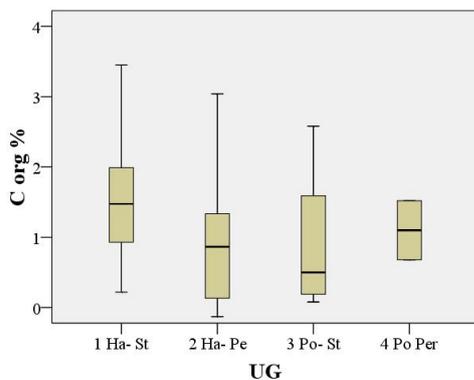


Abbildung 25: Stadt-Peripherievergleich C org

Die Peripheriefläche ist jünger als die meisten in der Innenstadt untersuchten Flächen, die Humusanreicherung ist hier weniger weit fortgeschritten. In „Poznan“ liegt der Kohlenstoffgehalt im „Zentrum“ etwas niedriger als in der „Peripherie“. Der humusreiche Oberbodenhorizont ist in der „Peripherie“ mächtiger und umfasst meist die gesamten beprobten 30 cm. Im „Zentrum“ sind die Oberböden geringmächtiger, und die (meist extrem humusarmen) Unterbodenhorizonte werden mit berücksichtigt. Sowohl im „Zentrum“ als auch in der „Peripherie“ stammen die Kohlenstoffgehalte aus der natürlichen Bodenentwicklung.

Die Unterschiede zwischen den Untersuchungsgebieten lassen sich zurückführen auf anthropogene Einflüsse in Halle, v.a. Kohleablagerungen im Zentrum.

Vergleich des Skelettgehalts: Die Skelettgehalte sind in „Halle“ höher als in „Poznan“ (vgl. 26). „Halle-Zentrum“ und „Peripherie“ weisen ungefähr gleiche Werte auf. Die Skelette weisen eine heterogene Zusammensetzung hinsichtlich Herkunft (technogener wie natürlicher) sowie Körnung auf. In der „Peripherie“ lässt sich ein Teil des Bodenskeletts anhand Farbe und Scherfestigkeit eindeutig dem anstehenden Gestein zuordnen. Für die Skelette im „Zentrum“ ist eine eindeutige Zuordnung hingegen nicht möglich. In „Poznan“ kommen vor allem Kiese und wenig technogenes Substrat vor. In der „Peripherie“ finden sich auf einer Fläche erhöhte Skelettgehalte. Hierbei handelt es sich um die Fläche des Typs „Verwilderte Bahnanlage“. Hohe Skelettgehalte sind für diesen Nutzungstyp charakteristisch (vgl.

Kap.7.2.1), sie stammen z.B. aus Resten des ehemaligen Schotterbetts. Hierbei handelt es sich um einen anthropogen induzierten Parameter (obgleich die Fläche in der Peripherie liegt). Auf der anderen Peripheriefläche (Fl.35) liegen die Skelettgehalte in derselben Größenordnung wie im „Zentrum“. Dies, ebenso wie der Mangel technogener Substrates ist ein starkes Indiz für die Dominanz natürlicher Einflüsse in „Poznan“. In „Poznan“ werden die Skelettgehalte durch die natürliche Landschaftsausstattung bedingt, die Lage im Jungmoränengebiet (Ausnahme: Fl.35). Für „Halle“ wurde eine Kombination natürlicher und anthropogener Faktoren identifiziert, ohne näher bestimmen zu können, welcher Faktor der Dominante ist. Der geologische Untergrund, der teilweise aus Festgestein besteht, bildet einen Anteil des Skelettgehaltes. Zusätzlich ist er durch die anthropogene Tätigkeit, vor allem die Abrisse, die in „Halle“ intensiver vorstatten gehen als in „Poznan“, erhöht.

Vergleich der Bodenart: In beiden Untersuchungsgebieten kommen vor allem sandige und schluffige, in geringem Umfang lehmige Böden vor. In „Halle“ dominieren schluffige Böden, in „Poznan“ sandige (vgl. Abb.27). In „Halle Zentrum“ finden sich ebenso viele sandige wie schluffige Böden, in

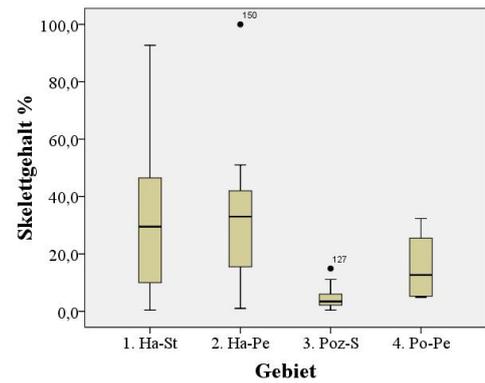


Abbildung 26: Stadt-Peripherievergleich Skelett

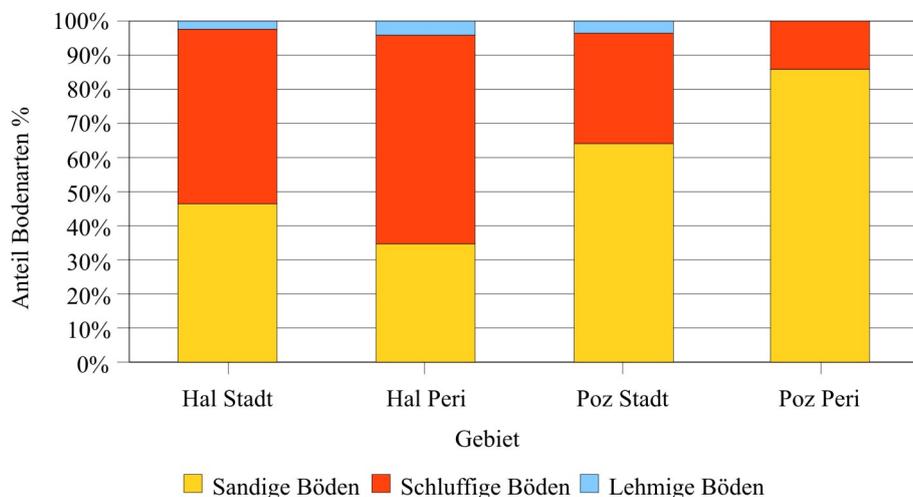


Abbildung 27: Vergleich Bodenarten

der „Peripherie“ überwiegen schluffige Böden. Die Herkunft der Sandfraktion im „Zentrum“ kann nicht abschließend geklärt werden, sowohl natürlicher Einfluss (sandig verwitterndes Substrat) als auch anthropogener Einfluss (Bausande, auch aus dem Stadtumland) sind möglich und plausibel. Der höhere Schluffanteil in der Peripherie lässt sich ebenfalls sowohl auf anthropogene Quellen (Verwendung von „Baulehmen“) als auch auf natürliche Einflüsse, v.a. das Vorhandensein von Löß in diesem Gebiet, zurückführen.

In „Poznan“ dominieren sowohl im „Zentrum“ als auch in der „Peripherie“ sandige Böden. Wie in Abbildung 27 zu sehen, ist der Anteil der sandigen Böden in der „Peripherie“ höher als im Zentrum.

Dies ist ein starkes Indiz dahingehend, dass es sich hierbei um natürliche Verhältnisse handelt. Die Sande stammen aus dem natürlichen Ausgangssubstrat, weichselkaltzeitliche Sanderflächen, und Moränen. Der sinkende Anteil der Sandfraktion zum Zentrum hin beruht auf anthropogenen Einflüssen, der intensiven Bautätigkeit und der Verwendung von (allochthonen) Baulehmen. Der Unterschied zwischen den Untersuchungsgebieten (in Halle mehr Schluff, in Poznan mehr Sand) ist auf die natürliche Ausstattung der Untersuchungsgebiete (Halle: Lage im Altmoränengebiet mit heterogenen Substraten, Poznan: Lage im Jungmoränengebiet) zurückzuführen. Interessant ist hierbei, dass trotz der jahrhundertelangen intensiven urbanen Nutzung sich die Körnungsverhältnisse der beiden Untersuchungsgebiete nicht angeglichen haben, sondern nach wie vor die natürlichen Bedingungen eindeutig widerspiegeln (vgl. hierzu auch BILLWITZ & BREUSTE 1980).

7.3 Entwicklung der ökologischen Potentiale (Untersuchungsgebiet Halle)

7.3.1 Wendezeitliche ökologische Potentiale der Brachen

Da für das Untersuchungsgebiet „Poznan“ keine wendezeitlichen Daten in ausreichender Qualität vorliegen, wurde die Abschätzung der ökologischen Potentiale nur für das Untersuchungsgebiet „Halle“ erstellt (Berechnungen vgl. Anhang C.7). Die Potentiale zur Wendezeit unterscheiden sich

Tabelle 23: Ökologische Potentiale „Wende“ (Halle)

	Grundwasser- erneuerungspotential	Kohlenstoffsenken- potential	Rückhaltepotential	Staubfilterpotential	Ausgleichseffekt- potential	Schneiseffekt- potential	Wasserverfügbarkeits- potential	Nährstoffversorgungs- potential	Biodiversitätspotential	Durchgängigkeits- potential
1.1.3. Unvers. PP	0-0,2	x	0,1-0,4	0,1-0,4	0,1-0,4	0	0,2-0,5	x	0,8-1,1	0
2.1.2. Versiegelungsbrache	0-0,2	0-x	0-0,4	0-0,4	0-0,4	0-2,3	0-0,5	0-x	0,1-0,8	0-3
2.2.1. Entsiegelung nat.	0-0,2	0-x	0-0,4	0-0,4	0-0,4	0-2,7	0-0,5	0-x	0-1,3	0-5
2.2.2. Entsiegelung tech.	0-0,1	0-x	0-0,2	0-0,2	0-0,2	0	0-0,3	0-x	0,8-1,1	0
2.3.1. Verw. Rasen	0-3	x	2,4-4	0,6-1	3-5	0-2,7	2,4-4	x	2,1-3	0-3
2.3.2 Verw. Park	1,6-1,9	x	3,2-3,8	3,2-3,8	3,2-3,8	1-1,3	4-4,8	x	4,0-4,8	0-1
2.3.4. Verw. Gleise	4,5-4,9	x	2,7-2,9	0,9-1	1,8-2	1-1,7	4,5-4,9	x	2,7-2,9	0-1

stark von den Aktuellen (Tab.23). Dies ist in erster Linie auf die damalige Nutzungsstruktur (v.a. Versiegelung) zurückzuführen. Die Transformationsflächen lassen sich grob in 2 Gruppen unterteilen: die Erste stellen diejenigen Flächen dar, die zur Wende versiegelt und/oder bebaut waren. Sie wiesen niedrige ökologische Potentiale auf, vor allem die bodengebundenen Potentiale (C-Senke, Nährstoffversorgung) waren stark herabgemindert. Zu dieser Gruppe zählen die Transformationstypen „Unversiegelter Parkplatz, Versiegelungsbrache“, sowie die „Entsiegelungsbrachen“. Die zweite Gruppe setzt sich aus denjenigen Flächen zusammen, die zur Wende unversiegelt waren (die Verwilderungsbrachen „Verwilderter Rasen“, „Verwilderter Park“ und „Verwilderte Bahnanlagen“). Sie wiesen bereits zu dieser Zeit hohe ökologische Potentiale auf.

7.3.2 Entwicklung

Im Vergleich Wende-Aktuell zeigen sich große Unterschiede. Abbildung 28 und 29 illustrieren diese Veränderungen (Tabellen vgl. Anhang, Tab.76). Abbildung 28 veranschaulicht die Entwicklung der

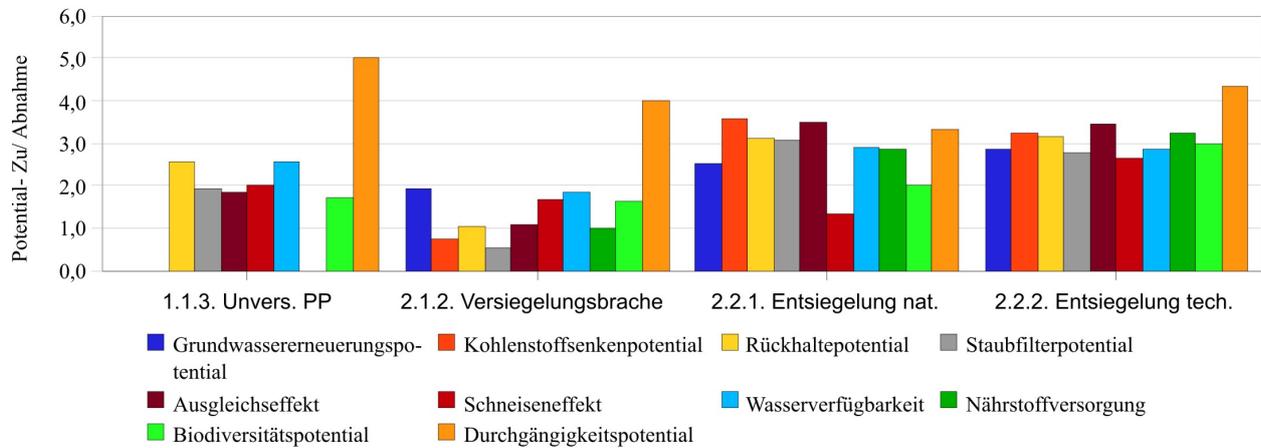


Abbildung 28: Entwicklung der ökologischen Potentiale

ökologischen Potentiale derjenigen Flächen, die zur Wende versiegelt waren. Sämtliche Ökologischen Potentiale haben sich verbessert. Die „Entsiegelungsbrachen“ weisen höhere Zuwächse auf als die „Unversiegelten Parkplätze“ und die „Versiegelungsbrachen“. Dies lässt sich auf die geringen aktuellen Werte dieser Typen zurückführen.

Die „**Versiegelungsbrachen**“ verzeichnen positive Entwicklung der wasserhaushaltsbezogenen Werte „Grundwassererneuerung“ und „Wasserverfügbarkeit“, außerdem beim „Durchgängigkeitspotential“. Die Flächen waren häufig bebaut, der Gebäudekörper behinderte Luftaustausch und die Durchgängigkeit für Arten. Durch den Abriss dieser Gebäude sind diese beiden Potentiale stark verbessert worden. Obwohl die Flächen noch stark versiegelt sind, und langsam im Zuge der Verwitterung der Pflaster etc. abnimmt, kann über die entstehende Ritzen Wasser eindringen. Ausschlaggebend für das verbesserte Durchgängigkeitspotential sind die in der Nachbarschaft brach gefallenen Flächen, die einen Austausch ermöglichen. Die **Entsiegelungsbrachen** (Sowohl mit **natürlichen** als auch mit **technogenem** Substrat) weisen die höchsten Zuwächse auf. Sie waren zur Wende zum größten Teil versiegelt, und wiesen damals niedrige ökologische Potentiale auf. Nach der Wende wurden sie entsiegelt, aber nicht weiter genutzt. Die Sukzession konnte ungestört einsetzen.

Abbildung 29 zeigt die Entwicklung der Verwilderungsbrachen, der zur Wende unversiegelten Flächen. In diesen Nutzungstypen sind die ökologischen Potentiale in geringerem Maße angestiegen, und anders als bei den bisher besprochenen kommen auch Abnahmen der Ökologischen Potentiale vor. Die Zunahmen lassen sich erklären durch die Veränderung der Vegetationsstruktur, und die Entstehung zahlreicher Brachflächen in unmittelbarer Umgebung, wodurch die Flächen als Korridor für Frischluft und Organismen dienen können. Die negativen Werte beruhen auf einem methodischen Fehler. Die Potentiale zur „Wende“ basieren zu einem erheblichen Anteil auf den Bewertungen nach DEILMANN ET AL. (2005), die tendenziell höher sind als die nach dem Schlüssel berechneten Werte. Die verwendete Methodik (Bodendeckschicht für Verhältnisse zur Wende - detaillierte Auf-

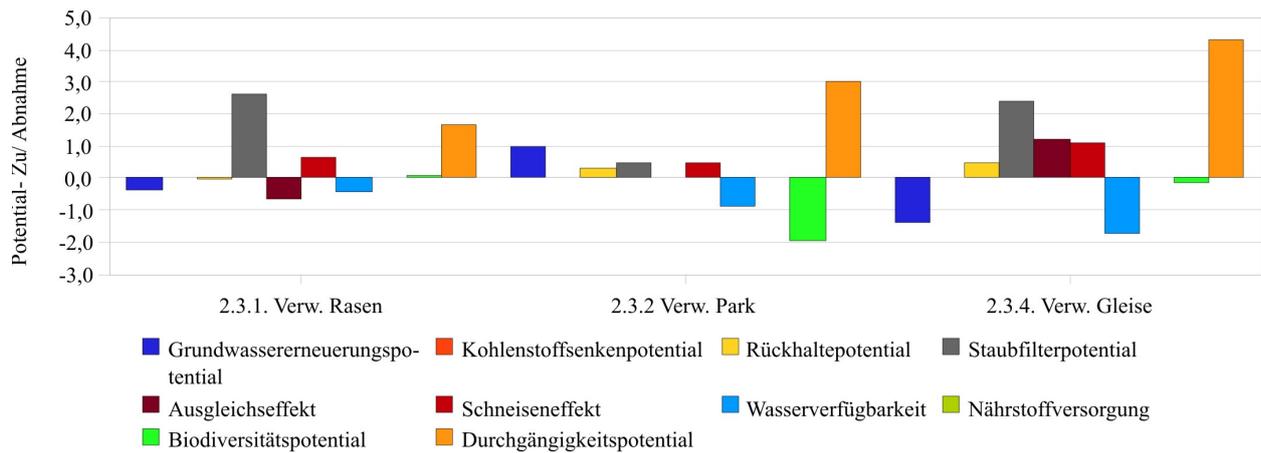


Abbildung 29: Entwicklung der ökologischen Potentiale (Forts.)

nahmen für aktuelle Verhältnisse) ist für die Ver- und Entsiegelungsbrachen hinreichend genau, für die Verwilderungsbrachen hingegen nicht.

Fazit: Die ökologischen Potentiale sind auf den Entsiegelungsbrachen angestiegen, auf den Versiegelungsbrachen und unversiegelten Parkplätzen weniger stark. Auf den Verwilderungsbrachen waren geringe Zuwächse, teilweise Rückgänge zu verzeichnen. Diese sind wahrscheinlich methodisch begründet. An dieser Stelle stößt der Bewertungsschlüssel an seine Grenzen.

7.4 Entwicklung der urbanen Ökosysteme „Halle“ und „Poznan“ - Versuch einer quantitativen Abschätzung

Eine Hauptfrage der Arbeit lautet: Wie haben das Untersuchungsgebiet X (Thüringer Bahnhof, Silberhöhe, Halle-Gesamt, Poznan-Jezyce, Rataje, Piatkowo) sich hinsichtlich des ökologischen Potentials P (Grundwassererneuerungspotential, Kohlenstoffsinkenpotential etc.) verändert? Dies lässt sich mathematisch ausdrücken:

$$\Delta P(X) = \sum_{n=1}^n (A_n - W_n) \times H_X(n)$$

hierbei gilt:

$n \in$ Transformationstyp

$\Delta P =$ Veränderung des Potentials P im Untersuchungsgebiet X

$A_n =$ aktuelles ökologisches Potential

$W_n =$ wendezeitliches ökologisches Potential

$H_X(n) =$ Prozentualer Anteil von n im Untersuchungsgebiet X

Die Berechnung erfolgt für jedes Potential P in jedem Gebiet X. Für die untersuchten Transformationstypen werden die Werte aus dem vorigen Kapitel 7.3.1 verwendet. Die für Halle errechneten Werte werden auch für die Gebiete in Poznan verwendet, da für Poznan keine wendezeitlichen Potentiale bestimmt werden konnten (vgl. 4.6). Die vorher nicht thematisierten Transformationstypen (v.a. Kategorie I) werden anhand von für diese Transformationstypen typischen Versiegelungs-,

Freiflächen- und Bebauungsstrukturen anhand der Bodendeckschicht bestimmt (vgl. Anhang C.8.1). Für fünf der zehn Potentiale konnten auf diese Weise Werte errechnet werden (Grundwassererneuerungspotential, Rückhaltepotential, Staubfilterpotential, Ausgleichseffekt, Biodiversitätspotential).

Ergebnis: Die berechneten Werte sind in Abbildung 30 dargestellt. Aufgrund der hohen Fehleranfälligkeit des Verfahrens (vgl. Kap. 4.6) wird von einer Interpretation der einzelnen Zahlenwerte abgesehen, stattdessen werden die (als korrekt eingeschätzten) Tendenzen beschreibend dargestellt.

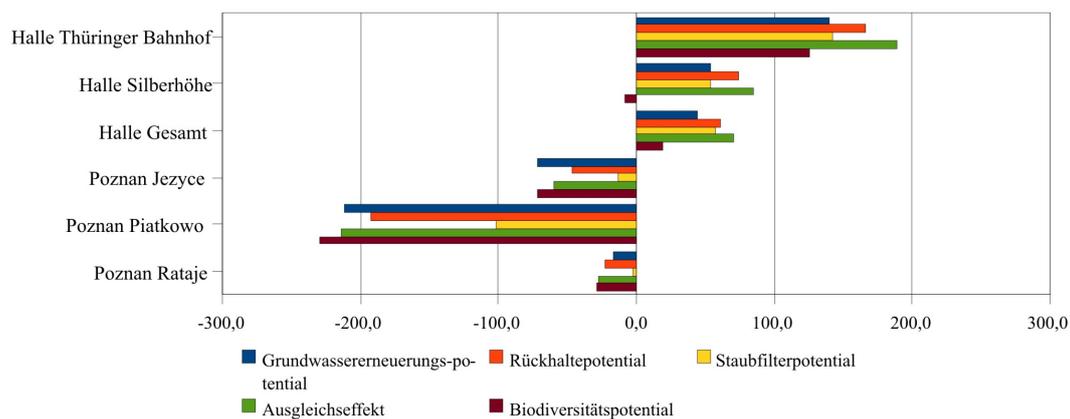


Abbildung 30: Entwicklung der Ökosysteme in den Untersuchungsgebieten

Im Untersuchungsgebiet „Thüringer Bahnhof“ wurden die höchsten Zuwächse ökologischer Potentiale ermittelt. Verantwortlich hierfür ist der starke Anstieg der Freiflächen, vor allem der Brachen. Im Untersuchungsgebiet Silberhöhe sind die ökologischen Potentiale mit Ausnahme des Biodiversitätspotentials in geringerem Umfang angestiegen. Hier steht das Entstehen von Brachen als positiver Einfluss der erheblichen Neuversiegelung als negativer Einfluss gegenüber. Negative Auswirkungen hat das hohe Aufkommen der „verwilderten Parks“. **Die Potentiale der Gesamtstadt Halle haben sich ebenfalls, teilweise deutlich verbessert.**

In „Poznan“ werden in allen Untersuchungsgebieten sinkende ökologische Potentiale verzeichnet. Diese Tendenz ist in Rataje am schwächsten ausgeprägt. In Rataje ist etwa dieselbe Fläche brach gefallen (24,4%) wie neu versiegelt wurde (28,8%, vgl. Tab.11). Positive und negative Änderungen gleichen sich damit aus. In Jezyce werden stärker sinkende Potentiale verzeichnet, in Piatkowo haben sich alle Potentiale sehr stark negativ entwickelt. Dies lässt sich vor allem auf die hohe Neuversiegelungsrate zurückführen.

Die Ergebnisse deuten darauf hin, dass sich das urbane Ökosystem in Halle durch die postwendzeitlichen Prozesse verbessert haben, während sich beim Ökosystem Poznan negative Auswirkungen abzeichnen.

8 Fallstudien (Mikroebene)

Anhand von zwei Fallstudien wird für die Untersuchungsgebiete Halle und Poznan jeweils ein wichtiges Ergebnis illustriert und veranschaulicht. In der ersten Fallstudie werden ökologische Ausstattung und ökologische Potential zweier **hallescher Brachen** vom Transformationstyp „Entsiegelungsbrache mit technogenem Substrat“ in zwei verschiedenen Stadtstrukturtypen vorgestellt und verglichen. Die zweite Fallstudie thematisiert den **Bebauungsdruck auf die poznanschen Grünflächen** am Beispiel des "östlichen Grünkeils".

8.1 Ökologische Ausstattung und Potentiale zweier „technogener Brachen“

8.1.1 Beschreibung

Der Standort **Thüringer Bahnhof** (innenstadtnah, Stadtstrukturtyp „Industrie und Gewerbeflächen“, Größe: 4277 m²) liegt im gleichnamigen Stadtviertel und ist identisch mit Fläche 7 (vgl. Anhang Tab. 55, Abb. 48). Die Fläche fällt zur Straße hin leicht ab (weniger als 1°), ist ansonsten eben. An die Fläche grenzen an: eine Versiegelungsbrache, eine Straße, eine weitere technogene Brache sowie ein Parkplatz (Abb.31). Seit der Gründerzeit urban genutzt, befanden hier bis zur Wende Werkstätten (Waggonwartung und -reparatur) des Thüringer Bahnhofs (STADT HALLE, 2006d). Zwischen 1994 und 1995 wurde die Fläche komplett beräumt und entsiegelt (mündl. Mitteilung LÜTGERT). Die zukünftige Nutzung ist unklar, denkbar ist eine Nutzung als Parkplatz für den benachbart gelegenen „Handwerkerhof“ der Stadt Halle.

Der Boden enthält, innenstadttypisch, viel anthropogenes Material und ist stark aufgehöhht (vgl. BILLWITZ & BREUSTE 1980; PIETSCH & KAMIETH 1991. Auf einem nebenan gelegen temporären Aufschluss (Straßenarbeiten) wurde in einer Tiefe von 170 cm das Ausgangssubstrat nicht erreicht.

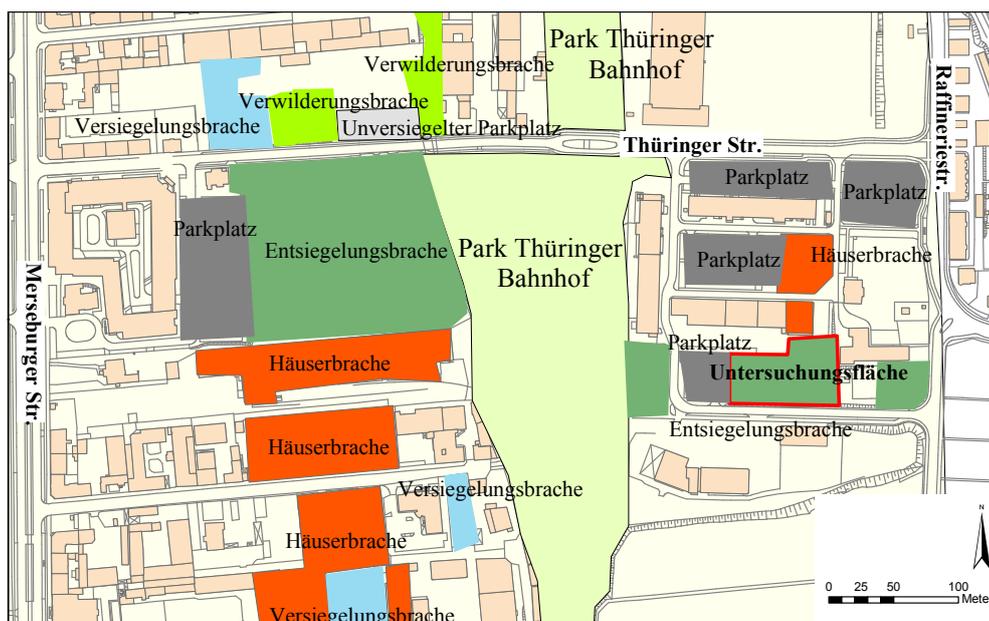


Abbildung 31: Übersichtskarte- Gelände des ehem. „Thüringer Bahnhof“

Tabelle 24: Kennwerte der Standorte

	Fl. 7	Fl. 22	Fl. 23	Fl. 24
	Thür. Bhf.	Silberhöhe		
Lage	innenstadtnah	peripher		
Größe	3969	17135	3416	24225
Versiegelungsrate	g	u	u	g
Anstehendes Gestein (cm)	>170	>190	ca. 90	65 (vers. bei 10)
Skelettgehalt (%)	9-100	4-51	14-100	1-100
Corg-Gehalt	0,84- 3,01	0-0,38	0,53-3,04	0-1,09
Kalk-gehalt	3,2-12,5	0,9-8,4	0,3-2,5	0,6-6,3
Humusgehalt	0-2	0	0-3	0-1
Nmin	0,15-0,33	0,14-0,21	0,09-0,28	0-0,32
Mg mmol/kg	7,6-9,9	3,3-10,2	4,4-17,8	4,4-13,5
K mmolc/kg	5,2-15,4	1,1-3,2	5,0-10,6	2,6-10,8
Ca austauschbar mmolc/kg	99,5-143,9	33,9-100,0	145,3-230,1	98,8-106,4
KAK mmolc/kg	112,9-170,3	38,5-113,4	96,7-255,2	112,6-547,3
Vegetationsbedeckung	95	19	95	60
Artenzahl (insges.)	60	59	36	56
Artenzahl (Braun-Blanquet)	10-14	8-12	8-12	9-14
Licht (Avg.)	7,4	7,4	7,3	7,5
Temperatur (Avg.)	6,0	5,8	5,8	5,8
Kontinentalität (Avg.)	4,3	4,8	4,3	4,6
Feuchte (Avg.)	4,5	4,5	4,6	4,3
Reaktion (Avg.)	7,1	7,3	7,1	7,1
Stickstoff (Avg.)	5,6	5,4	5,4	5,3

Es kommen überwiegend sandige, wenige schluffige Böden mit Skelettgehalten von 9 bis 100 % vor. 100% Skelettgehalt finden sich in den tieferen Horizonten (ab 44 cm), sie bestehen aus natürlichem (Kiese) und anthropogenem (Plastik, Glas, Schlacke) Material. Die Böden sind durchgehend kalkhaltig (mittlerer Kalkgehalt 6,5%). Der Kohlenstoffgehalt liegt zwischen 0,84% und 3,01% und stammt teilweise aus anthropogenen Quellen (Kohle). Insgesamt wurden auf der Fläche 60 verschiedene Pflanzenarten, auf den 2x2m-Spots zwischen 10 und 14 Arten gefunden.

Der Standort **Silberhöhe** (stadtperipher, Stadtstrukturtyp „Großwohnsiedlung“, Größe **65810 m²**.) befindet sich im gleichnamigen Stadtteil „Silberhöhe“ (vgl. Kap. 5.3.2). Die Fläche fällt nach Süden, zur Elsteraue hin, ab. Angrenzend befindet ein Park, die Straße „zum hohen Ufer“ sowie die Elsteraue (Abb.32). Der Standort war bis in die Siebziger landwirtschaftlich genutzt (GEISS ET AL., 2002). Als die Silberhöhe errichtet wurde, wurden auf dem Standort Wohngebäude in Plattenbauweise sowie eine Schule gebaut. Im Gegensatz zu der Fläche „Thüringer Bahnhof“ war diese Fläche nicht vollständig versiegelt, die unversiegelten Bereiche waren mit Rasen und Gehölzen (Wohnbegleitgrün) bepflanzt.

Anhand der ehemaligen Nutzung kann der Standort in drei Unterflächen unterschieden werden: die ehemals mit Häusern bebaute Fläche (Fläche 22), über einen Gehölzstreifen getrennt die ehemals unversiegelte Fläche (Fläche 23), sowie das ehemalige Schulgelände (Fläche 24).

Die Gebäude wurden 2004 abgerissen (STADT HALLE, 2005). Der Standort gehört zum städtischen Projekt „Waldstadt Silberhöhe“ (vgl. Abb.32). Auf der Fläche soll ein Wald entstehen, der die Elsteraue mit der Silberhöhe verbindet, auf diese Weise soll die Wohn- und Lebensqualität des Stadtteils gehoben werden, der vorher mit Bäumen stark unterversorgt war (BREUSTE, 2001) Zu die-

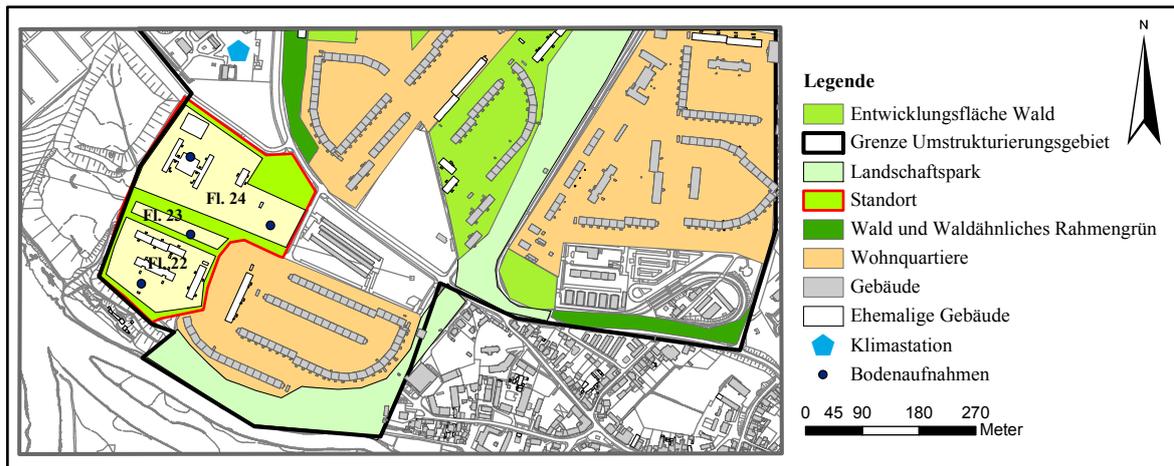


Abbildung 32: Entwicklungskonzept Silberhöhe (Ausschnitt), incl. Standort, (aus STADT HALLE 2006c, mod.)

sem Zwecke wurde die Fläche eingezäunt, Mutterboden aufgetragen und Baumsetzlinge gepflanzt. Der Mutterboden wurde ungleichmäßig aufgetragen, deckend auf Fläche 23, lückig auf Fläche 22. Zur besseren Wasserversorgung wurde die Erde um die Bäume angehäuft. Die Baumsetzlinge sind mittlerweile 60-80 cm hoch, die Fläche wird nicht von den Bäumen, sondern von Wildkräutern (Stauden) geprägt. Aufgrund der geringen Nutzungsdauer sind die Böden nur wenig aufgehöhht. Die Böden sind ca. einem Meter mächtig, das anstehende Substrat ist Sandstein (vgl. KOCH 2005a). Nur auf dem südlichen Teil von Fläche 22 findet sich ein über 1,90m mächtiger Auftragshorizont, der zur Stabilisierung der ehemaligen Plattenbauten aufgebracht wurde (ROSSNER, 2007). Auf Fläche 24 liegen in ca. 10cm Tiefe Reste der Gebäudefundamente, wodurch die Durchwurzelungsfähigkeit und die Wasserverfügbarkeit stark eingeschränkt werden (vgl. BLUME 1989) Die Böden sind überwiegend schluffig, in geringerem Umfang sandig und tonig. Sie weisen einen Skelettgehalt zwischen 1 und 100% auf. Der Kohlenstoffgehalt liegt zwischen 0 und 3,4%. Im Profil sinkt der Gehalt von der Oberfläche nach unten hin ab. Der Kohlenstoff stammt sowohl aus auf der Fläche gebildetem Humus als auch aus dem aufgetragenen „Mutterboden“ (ortsfremdes Material mit Humusanteil). Der Carbonatgehalt liegt bei durchschnittlich 2,3%, und stammt überwiegend aus dem Bauschutt. Die Jahresdurchschnittstemperatur betrug für das Jahr 2007 10,4°C. Damit liegt die Station bezüglich ihrer Temperatur unter der Referenzstation Geologischer Garten. Die Vegetationsperiode reichte von März bis Oktober (8 Monate), die Vegetationsperiode für Bäume betrug 172 Tage. Im März und April kamen vereinzelte leichte Spätfröste vor, nicht jedoch im Mai. Es traten weder Frost- noch Eistage auf. Die mittlere Bodentemperatur betrug in 20cm Tiefe 11,0°C, in 40 cm Tiefe 10,9°C. Bodenfröste kamen im Messzeitraum nicht vor. Der Jahresniederschlag für 2007 lag bei 635,7mm. Im Jahresgang war der April der trockenste Monat (1,0 mm Niederschlag), gefolgt vom niederschlagreichsten Monat Mai (135,5mm). Damit lag die Station im selben Bereich wie die Referenzstation „Geologischer Garten“ (630,4 mm Niederschlag). Beide Stationen liegen weit unter der Klimastation Seeben (720,6mm Niederschlag).

Auf der Gesamtflächen wurden insgesamt 82 Arten bestimmt, auf den Einzelflächen: 59 Arten auf

Fläche 22, 36 auf Fläche 23, 56 auf Fläche 24. Bei den Aufnahmen nach BRAUN-BLANQUET (1964) wurden auf Fläche 22 und 23 jeweils zwischen 8 und 12 Arten, auf Fläche 24 bis zu 14 Arten gefunden.

8.1.2 Bodenwasserhaushalt

Infiltration Die Ergebnisse der Infiltrationsversuche sind in Tab. 25 zu sehen. Die Infiltrationsraten der Flächen „Thüringer Bahnhof“ sowie Fläche 23 der Silberhöhe werden nach WOHLRAB ET AL. (1992) als „hoch“ eingeordnet, auf Fläche 22 als „mittel“, auf Fläche 24 als „gering“ bis „mittel“. Die

Tabelle 25: Infiltrationsrate

	Thüringer Bahnhof Fl. 7	Thüringer Bahnhof Fl. 7	Silberhöhe Fl. 22	Silberhöhe Fl. 23	Silberhöhe Fl. 24	Silberhöhe Fl. 24
Infiltrationsrate mm/min	6,6	5,4	1,6	2,5	1,1	0,2
Bewertung	„hoch“	„hoch“	„mittel“	„mittel - hoch“	„mittel“	„gering“

Flächen mit hohen Infiltrationsraten (Thüringer Bahnhof, Fl. 23) verfügen über sandige Böden mit stark variablen Skelettgehalten, hoher Luftkapazität sowie hohem Grobporenanteil, über den das Wasser schnell versickern kann. Auf Fläche 22 hingegen finden sich schluffigere Böden. Hier ist die Infiltration herabgesetzt.

Auf Fläche 24 wirkt die oberflächennahe Versiegelung als Sperre für den Sickerwasserfluss. Ist der dünne Oberboden durchfeuchtet, infiltriert das Wasser langsamer und breitet sich über der Sperrschicht lateral aus.

Wasserspannung Die Ganglinien der Wasserspannung einer Fläche verhalten sich weitgehend synchron, steigen analog an bzw. fallen analog ab (vgl. Abb.33,34). Abweichungen innerhalb einer Tiefenstufe sind auf die Heterogenität der Bodenverhältnisse (v.a. Skelettgehalt, Bodenart) innerhalb der Fläche zurückzuführen.

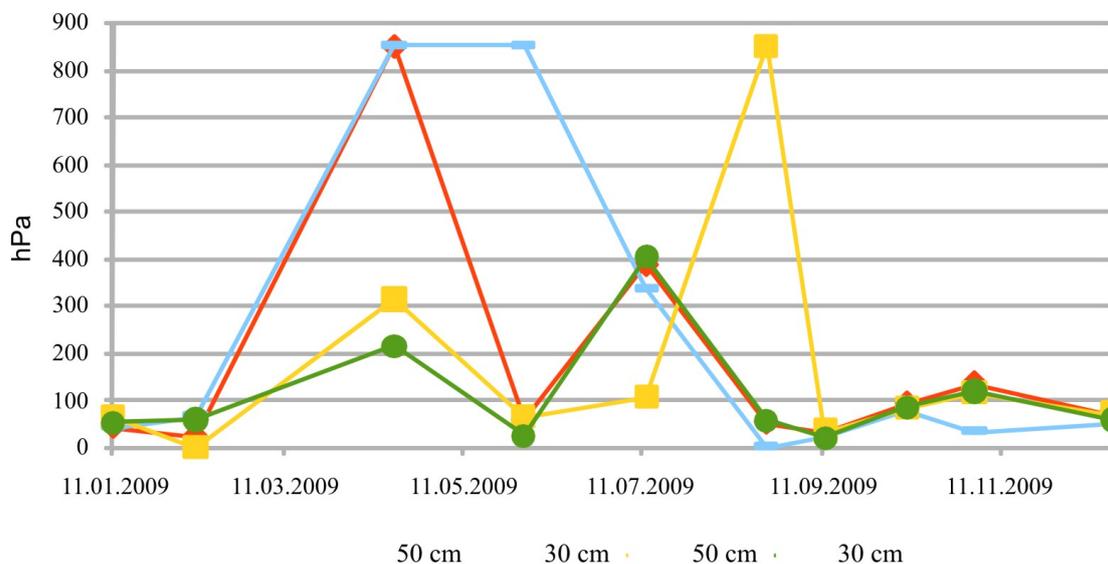
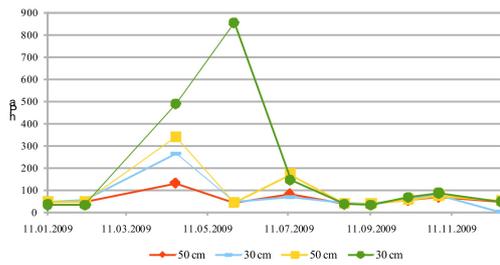
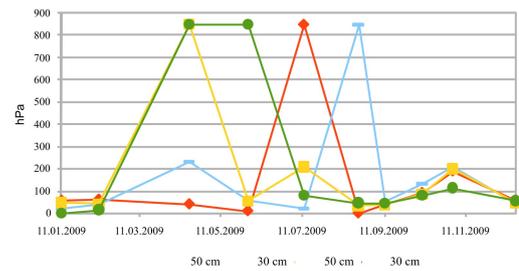


Abbildung 33: Ganglinien der Wasserspannung „Thüringer Bahnhof“



(a) Ganglinien der Wasserspannung Fl.22



(b) Ganglinien der Wasserspannung Fl.23

Abbildung 34: Ganglinien der Wasserspannung „Silberhöhe“

Die Extremwerte (850hPa. = Meßgrenze der Tensiometer) markieren starke Trockenheit auf den Flächen. Konkret heißt das, dass für die Pflanzen kaum (oder kein) Wasser zur Verfügung steht. Extremwerte von 850hPa. kommen auf allen Flächen vor, verstärkt bei „Fläche 23“ sowie „Thüringer Bahnhof“. Oft sind die nur wenige Meter voneinander entfernten Geräte einer Tiefenstufe in unterschiedliche Substrate eingebettet, die ungleichmäßig austrocknen. Dabei reißt der Wasserfilm in einem Tensiometer ab, während der andere normal weiter misst.

Wasserspannungen in 30cm Tiefe liegen meist höher als die in 50cm Tiefe. Dies geht vor allem auf den Wasserverbrauch der Vegetation zurück, die ihr Wasser vor allem aus dem oberen Bodenbereich beziehen, der sehr stark durchwurzelt ist. Außerdem wird das Wasser in 30cm Tiefe stärker durch Verdunstung verbraucht, vor allem in den warmen Monaten lag die Mitteltemperatur in 50cm Tiefe ca. $0,6^{\circ}\text{C}$ niedriger als die in 30cm Tiefe.

Jahreszeitlicher Verlauf Die mit den Tensiometern gemessenen Wasserspannungen verlaufen auf allen drei Flächen nach demselben Muster (vgl. Abb.35).

In den Wintermonaten wurde eine geringe Wasserspannung ermittelt. Diese ist zurückzuführen auf geringe Evapotranspirationsraten in Folge von geringen Temperaturen in Verbindung mit einer fehlenden Vegetationsdecke. Am Standort Silberhöhe waren die Tensiometer mehrfach eingefroren. Im Frühjahr steigen die Werte rasch an. Neben steigenden Temperaturen und dem intensiven Wasserverbrauch durch die Vegetation lässt sich dies auf niedrige Niederschläge im Frühjahr 2007, vor allem im April zurück führen. Im tendenziell feuchteren Sommer sinken die Wasserspannungen ab. Im Herbst fallen die Werte stark ab, bedingt durch die fallenden Temperaturen und die endende Vegetationsperiode.

Vergleich der Standorte Am „Thüringer Bahnhof“ wurden sehr hohe Wasserspannungen gemessen (vgl. Abb.33). Insgesamt wurde 14-mal der Extremwert von 850hPa. erreicht (ca.16% aller Messungen). Dies lässt auf einen schlechten Wasserhaushalt schließen. Zurückführen lässt sich dies auf sandige Böden und hohe Skelettanteile. Ähnlich schlechte Werte wurde auf Fläche 23 gefunden (vgl. Abb.34). Bei 18% der Messungen wurde der Extremwert erreicht, Extremwerte kamen bei allen Tensiometern vor. Auf dieser Fläche kommen bedeutende Anteile von technogenem Substrat vor. In einem Fall gab es einen ausschließlich aus Schutt bestehenden Horizont, in dem keine Messungen mög-

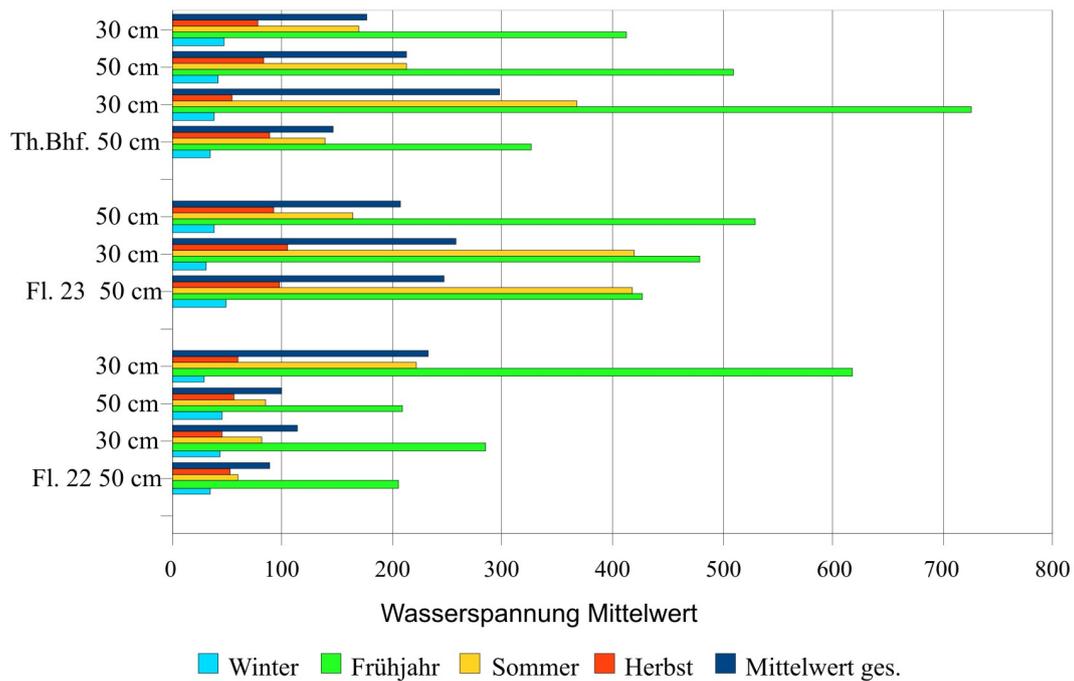


Abbildung 35: Wasserspannung Mittelwerte

lich

Aufgrund der Nutzungsgeschichte (nie versiegelte Fläche) ist dies überraschend. Wahrscheinlich ist dies auf die Behandlung nach der Wende und den Abriss zurückzuführen. Hierbei wurde der Boden mit großen Maschinen zusammen geschoben und vermischt.

Vergleichsweise gut versorgt ist Fläche 22. Hier wurden nur an einem Tensiometer Extremwerte gemessen, insgesamt bei 5% der Messungen. Auf dieser Fläche herrschen tonige Substrate vor, die insbesondere im Bereich der eingebauten Tensiometer verdichtet sind (ROSSNER, 2007). Diese trocknen nicht so schnell aus und legen demzufolge eine niedrigere Spannung an die

Tensiometer an. Darüber hinaus liegt Fläche 22 im Vergleich zu Fläche 23 und 24 im Höhenniveau etwas niedriger. Der Unterschied ist nicht sehr hoch- weniger als 1 Meter. Dennoch verläuft der Bodenwasserfluss Richtung Fläche 22. Diese wird von den beiden anderen Flächen mit Wasser mitversorgt.

waren.



Abbildung 36: Trockenheit am Standort Silberhöhe

8.1.3 Grundwasserneubildungspotential und Wasserverfügbarkeit für die Vegetation

Thüringer Bahnhof Der Standort verfügt über ein hohes Grundwassererneuerungspotential, während die Wasserversorgung der Vegetation schlecht ist. Dies spiegelt sich



Abbildung 37: Fläche „Thüringer Bahnhof“

in der Vegetation wieder, die auf diesen Flächen einen den Steppenpflanzen ähnlichen Wachstumszyklus annehmen: die Hauptwachstumsphase ist im Frühling, wenn Wasser zur Verfügung steht, im Sommer ist die Vegetation größtenteils abgeblüht (vgl. Abb.37). Die Infiltration ist hoch (s.o.), aber das infiltrierte Wasser kommt der Vegetation kaum zugute. Dies zeigten die Infiltrationsversuche bei denen bis zu 30 Litern auf versickert wurden. es wurde erwartet, dass sich dies in der Vegetation niederschlagen würde (Austreiben neuer Vegetation etc.) Diese Erwartung hat sich nicht erfüllt. Das Wasser sackt über die Grobporen und Klüfte so schnell aus dem durchwurzelten Bereich ab, dass die Vegetation nicht davon profitieren kann.

Silberhöhe Die „Unterflächen“ am Standort Silberhöhe unterscheiden sich erheblich bezüglich Grundwasserneubildungs- und Wasserversorgungspotential.

Fläche 23 weist ähnliche Bodeneigenschaften auf wie der Standort „Thüringer Bahnhof“. Auf dieser Fläche wird gutes Grundwasserneubildungsvermögen, und ein schlechtes Wasserversorgungspotential verzeichnet. Die Infiltrationsraten sind etwas niedriger, aber immer noch im „hohen“ Bereich. Fläche 22 verfügt über ein höheres Wasserversorgungspotential. Aufgrund der vorherrschenden schluffigen, teilweise tonigen Böden bleibt das Bodenwasser in Form von Haftwasser länger für die Vegetation verfügbar. Die Infiltrationsraten liegen im mittleren Bereich. Negativ für die Wasserversorgung wirkt sich der niedrige Humusgehalt an der südlichen Spitze aus. Dies spiegelt sich wider in der niedrigen Vegetationsbedeckung. Nach Norden, in Richtung Grünstreifen nimmt der Humusgehalt zu, (ROSSNER, 2007), hier finden sich höhere Vegetationsbedeckung bis fast 100%.

Die Bodenwasserverhältnisse von Fläche 24 werden bestimmt durch die unterirdische Versiegelung, die wie eine Sperrschicht wirkt. Da die Fläche nicht vollständig versiegelt ist, sondern nur auf den ehemaligen Gebäudeflächen, kann das Wasser an den Rändern versickern. Die Grundwasserneubildung wird nicht unterbunden. Weitaus schwerer wirkt sich die Versiegelung auf die Vegetation aus. Der Vegetation steht kaum Bodenmaterial zur Verfügung, die Versorgung mit Wasser (und Nährstoffen, siehe unten) ist eingeschränkt. Die Folgen sind niedrige Vegetationsbedeckung, sowie eine hohe Ausfallrate der gepflanzten Bäume.



Abbildung 38: Fl.24, Niedrige Vegetationsbedeckung wegen unterirdischer Versiegelung

8.1.4 Senkenpotentiale (Kohlenstoffsенke, Schadstoffrückhalt)

Mit ihrer Entsiegelung können beide Standorte wieder als Stoffsenken für Schadstoffe dienen, zum Beispiel Schwermetalle oder der maßgeblich für den Treibhauseffekt verantwortliche Kohlenstoff.

Thüringer Bahnhof Das Rückhaltepotential der Böden ist niedrig, das Sorptionsvermögen der sandigen skelettreichen Böden ist gering. Der relativ hohe Kohlenstoff- und Humusgehalt sowie der niedrige Versiegelungsgrad wirken sich positiv auf den Rückhalt aus, ebenso die hohen Carbonatgehalte. Der Kohlenstoffgehalt der Böden liegt zwischen 0,84% und 3,01%. Hierbei handelt es sich um Humus sowie Kohle (Braunkohle, Kohlestaub). Welcher Anteil Kohlenstoff aus welcher Quelle stammt, konnte mit der verwendeten Methode nicht festgestellt werden. Es ist wahrscheinlich, dass der Kohlenstoffgehalt im Oberboden (Prozent) größtenteils aus natürlicher Humusanreicherung stammt, während der Humusgehalt im Unterboden (3,01%) verstärkt aus Kohledeposition stammt. Da nicht feststellbar ist, wie hoch der natürliche Anteil ist, ist es nicht möglich, Aussagen zu potentiell weiterem Kohlenstoffsенkenpotential zu treffen.

Silberhöhe Die Rückhaltefunktion ist im Vergleich zur Fläche Thüringer Bahnhof höher aufgrund schluffigerer Böden, niedrigeren Skelettgehalten und daraus folgend höherer KAK. Auf Unterfläche 24 sind die Senkenpotentiale aufgrund der Versiegelung und des daraus resultierenden geringmächtigen Bodenkörpers stark herabgesetzt. Auf der ehemals versiegelten Fläche 22 finden sich vor allem im Süden sehr niedrige Humusgehalte, niedrige Vegetationsbedeckung (25%), und geringe KAK. Die Durchwurzelung des Bodens ist dagegen ebenso hoch wie auf dem Rest der Fläche. Richtung Norden steigt die Vegetationsbedeckung an bis auf 98%. Auf der nie versiegelten Fläche 23 findet sich ein deutlich höherer Humusgehalt verbunden mit einer hohen KAK. Diese lassen sich auf die längere Entwicklungszeit zurückführen. Die Vegetationsbedeckung liegt auf der gesamten Fläche nahe 100%. Auf dieser Fläche finden sich die besten Rückhaltepotentiale.

ROSSNER (2007) berechnete in seiner Arbeit für die Untersuchungsfläche „Silberhöhe“ Kohlenstoffgehalte zwischen 9,4t/ha und 147,2t/ha. Ausgehend davon, dass die in den Leitprofilen vorhandenen Kohlenstoffgehalte für die gesamte Unterfläche gelten, entspräche dies einer Menge von 183,8 Tonnen auf der 4,4,8 Hektar großen Fläche. Im Vergleich mit der von BRANRYD genannten Zahl von durchschnittlich 21.000t C/km² errechnete ROSSNER 2007, dass die untersuchten Flächen zwischen 7,2% (Fläche 22) und 70,1% (Fläche 23) des nach BRANRYD speicherbaren Kohlenstoffs enthalten. Diese Zahlen verdeutlichen nicht nur, dass die ehemals versiegelten Flächen eine merkbare Senke für Kohlenstoff darstellen, sondern auch, dass diese Senke noch nicht erschöpft ist. Es besteht die Möglichkeit, weiteren Kohlenstoff auf dieser Fläche abzulagern.

8.1.5 Klimapotentiale (Staubfilter-, Ausgleichs-, Schneiseneffektpotential)

Thüringer Bahnhof Dem Standort kommt lokal eine gewisse Bedeutung in Bezug auf die Klimapotentiale zu, darüber hinaus ist der Einfluss als gering zu bewerten. Der Standort ist nur gering versiegelt und mit Stauden bewachsen, beides fördert die klimaausgleichenden Eigenschaften der

Fläche. Aufgrund ihrer geringen Größe ist die Fläche jedoch nur in geringem Maße in der Lage, Frischluft zu produzieren. Als Staubfilter eignen sich die Stauden aufgrund ihrer geringen Höhe -ca. 1,20 Meter und ihrer niedrigen Blattoberfläche ebenfalls nur eingeschränkt (KUTTLER, 1998). Die Fläche ist als Klimaschneise wenig geeignet aufgrund ihrer Lage im Stadtstrukturtyp „Industrie- und Gewerbe“, der sich durch hohe Versiegelungsgrade und Abgrenzung der Flächen durch Mauern und Fabrikgebäude mit starken Veränderungen für das Klima auszeichnet. Die Fläche steht jedoch mit zahlreichen großen Grün- und Freiflächen in Verbindung, wie dem Park Thüringer Bahnhof sowie der großen Brache der ehemaligen Malzfabrik (vgl. Abb. 31). Innerhalb dieses Grünverbundes kommt der Fläche eine lokale Bedeutung als Klimaschneise zu.

Silberhöhe Dem Standort kommt eine hohe Bedeutung für das städtische Klima, vor allem für das Klima im Stadtteil Silberhöhe zu. Ursprünglich gehörte die Fläche zum Stadtstrukturtyp „Großwohnsiedlung“, aktuell würde sie der Aue zugehörend eingeordnet werden. Die drei Unterflächen fungieren klimatisch als Einheit, somit ist diese Fläche um ein vielfaches größer als die am Thüringer Bahnhof. Ebenso wie „Thüringer Bahnhof“ handelt es sich bei dieser Fläche um eine wenig versiegelte (ca. 5%) hauptsächlich mit Stauden bestandenen Fläche. Die mäßigen Staubfiltereigenschaften der dominierenden Staudenvegetation werden erheblich gesteigert durch die einzelnen Bäume und Sträucher, die von dem Wohnbegleitgrün der ehemaligen Bebauung stammen. Auch als Frischluftschneise ist die Fläche optimal geeignet, vor allem aufgrund der unmittelbaren Nachbarschaft der „Elsteraue“ (vgl. Abb.32).

8.1.6 Nährstoffversorgung

Thüringer Bahnhof Die durch die sandigen Böden bedingte vergleichsweise niedrige KAK wirkt sich negativ auf das Nährstoffversorgungspotential der Fläche aus, ebenso die hohen Skelettgehalte. Der Gehalt an nachlieferbaren Nährstoffen ist überwiegend als gut einzuschätzen, vor allem die Versorgung mit Kalium, Magnesium sowie Calcium. Die Phosphorversorgung liegt im mittleren Bereich, hingegen ist die Vegetation sehr schlecht mit Stickstoff versorgt. Stickstoffmangel findet sich auf allen untersuchten Flächen. Sie ähneln darin Industriebrachen, die oft unter Nährstoffarmut leiden (WITTIG, 1993; REBELE & DETTMAR, 1996). Nach dem Minimumgesetz von LIEBIG (in: REMMERT & GRIESHABER 1992: der im Minimum vorliegende Nährstoff bestimmt maßgeblich das Pflanzenwachstum) wird die Nährstoffversorgung vor allem durch den Stickstoffmangel geprägt.

Silberhöhe Die drei Unterflächen unterscheiden sich stark hinsichtlich ihrer Nährstoffversorgung: Fläche 22 hat die niedrigsten Nährstoffversorgungspotential, das noch unter der vom Thüringer Bahnhof liegt. Der Grund dafür liegt in den niedrigen Humus und KAK- Werten dieser Fläche, sowie der schlechten Versorgung mit dem Makronährstoff Phosphat. Fläche 23 weist mit 3,7 die höchsten Nährstoffpotentiale auf, hier finden sich gute bis sehr gute Bedingungen, vor allem hinsichtlich Humusgehalt und KAK. Die Nährstoffgehalte sind (wiederum abgesehen von Stickstoff) ebenfalls hoch. Fläche 23 liegt bezüglich Nährstoffversorgung zwischen den beiden Flächen.

8.1.7 Biotopausbildung

Thüringer Bahnhof Auf den ersten Blick wirkt die Vegetationsstruktur der Fläche homogen, es kommen zum Beispiel weder Schutthaufen noch Schotterflächen vor. Drei Biotopstrukturen lassen sich unterscheiden: neben dem offenen Boden mit Staudenbedeckung (dominant) versiegelte Teile mit schütterer Vegetation, sowie eine lokale Senke, die zur Straße hin abfällt und vernässt ist. Die Fläche ist sehr artenreich und weist, gemessen an ihrer Größe, die höchste Artenzahl auf. Insgesamt wurden auf der Fläche 60 verschiedene Gefäßpflanzenarten gefunden, bei den Einzelaufnahmen wurden zwischen 10 und 14 Arten erfasst. Das ökologische Spektrum der Vegetation, charakterisiert durch die Zeigerwerte nach Ellenberg zeigt eine große Spannweite, die fast das gesamte Bewertungsspektrum umfassen. Auch dies ist ein Hinweis auf die hohe ökologische Vielseitigkeit der Fläche. Die Histogramme der Zeigerwerte ähneln einander: fast die gesamte Spannweite der Zeigerwerte ist vertreten, mit einem deutlichen Schwerpunkt (vgl. Abb. 39, vgl. Anhang D.1). Das zeigt: Pflanzen mit ähnlichen Präferenzen siedeln sich bevorzugt an, an Sonderhabitaten können auch Arten mit unterschiedlichem Verhalten wachsen.

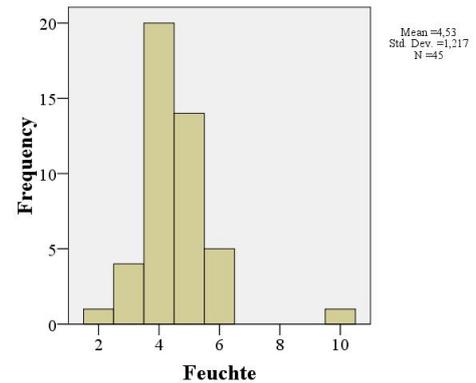


Abbildung 39: Histogramm „Feuchte“

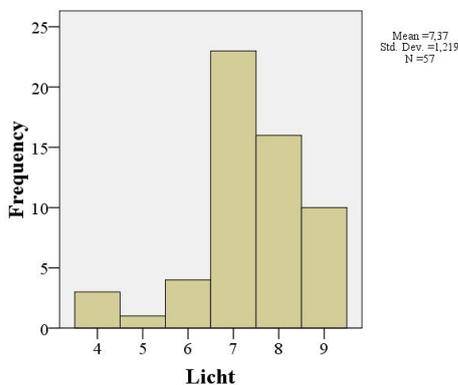


Abbildung 40: Histogramm 'Licht'

Die Fläche wird bevorzugt von lichtliebenden Pflanzen besiedelt, schattenertragende Arten fehlen. Die Lichtzahl liegt zwischen 4 (Halbschattenpflanzen) und 9 (Volllichtpflanzen). Der Schwerpunkt liegt im Bereich 7 bis 8. Bezüglich Temperaturwert und Kontinentalität weist die Fläche die für die geographische Lage des Untersuchungsgebietes typische Verteilung auf (ELLENBERG, 1992): Bezüglich Temperaturwert findet sich ein deutlicher Schwerpunkt im Bereich 6 (29 von 43 gelisteten), der den Übergang zwischen Mäßigwärmezeiger und Wärmezeiger charakterisiert. Dies ist typisch für die planare bis colline Höhenstufe, in der sich das Untersuchungsgebiet befindet. Die Kontinentalität liegt zwischen 2 und 8 (Mittelwert 4,3). Der Schwerpunkt im Bereich von 3 (16 von 43) markiert den Übergang zwischen ozeanisch und subozeanisch (ELLENBERG, 1992). Es kommt auch eine Steppenverhältnisse anzeigende Pflanze vor, *Lepidium latifolium*. Sie wächst an einem Sonderstandort (Schuttfläche mit leichter Südexposition). Hinsichtlich des Faktors Feuchte findet sich eine weite Amplitude zwischen 2 „Trockenzeiger“ und 10 „Wasserpflanze, Wechselwasserzeiger“ (Mittel 4,5). Der Schwerpunkt liegt im Bereich 4, es dominieren Trocken- bis Frischezeiger (vgl. Abb.39), ein Hinweis auf die Trockenheit dieser Fläche. Die einzige Wasserpflanze *Phragmites australis* (Schilf) findet sich lokal am Rand der Fläche, wo sich die Fläche zur Straße hin absenkt, und sich das Regenwasser sammelt. *Phragmites*

australis wurde auch auf anderen Flächen in ähnlicher Lage (Senke, vernässte Stellen) gefunden. Es kommen hauptsächlich Pflanzen vor, die schwachsaure bis schwachbasische Böden bevorzugen. Dies deckt sich mit den tatsächlichen, kalkreichen Bodenverhältnissen. Hinsichtlich der Stickstoffzahl dominieren dagegen „auf stickstoffreichen Standorten häufiger“ vorkommende Arten. Dies widerspricht nur auf den ersten Blick der Nährstoffarmut der Fläche. ELLENBERG (1992) selbst schätzt die Stickstoffzahlen nur als „Versuch“ ein, Arten mit hohen Stickstoffzahlen bezeichnet er als „an übermäßig stickstoffreichen Standorten konzentriert“ (ELLENBERG 1992 S. 69). Dies impliziert ausdrücklich nicht, dass solche Arten an stickstoffarmen Standorten fehlen müssen. Auch ENGEL (1949) fand während seiner Untersuchungen in Münster auf nährstoffarmen Böden eine Vielzahl nitrophiler Arten.

Als Korridor für Arten (Durchgängigkeitspotential) ist der Standort aufgrund der isolierten Lage und Hindernissen für die Organismen in Form von Zäune Straßen etc. weniger geeignet.

Silberhöhe Ebenso wie Thüringer Bahnhof weist die Fläche Silberhöhe nur wenige unterschiedliche Biotopstrukturen auf. Hauptsächlich findet sich offener Boden mit mittlerer Steinbedeckung und dominierender Staudenvegetation. Zwischen den Unterflächen 22 und 23 verläuft ein langgestreckter Gehölzstreifen, Reste des ehemaligen Wohnbegleitgrün der Großwohnböcke. Die oberflächennahe Versiegelung Fläche 24 stellt eine weitere Struktur dar, die sich vor allem bezüglich Vegetationsdichte unterscheidet. Fläche 24 weist am Rand Gehölzbereiche auf, die sich auf den angrenzenden Flächen fortsetzen. Diese Gehölzbereiche stellen einen wichtigen

Lebensraum für die örtliche Fauna dar, Igel, Hasen, Kaninchen und Rehe wurden mehrmals beobachtet. Auf der Gesamtfläche wurden 82 Arten unterschieden, auf den Einzelflächen wurde gefunden: 59 Arten auf Fläche 22, 36 auf Fläche 23, 56 auf Fläche 24. auf Fläche 22 und 23 wurden jeweils zwischen 8 und 12 Arten, auf Fläche 24 bis zu 14 Arten gefunden. Die ökologischen Ansprüche der Vegetation auf den Einzelflächen sind weitgehend identisch und entsprechen denen am Standort "Thüringer Bahnhof", wie in den Boxplots zu erkennen ist (vgl. Abb.41, alle Boxplots im Anhang D.1). Es finden sich aber einzelne Besonderheiten. Die Fläche wird von Halbschatten bis Volllichtpflanzen besiedelt, schattenertragende Pflanzen kommen nicht vor. Der Temperaturwert weist auch auf dieser Fläche einen Schwerpunkt im Bereich „6“ auf, der die planare bis colline Höhenstufe widerspiegelt. Ein stark ausgebildeter Nebenpeak liegt im Bereich „5“ (Mäßigwärmezeiger), der am Thüringer Bahnhof nicht vorkommt. Auch der mittlere Temperaturwert liegt mit 5,8 etwas niedriger als der Wert am Thüringer Bahnhof. Hier macht sich der Effekt der Innerstädtischen Wärmeinsel bemerkbar (vgl. GERTH 1990). Bezüglich der Kontinentalität gelten die Aussagen vom Thüringer Bahnhof: das vollständige Spektrum der Skala sind vertreten, lediglich die Extrema 1 („euzoanisch“) und 9 („eukontinental“) fehlen. Ein deutlicher Schwerpunkt liegt im Bereich von 3, der den Übergang von ozeanisch zu suboceanisch repräsentiert. Die kontinentale Art *Lepidium latifolium*

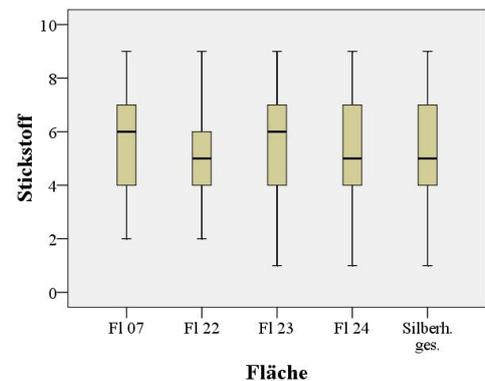


Abbildung 41: Boxplot 'Stickstoff'

ist auch hier vertreten, auf dieser Fläche werden die Steppenverhältnisse durch Standorte mit hoher Steinbedeckung imitiert. Der Feuchtwert erreicht Werte zwischen 3 und 9, Frischezeiger (Bereich 4 bis 5) dominieren. Die Maximalwerte 8 und 9 werden jeweils von einer Art repräsentiert: *Salix alba* und *Epilobium parviflorum*. Die Weide (*Salix alba*) gehört zum Gehölzstreifen der ehemaligen Großwohnsiedlung. *Epilobium parviflorum* ist eine urbanophobe Art, die während der gesamten Vegetationsaufnahmen nur auf dieser Fläche gefunden wurde- ein Zeiger für die Lage in der Stadtperipherie. Die Reaktionszahl liegt zwischen 2 und 9. Im Gegensatz zum Thüringer Bahnhof finden sich hier auch (einzelne) Säurezeiger. Der Schwerpunkt liegt im Bereich 7 bis 8 (Schwachsäure- bis Schwachbasenzeiger). Bezüglich der Stickstoffzahl wurde Werte über die gesamte Skala (1-9) festgestellt. Der mittlere Wert (5,3) ist etwas niedriger als der am Thüringer Bahnhof (5,6).

Die Durchgängigkeit der Fläche für Arten ist optimal, mehrere Grünflächen und die Elsteraue liegen benachbart. Einzig durch die Umzäunung der Flächen wird die Durchgängigkeit eingeschränkt. Da die Zäune an mehreren Stellen Löcher haben, ist diese Einschränkung als gering einzuschätzen.

8.1.8 Fazit

Beide Brachflächen werden durch dieselben Faktoren determiniert, Stickstoffknappheit sowie niedrige Wasserverfügbarkeit für die Vegetation. Etwas höhere Wasserverfügbarkeit findet sich lediglich auf Teilen der Unterfläche 22. Bezüglich des Kohlenstoffrückhaltepotentials weisen beide Flächen noch erhebliche Reserven auf. Klimatisch ist die Fläche Silberhöhe wertvoller als die Fläche Thüringer Bahnhof. Als Biotop sind beide Flächen fast ebenbürtig, obwohl die Fläche Silberhöhe erheblich größer ist.

Aktuell werden beide Flächen von Stauden dominiert. Stauden werden durch trockene Verhältnisse begünstigt (WALTER & BRECKLE, 1991) und sind gegenüber den Bäumen im Vorteil. Die vorkommenden Bäume stammen teilweise aus einer Pflanzaktion im Rahmen des Projekts „Waldstadt Silberhöhe“, darüber hinaus haben sich auf beiden Flächen im Zuge der natürlichen Sukzession Birken und Erlen als Primärgehölze etabliert. Das Verhältnis zwischen Bäumen und Stauden wird sich umkehren, sobald die tiefer wurzelnden Bäume das Grundwasser erreichen. Langfristig wird sich auf beiden Flächen als potentiell natürliche Vegetation ein Wald etablieren (STOLLE & KLOTZ, 2005). Mittelfristig wird sich der auch der Stickstoffhaushalt verbessern, wie BLUME & SUKOPP (1976) betonen, regeneriert sich der Nährstoffhaushalt eines ehemals genutzten Boden nur langsam. Über die Dauer der Sukzession können nur Mutmaßungen getroffen werden, Feuchte Jahre wie 2007 begünstigen die Waldvegetation, während trockene Jahre zu größerem Stress bei den Bäumen und höheren Ausfallraten führen. Die unterirdische Versiegelung auf Fläche 24 behindert die Sukzession. Die Vegetationsbedeckung ist hier viel niedriger, die Ausfallraten bei den angepflanzten Bäumen höher. Da es sich bei der Versiegelung nicht um Beton, sondern ein Sand-Kies-Zement- Gemisch mit geringerer Festigkeit handelt, wird die Versiegelung von den Baumwurzeln mittelfristig durchbrochen werden, so dass auch auf dieser Fläche zukünftig ein Wald entstehen wird (vgl. KOWARIK 2005).

8.2 Grünflächenkonzept in Poznan- Fallstudie „Östlicher Grünkeil“

Das Vorkommen von „grünen Korridoren“, vegetationsbestandenen Freiflächen, die die urbanen Räume mit dem Umland verbinden, ist insbesondere in bioklimatischer Hinsicht äußerst wichtig. Von außen wird über diese Korridore Frischluft in die Städte eingebracht. Die Flächen wirken als Frischluftproduzenten ausgleichend auf das städtische Klima (HORBERT, 2000). Die urbane Flora und Fauna findet in diesen Gebieten wichtige Rückzugsräume. Auch für die (menschlichen) Bewohner einer Stadt haben solche Flächen wichtige Rückzugs- und Erholungsfunktion (SCHEFFER & SCHACHSCHABEL, 2002). Solche Korridore stellen zum Beispiel die Fließgewässer und ihre Uferbereiche (Aue) dar. Sie sind aufgrund ihrer naturräumlichen Ausstattung besonders gut in der Lage, diese Funktionen zu erfüllen. Mit ihrem Wasserkörper puffern sie Extremtemperaturen, feuchten die trockene Stadtluft an und sorgen so für ein angenehmes Klima. Diese Zusammenhänge sind seit langem bekannt, und finden Eingang in den meisten städteplanerischen Arbeiten (z.B. SENATSVERWALTUNG FÜR STADTENTWICKLUNG (BERLIN) 2009). In Poznan werden in diesem Zusammenhang das städtische „Grünkreuz“ und die „Grünkeile“ genannt (CESAR, 1999). Hierbei handelt es sich um die Auen der Warthe und deren Nebenflüssen (vgl. Abb.42). Diese Bereiche stehen unter einem zunehmend hohen Nutzungsdruck, wie z.B. MATUSZYNSKA (2001) feststellte. Sie untersuchte die Einzugsgebiete der Flüsse Bogdanka, Cybina und Strumien Junikowski und deren Entwicklung im Zeitraum von 1954 bis 1995. Hierbei stellte sie eine Abnahme der Freiflächen zugunsten bebauter Flächen fest.



Abbildung 42: Grünsystem von Poznan (Quelle: STADT POZNAN 1997, mod.)

In Kapitel 5 wurde festgestellt, dass in den intensiv bebauten gründerzeitlichen und sozialistischen Vierteln Poznan ein hoher Nutzungsdruck auf sämtliche Freiflächen herrscht. Nun soll festgestellt werden, ob in den großen Grüngebieten ein ähnlicher Nutzungsdruck herrscht. Dieser würde sich zum Beispiel bemerkbar machen in einem starken Zuwachs der Versiegelung.

Untersuchungsgebiet ist der östliche Grünkeil, der von der Cybina durchflossen wird. Dieser wurde in einer studentischen Arbeit kartiert (ECKERT & NEUBERT, 2005). Das Gebiet ist geprägt durch zahlreiche künstliche Standgewässer, die von der Cybina mit Wasser versorgt werden (GRACZ, 2003). Das größte Standgewässer ist der „Malta-See“. Das Gebiet entspricht dem Westteil des von MATUSZYNSKA kartierten Einzugsgebietes der Cybina.

8.2.1 Nutzungsstruktur

Das kartierte Gebiet umfasst eine Fläche von 602 ha. Der überwiegende Anteil ist vegetationsbestandene (vgl. Tab.26). Der Waldanteil beträgt 54,4%, größtenteils Laub- (29,5%) und Mischwald (23,7%). Nadelwald kommt in geringem Ausmaß vor (1,2%). Weiterhin nehmen Wiesen einen erheblichen Anteil ein (18,3%). Vernässte Wiesen kommen lediglich an der nordöstlichen Spitze auf

Tabelle 26: Übersichtskarte Landnutzung im „östlichen Grünkeil“

Landnutzung	ha	Prozent
Bebauung	13,67	2,3
Altindustrie	6,39	1,1
Parkplätze	1,86	0,3
Sportanlagen (incl. Sporthotel)	4,20	0,7
Stege	2,20	0,4
Gewässer	104,43	17,3
Wald	327,36	54,4
davon Laubwald	177,61	29,5
Mischwald	142,51	23,7
Nadelwald	7,24	1,2
Wiese	102,94	17,1
Vern. Wiese	6,97	1,2
Garten	0,84	0,1
Bunker	0,94	0,2
Sonstige/ Veg.frei	31,32	5,1
Gesamt	602,25	100

einer Fläche von 6,87ha vor (1,2%). Der größte Anteil besteht aus gepflegten Rasenflächen, insbesondere im Bereich des Maltasees. Im östlichen Bereich finden sich auch extensiv gepflegte Wiesen. Die Standgewässer prägen das Untersuchungsgebiet, sie sind mit einem Anteil von 17,3% vertreten. Im Westteil des Untersuchungsgebietes, im Bereich des „Maltasees“, konzentrieren sich Sportanlagen (0,7%). Steganlagen, die im weiteren Sinne ebenfalls zu den Sportanlagen zu zählen sind, nehmen eine Fläche von 0,4% ein. Das Gebiet ist in geringem Ausmaß versiegelt, insgesamt summieren sich die versiegelten Flächen auf 3,9%, zusammengesetzt aus den Kategorien "Bebauung"(2,3%), „Altindustriegebiete“ (1,1%), „Parkplätze“ (0,3%), „Bunker“ (0,2 %, unterirdische Versiegelung).

8.2.2 Anthropogener Einfluss

Der Anteil versiegelter Flächen ist sehr niedrig und beläuft sich inklusive der (teilweise versiegelten) Sportanlagen auf ca. 5%. Hierbei handelt es sich teilweise um Wohnbebauung, meist Einfamilienhäuser, die sich in der Peripherie des Untersuchungsgebiets befinden. Daneben finden sich im zentralen Bereich verstreut viele kleinere Gebäude. Hier befindet sich einer der beiden Zoologischen Gärten Poznans (der zweite ist in Jezyce). Die Gebäude sind Ställe und Wirtschaftsgebäude des Zoos. Anders als in anderen Stadtteilen wird der anthropogene Einfluss im östlichen Grünkeil nicht in erster Linie durch den Versiegelungsgrad charakterisiert. Stattdessen spielt die Art der Nutzung eine dominierende Rolle. Hierbei lassen sich drei große Bereiche unterscheiden: der intensiv genutzte Westteil mit dem Maltasee, der extensiver genutzte zentrale Teil, der vor allem vom Zoo beeinflusst wird, sowie der extensiv genutzte Ostteil, der als Naturschutzgebiet ausgezeichnet ist. Der anthropogene Eingriff, der alle drei Bereiche prägt, ist das Aufstauen der Cybina, wodurch zahlreiche künstliche Standgewässer entstanden (vgl. Karte 43).

Im Zentrum des Westteils liegt der Maltasee, der in der Mitte des letzten Jahrhunderts aufgestaut wurde (WIESIOŁOWSKI ET AL., 2001). Vor der Wende wurde begonnen, den See und seine Umgebung zu sanieren, nach der Wende begann man intensiv mit dem Bau von Sportanlagen. Heute ist der See ein beliebtes Freizeitziel, eine Marketinganalyse ermittelte eine Besucherzahl von 2-2,3 Mio.

Besuchern pro Jahr (MALTA SKI, 2007). Der See wird vor allem für Wassersportaktivitäten (Regatta) genutzt, andere Einrichtungen wie ein Skihügel, Tennisplätze, Fahrradwege, und seit einigen Jahren ein Sporthotel befinden sich hier. Das Ufer des Maltasees ist mit Stegen und einem Wegenetz intensiv erschlossen, und wird von der Bevölkerung Poznans als Erholungsfläche stark frequentiert. Hier finden zahlreiche Großveranstaltungen, wie z.B. das Theaterfestival „MALTA“ statt (GRACZ, 2003). Die Vegetation in diesem Bereich besteht vornehmlich aus intensiv gepflegten und regelmäßig gemähten Rasenflächen.

Der zentrale Teil ist vor allem durch den Zoo geprägt. Auf dem Areal befinden sich zahlreiche Gehege und Anlagen für die Tiere, außerdem Wirtschaftsgebäude, das Gelände ist von zahlreichen meist befestigten Wegen durchzogen, ein Campingplatz gehört ebenfalls zur Ausstattung des Zoos. In den letzten Jahren hat sich die Besucherzahl zusammen mit der Anzahl der Touristen in Poznan kontinuierlich erhöht.

Der östliche Teil ist gering und extensiv genutzt. Er ist geprägt durch Laub- und Mischwälder, vor allem naturnahe sumpfige Auenwälder (Erlen) (STADT POZNAN, 1997). Wenige Wege durchziehen diesen Teil des Untersuchungsgebietes. Hier finden sich zahlreiche bedrohte Pflanzenarten (WRONSKA-PILAREK, 2004; JACKOWIAK, 1993). Die kleineren weniger stark genutzten Seen bieten als wertvolle Feuchtgebiete seltenen Tier- und Pflanzenarten eine Heimat. Das Gebiet wurde 1994 unter Schutz gestellt (Naturschutzgebiet Olszak I und Olszak II) und zum Naturschutzgebiet der zweiten Stufe erklärt („Gebiete mit speziellem ökologischen Wert“) STADT POZNAN (1997).

8.2.3 Postwendezeitliche Nutzungsentwicklung

Obleich in Poznan hoher Bebauungsdruck auf die Freiflächen herrscht, hat sich im Untersuchungsgebiet der Versiegelungsgrad wenig erhöht. Die umliegenden Wohnviertel haben sich an einer Stelle ins Untersuchungsgebiet ausgebreitet, jedoch nur auf einer kleinen Fläche von 1,2 ha (auf der Karte: Nord-Ostecke Zoologischer Garten).

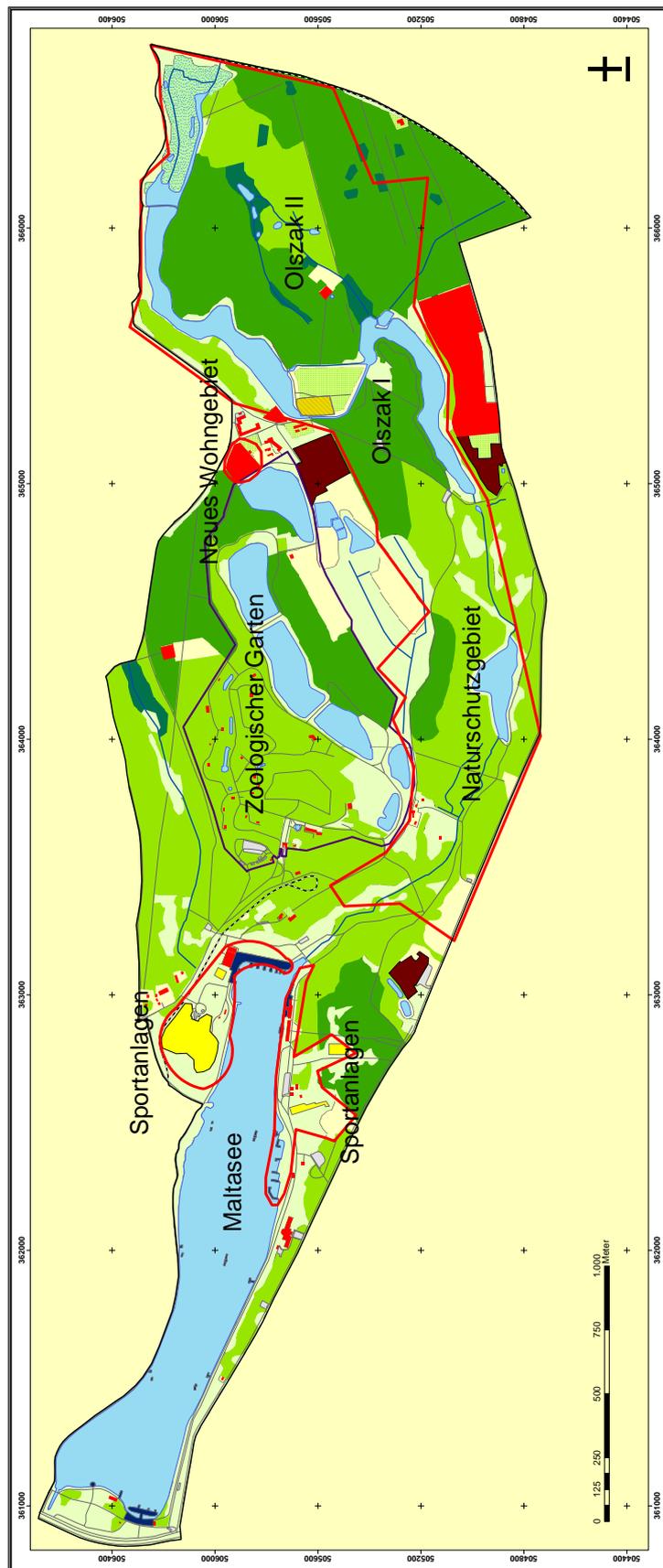
Die größten Veränderungen finden im Bereich des Maltasees statt. Findet sich auf der Karte von 1993 nur am Westufer eine Steganlage, ist der Maltasee zwischenzeitlich von den Anlagen umgeben. Auf der Ostseite entstanden große Sportkomplexe, die weiter ausgebaut werden sollen. Aktuell gibt es Pläne, die auf der Nordwestseite gelegenen unterirdischen Thermalquellen zu nutzen (STADT POZNAN, 2009). Mit dem infrastrukturellen Ausbau hat sich die Nutzungsintensität erhöht. Der Maltasee ist zu einem beliebten Ausflugsziel avanciert.

Vergleichsweise geringe Veränderungen gab es im zentralen Teil, dem Zoogelände. Die Nutzung ist ähnlich geblieben, die Nutzerzahl hat sich erhöht. Eine weitere Entwicklung ist die Deklaration des östlichen Teils als Naturschutzgebiet („Olszak I“ und „Olszak II“) im Jahr 1994 (WRONSKA-PILAREK, 2004). Hierdurch können die wertvollen Feuchtgebiete geschützt und erhalten werden.

8.2.4 Ökologische Auswirkungen

Im westlichen Teil werden die ökologischen Potentiale und Funktionen am stärksten eingeschränkt. Bereits vor der Wende war dieser Bereich stark genutzt, nach der Wende hat sich die Nutzung als Sport- und Erholungsfläche stark intensiviert. Der Maltasee wird intensivst als Sportstätte und

Abbildung 43: Landnutzung im östlichen Grünkeil Poznan



Datengrundlage
 Topographische Karte 1:10.000
 Herausgeber: Główny Geodeta Kraju
 Stand 1998
 Kartierung
 Bearbeitung
 Susann Eckert, Anika Neubert
 Tima Skupin
 Stand
 Juli 2005

Legende

Bebauung	Sporteinrichtung	Gewässer	Vegetation	Sonstige Flächen	Gebietsabgrenzung
Bebauung	Sporteinrichtung	Ständigewässer	Laubwald	Bunker	Postwendezelllich erstandenen
Allindustrie	Steg	Fließgewässer	Mischwald	Zoo	Abgrenzung
			Nadelwald		
			Wiese		
			Vermähte Wiese		
			Garten		
			Vegetationsabse Freifläche		

Erholungszentrum genutzt. Die natürliche Vegetation ist durch Rasenflächen oder gepflanzte Gebüschformationen ersetzt, Uferrandstreifen existieren am Maltasee kaum noch. Dadurch ist der Lebensraum für zahlreiche Arten, die den Röhrichtgürtel zum Beispiel als Brutplatz nutzen, ungeeignet. Dazu kommt die hohe Belastung der Tiere durch die hohe Besucherzahl und den teils lärmintensiven Wassersport. Die Klimafunktionen kann das Gebiet erfüllen, vor allem der Wasserkörper des Maltasees wirkt als Puffer. Negativ auf die Klimafunktionen wirken sich zum einen die Rasenflächen aus, die klimatisch nicht so gut wirken wie die baumbestandenen Flächen. Zum anderen wirken versiegelte Flächen negativ auf die Klimafunktionen. Hier ist vor allem der Bau der Sporthotelanlage zu nennen. Zwar befindet sich die Anlage am Rand des Gebietes, und schränkt die Durchgängigkeit nicht so stark ein. Aber das Gebiet liegt am schmalsten Teil des Keils und verbindet die Grünfläche mit der Innenstadt.

Der zentrale Teil des Untersuchungsgebietes wird als zoologischer Garten genutzt. Diese Nutzung hat sich seit der Wende nicht verändert, ebenso wie beim Maltasee gilt: die Anzahl der Besucher und die Beanspruchung der Fläche haben sich vervielfacht. Das beeinflusst sowohl die Waldflächen als auch die auf dem Gebiet befindlichen Standgewässer. Die Flächen werden beeinflusst durch: Versiegelung durch Bau von Gehegen und Gebäuden; Teilweise Abholzen oder Auslichten der Bäume in den Gehegen; Gefahr der Bodenverdichtung durch Anlage intensiv genutzter Wegenetze und durch die Zootiere; Gefahr der Bodenoberflächenschädigung durch Tritt der (im Vergleich zu natürlichen Verhältnissen) stark konzentriert gehaltenen Zootiere; Beeinflussung des Ökosystems durch Einbringen nicht heimischer Sämereien (Tierfutter) und Exkremete.

Der östliche Teil wird am wenigsten intensiv genutzt. Nach der Wende entstand hier ein kleines neues Wohngebiet, gleichzeitig wurden weite Teile als Naturschutzgebiete ausgezeichnet. Diese weisen einen hohen Wert als Biotop auf. (WRONSKA-PILAREK, 2004) fand bei ihren Aufnahmen im Jahr 2002 570 Taxa Gefäßpflanzen, hiervon 182 bedrohte Arten. Beeinträchtigt wird die Fläche durch die Besucher, die sich wegen des Schutzstatus an besonders strenge Regeln halten müssen (Wege nicht verlassen, kein Pflücken von Blumen etc.). Die Störung ist deswegen als schwach zu bewerten.

8.2.5 Zusammenfassung

Die These, dass sich der Nutzungsdruck auf die Flächen des innerstädtischen Grünverbunds ausdehnt, konnte auf der Fläche der Fallstudie nicht bestätigt werden. Nichts desto trotz hat sich die Nutzung im Untersuchungsgebiet seit der Wende verändert. Zum Einen wurde die Nutzung als Erholungsfläche intensiviert und professionalisiert. Die Anzahl der Nutzer dieser Flächen hat sich stark erhöht. Am Maltasee werden bei Großveranstaltungen zahlreiche Menschen in das Gebiet gebracht. „Professionalisierung“ meint eine Ausweitung und Öffnung der möglichen Beschäftigungen (z.B. Sport) im Untersuchungsgebiet, teilweise mit erheblichem baulichen und finanziellem Aufwand. Der Bau der Sportanlagen begann in großen Stil nach der Wende (Skihügel, befestigte Radwege etc.) Zum anderen wurden Naturschutzgebiete ausgewiesen. Diese existierten vor der Wende nicht. Erst 1994 wurden diese wertvollen Flächen unter Schutz gestellt. Es zeigt sich, dass durch die Wende nicht nur Flächen vernichtet und Potentiale eingeschränkt werden, sondern gleichzeitig über neue Pfade (Gesetzgeber) es möglich wird, wertvolle Flächen zu schützen.

Teil IV

Schluss

9 Fazit, Handlungsempfehlungen und Ausblick

Das Fazit enthält die Ergebnisse der Arbeit, sortiert nach den in Kapitel 1.2 formulierten Fragestellungen. Die im Laufe des Forschungsvorhabens gesammelten Erfahrungen werden in Form von Handlungsempfehlungen zusammengefasst. Ein Ausblick auf den sich aus der Arbeit ergebenden zukünftigen Forschungsbedarf schließt die Arbeit ab.

9.1 Fazit

Welche Triebkräfte des postwendezeitlichen innerstädtischen Flächennutzungswandels lassen sich unterscheiden? Dominieren (geplante und/oder ungeplante) Einflüsse sozialer, gesellschaftlicher politischer oder wirtschaftlicher Art?

Für das Untersuchungsgebiet Halle wurden folgende dominante Triebkräfte identifiziert:

- Die Deindustrialisierung als ungeplanter Einfluss wirtschaftlicher Art. Wichtigste Folgen (Anmerkung: wichtige Folgen in Hinsicht auf die Fragestellung dieser Arbeit) waren der Anstieg der Arbeitslosigkeit sowie die Entstehung von Brachen auf den Altindustrieflächen.
- Die Suburbanisierung als ungeplanter Einfluss gesellschaftlicher Art, führte zu Bevölkerungsverlusten und einer verstärkten Neubauwelle (Neuversiegelungswelle) in der Stadtperipherie, z.B. im Stadtteil „Heide“.
- Der Bevölkerungsverlust als ungeplanter Einfluss gesellschaftlich -sozialer Art, der wie die Deindustrialisierung zu strukturellem Wohnungsüberschuss und weiteren Abrissen führte.
- Der „Stadtumbau Ost“ als geplanter Einfluss politischer Art; wichtigste Folgen waren der Abriss zahlreicher Gebäude v.a. Plattenbauten und die Nutzung der Flächen als gepflegte Grünareale (Rasen- oder Parkfläche)
- Die nachträgliche Etablierung der vor der Wende fehlenden Infrastruktur, sowohl von öffentlicher (geplanter Einfluss politischer Art) z.B. Krankenhäuser als auch von privater Seite v.a. Einzelhandel (geplanter Einfluss wirtschaftlicher Art). Dies führte zu – auch flächenmäßig bedeutender Neu- und Wiederversiegelung in allen Teilen der Stadt.
- Umwidmung nicht mehr benötigter Strukturen (geplanter Einfluss sozialer, politischer, gesellschaftlicher, wirtschaftlicher oder privater Art, je nach Akteur). Als Beispiele sind so verschiedene Einzelaktionen wie die Einrichtung von Kleingärten auf Brachflächen, die Nutzung leer stehender Häuser durch Künstler (sog. „Wächterhäuser“) aber auch das gezielte Wiedereingliedern nicht mehr genutzte Flächen in die Natur („Waldstadt“) zu nennen.

Im Untersuchungsgebiet Poznan wurden als wichtigste Triebkräfte ausgemacht:

- (zunächst) Deindustrialisierung als ungeplanter Einfluss wirtschaftlicher Art. Wichtigste Folgen waren der Anstieg der Arbeitslosigkeit sowie die Entstehung von Brachflächen auf den Altindustrieflächen.
- Gefolgt von einem Wirtschaftlichen Aufschwung (Teilweise geplanter Einfluss wirtschaftlicher

Art). Wichtigste Folgen waren gesteigerte Wirtschaftskraft und steigender Bedarf für die zunächst brach gefallenen Flächen.

- Die Suburbanisierung als ungeplanter Einfluss gesellschaftlicher Art. Diese führten zu Bevölkerungsverlust der Stadt sowie einer starken Neubauwelle (Neuversiegelungswelle) in der Stadtperipherie, z.B. im nördlichen Teil von „Piatkowo“.
- Der Trend zu größeren Wohnungen (ungeplanter Einfluss sozial-gesellschaftlicher Art) verstärkte den Wohnraumangel. Dies führte zu flächenmäßig starken Wohnbau in allen Stadtteilen, vor allem in der Peripherie.
- Diese starke Neu- und Wiederversiegelung wird maßgeblich gesteuert von privaten Investoren, sog. Developern, die vor allem marktwirtschaftlichen Interessen folgen (geplanter Einfluss wirtschaftlicher Art), während die Kommune kaum Möglichkeiten zur Einflussnahme hat.
- Die nachträgliche Etablierung der vor der Wende fehlenden Infrastruktur, sowohl von öffentlicher (geplanter Einfluss politischer Art) z.B. Krankenhäuser als auch von privater Seite v.a. Einzelhandel (geplanter Einfluss wirtschaftlicher Art) führten zu – auch flächenmäßig bedeutender Neu- und Wiederversiegelung in allen Teilen der Stadt.
- Umwidmung nicht mehr benötigter Strukturen (geplanter Einfluss sozialer, politischer, gesellschaftlicher, wirtschaftlicher oder privater Art, je nach Akteur). Hierbei handelt es sich meist um markante Bauwerke, die aufwändig saniert und publicityträchtig einer neuen Nutzung zugeführt werden (z.B. Alte Brauerei in der Innenstadt, Tabakfabrik Jezyce).

Insgesamt dominieren in beiden Untersuchungsgebieten ungeplante Einflüsse. Politische Einflüsse, außer Stadtumbau Ost, nehmen eine untergeordnete Rolle gegenüber sozial-gesellschaftlich-wirtschaftlichen Einflüssen ein.

Wie manifestieren sich diese im Stadtbild (=“Transformationstypen“)? Handelt es sich hierbei um temporäre, oder dauerhafte Phänomene?

Es konnten typische und wiederkehrende Kombinationen von **Ehemalige Nutzung-Änderungsprozesse-heutige Nutzung** abgegrenzt und als Transformationstypen zusammengefasst werden. Als Hauptkategorien wurden zwischen genutzten (Keine Brache) und ungenutzten (Brache) Flächen unterschieden. Bei den genutzten Flächen handelt es sich um dauerhafte Phänomene, wobei für „dauerhaft“ ein Grenzwert von 20 Jahren angelegt wird. Bei urbanen Brachen handelt es sich traditionell um temporäre Phänomene. Dies trifft für Poznan zu. Bei der derzeitigen Entwicklung werden mittelfristig sämtliche Brachen zumindest des geschlossenen Stadtkörpers in Nutzung genommen werden. In Halle trifft dies nur eingeschränkt zu. Einige Brachen werden zwar neu in Nutzung genommen, bei unveränderten Ausgangsbedingungen werden mittelfristig nicht alle Flächen neu genutzt werden können, Diese Brachen müssen ebenfalls als dauerhafte Phänomene angesehen werden.

Wo und in welcher Menge kommen die Transformationstypen in den Untersuchungsgebieten vor? Bestehen Unterschiede zwischen den Untersuchungsgebieten?

Eine qualitative und quantitative Untersuchung und Inventarisierung der Transformationsflächen wurde in beiden Untersuchungsgebieten durchgeführt (vgl. Kapitel 5). In Halle fanden sich die größ-

ten Veränderungen im Gründerzeitviertel, wo mehr als ein Viertel der Fläche von Transformationsflächen eingenommen werden. Die Großwohnsiedlung ist mit 11% Anteil Transformationsflächen weniger stark betroffen. In der Gesamtstadt liegt der Anteil der Transformationsflächen bei rund 6%.

In Poznan sind die Großwohnsiedlungen mit jeweils rund 8% stärker betroffen als das Gründerzeitgebiet Jezyce, wo 4% Änderung ausgemacht wurde. Zurückgeführt wurden diese Unterschiede auf die primär höhere Baudichte des Gründerzeitgebietes, die eine weitere Verdichtung nur eingeschränkt erlaubt.

In beiden Städten überwiegen anthropogen intensiv genutzte Transformationsflächen. Die Städte unterscheiden sich auffallend hinsichtlich ihrer Transformationsflächen: In Poznan finden sich fast ausschließlich die Kategorien „Wiederbebau“ und „Neuversiegelung“. Diese weisen auf starke Wachstumsprozesse hin, die in Poznan über die Verdichtung der vorhandenen Strukturen (=“Concentration“) sowie über ein Vergrößern über den Stadtkörper hinaus (=“Sprawl“) stattfindet.

In Halle ist das Bild viel heterogener: Neu- und Wiederversiegelte Flächen repräsentieren auch hier „Concentration“ (v.a. durch die Infrastruktureinrichtungen) und „Sprawl“ (v.a. Durch die Suburbanisierung). Daneben sind innerhalb des Stadtkörpers auf den ehemals bebauten Flächen (gepflegte) Grünflächen und (ungepflegte) Brachen entstanden. Dies weist auf Prozesse von „Deconcentration“ hin. „Sprawl“ und „Deconcentration“ führen zu einem Auflockern des Stadtkörpers bis zu seinem Zerfall. In diesem Zusammenhang wird vom Phänomen der „perforierten Stadt“ oder „Zwischenstadt“ (SIEVERTS, 1998) gesprochen.

Wie verändern sich die ökologischen Potentiale der betroffenen Flächen (= „Transformationsflächen“)? Gibt es signifikante Unterschiede zwischen den ökologischen Potentialen der Transformationstypen?

Die aktuellen und wendezeitlichen ökologischen Potentiale der Brachen und des Typs „Unversiegelter Parkplatz“ wurden bestimmt und verglichen. Die Brachen erreichen im Vergleich zur Wende die höchsten Zuwächse, zum Beispiel wenn eine alte Industriefläche entsiegelt wurde („Entsiegelungsbrache“). Die untersuchten Transformationsflächen zeigten signifikante Unterschiede bezüglich der ökologischen Potentiale „Grundwassererneuerungspotential“, „Rückhaltepotential“, „Wasserverfügbarkeit“, „Nährstoffversorgung“ und „Biodiversität“. Die Typen „Unversiegelter Parkplatz“ und „Versiegelungsbrache“ unterschieden sich stark von den übrigen. Ohne diese zeigten sich noch bezüglich der Potentiale „Grundwassererneuerung“ und „Biodiversitätspotential“ signifikante Unterschiede.

Lassen sich im Vergleich der Untersuchungsgebiete Halle und Poznan unterschiedliche Triebkräfte und Transformationstypen differenzieren?

In beiden Städten ließen sich Deindustrialisierung, Suburbanisierung, Aufbau der ehemals fehlenden Infrastruktur, Umwidmung alter Strukturen ausmachen. Der erste und wichtigste Unterschied zwischen den beiden Städten besteht im wirtschaftlichen Aufschwung Poznans, der in Halle nicht stattfand. Die meisten Phänomene wie Bevölkerungsverlust, Entstehen von Brachflächen, Stadtum-

bau Ost etc. lassen sich direkt oder indirekt auf diesen Unterschied zurückführen.

Der zweite große Unterschied liegt in der unterschiedlichen Kompetenzzuweisung der kommunalen Stadtplanung in Deutschland und Polen: Die in Deutschland übliche Steuerung der Stadtentwicklung über Bebauungspläne und Baugenehmigungen würde in Polen als unzumutbare Einmischung des Staates in Private Angelegenheiten angesehen und existiert in dieser Form nicht (BILLERT, 2005; WALTER, 2005). Entsprechend hat die Stadt wenige Möglichkeiten in die Stadtentwicklung steuernd einzugreifen. Hohe Entscheidungsgewalt liegt bei den „Developern“, die den Neubau von Wohnungen vorantreiben (vgl. auch LORENS 2005). Dieser Unterschied führt in Poznan zu verstärkter Neuversiegelung auch in stadtplanerisch und stadtökologisch ungünstigeren Bereichen.

Für Halle hingegen existiert eine Fülle von Stadtplanerischen Werkzeugen, unter anderem „Stadtumbau Ost“, der unter städtebaulichen Gesichtspunkten den Stadtumbau gestalten soll. Ökologisch (für die vorliegende Fragestellung) macht sich das Programm vor allem durch das flächenmäßig relevante Entstehen gepflegter Grünflächen bemerkbar. Diese kommen wiederum in Poznan nicht vor.

Im Stadtgebiet von Poznan stehen in der Peripherie große potentielle Bebauungsflächen zur Verfügung, so dass ein Teil der Suburbanisierung auf diesen Flächen innerhalb der Stadtgrenzen stattfindet. Die neuen Infrastruktureinrichtungen, vor allem des Einzelhandels unterscheiden sich hinsichtlich ihrer Größe. Während in Halle kleinere Geschäfte entstanden, die meist einen großen Laden sowie mehrere kleinere umfassen, entstanden in Poznan große Shopping-center oder Shopping Malls mit mehreren großen Geschäften. KOTUS (2006) führt diese Unterschiede auf die unterschiedliche Mentalität der Bevölkerung zurück. Auch hinsichtlich „Umwidmung der alten Strukturen“ unterscheiden sich die beiden Gebiete. In Halle werden auch entstehende Freiflächen umgewidmet, die in Poznan so nicht vorkommen. Alte Gebäude in Poznan werden fast stets kommerziell genutzt, während in Halle die Nutzung an sich im Vordergrund steht, um den Gebäudewert zu erhalten, während eine Rendite im Hintergrund steht, bzw. meist nicht möglich ist.

In beiden Städten kommen dieselben Transformationstypen vor. Unterschiede fanden sich nur bei den „Verwilderungsbrachen“ also ehemals unversiegelten, nicht mehr gepflegten verwilderten Flächen. Diese gehören in Halle zu größeren Strukturen die nicht mehr genutzt werden (z.B. Industrie-einfahrten, Schulen). In Poznan hingegen handelt es sich um ehemals landwirtschaftlich genutzte Flächen (Orchards= Obstbaumwiesen), die ursprünglich nicht zum geschlossenen Stadtkörper gehörten und durch das Stadtwachstum nachträglich umschlossen wurden.

Gibt es signifikante Unterschiede zwischen den Untersuchungsgebieten hinsichtlich a) ökologischer Ausstattung und b) ökologischer Potentiale?

Bei der ökologischen Ausstattung fanden sich hinsichtlich Flora und Bodeneigenschaften signifikante Unterschiede. Der Vergleich der floristischen Ausstattung beider Städte (LINKE, 2006) zeigte größere Unterschiede zwischen den Städten als im Vergleich einer Stadt mit ihrer Peripherie (vgl. Kapitel 6). Die Böden wiesen signifikante Unterschiede hinsichtlich Kohlenstoffgehalts (höhere Gehalte in Halle), Bodenart (Sandigere Böden in Poznan) und Skelettgehalt (höhere Gehalte in Halle) auf.

Die ökologischen Potentiale liegen in beiden Städten in derselben Größenordnung, Poznan erreicht

tendenziell etwas niedrigere Werte. Signifikante Unterschiede wurden hinsichtlich Kohlenstoffsenkenpotential und Nährstoffversorgungspotential ausgemacht.

Wenn ja: Sind die Unterschiede begründet in der natürlichen Landschaftsausstattung oder in anthropogenen Einflüssen? Die floristischen Unterschiede lassen sich auf Unterschiede in der naturräumlichen Ausstattung zurückführen. Die sind teilweise klimatische Unterschiede (sprich: die Lage Poznans im kontinentaleren Raum), vor allem geologische und daraus folgenden pedologische Unterschiede.

Die pedologischen Unterschiede lassen sich teilweise auf anthropogene, teilweise auf naturräumliche Einflüsse zurückführen. Während der höhere Kohlenstoffgehalt in Halles Böden durch anthropogene Kohleablagerungen verursacht wird, stammen die sandigeren Böden und niedrigeren Skelettgehalte in Poznan überwiegend aus natürlichen Quellen. Hier spiegelt sich die Lage Poznans im Jungmoränengebiet wieder, dessen Substrate sandige Böden mit niedrigem Skelettanteil bilden. In Halle stehen verschiedenste Festgesteine an, aus denen sich Böden mit höheren Skelettanteilen entwickeln. Zusätzlich stammt ein Teil des erhöhten Skelettanteils in Halle aus anthropogenen Quellen, nämlich aus dem Bauschutt, der teilweise auf den Flächen verbleibt. Zusammenfassend läßt sich feststellen, dass die ökologische Ausstattung der Transformationsflächen trotz intensivster jahrhundertelanger urbaner Überprägung immer noch maßgeblich durch die naturräumliche Ausstattung geprägt wird.

Welche Auswirkungen haben die Veränderung und die Transformationsflächen auf die Stadt als urbanes Ökosystem?

Alle Ergebnisse dieser Arbeit zeigen übereinstimmend: Die Potentiale in „Halle“ haben sich deutlich verbessert. Im Untersuchungsgebiet „Poznan“ werden durchgehend sinkende ökologische Potentiale verzeichnet. Dies geht auf die hohen Neuversiegelungsraten zurück. In Rataje, wo auch in bedeutendem Ausmaß Brachflächen entstanden, ist diese Tendenz schwach ausgeprägt, in Jezyce stärker, Piatkowo verzeichnet stark sinkende ökologische Potentiale.

9.2 Handlungsempfehlungen

Methodologische Handlungsempfehlungen: Die Untersuchung des Bodenwasserflusses mit Hilfe von Saugkerzen und Tensiometern hat sich aufgrund der starken Trockenheit der Brachflächen als wenig zweckmäßig erwiesen. Saugkerzen sollten an Standorten mit Neigung und mehr Bodenwasser verwendet werden (z.B. KOCH 2005a; KRÜGER 2009), auf Untersuchungsflächen ohne Neigung ist eine Instrumentierung mit Saugkerzen nicht sinnvoll. Empfohlen werden kann die Verwendung von Infiltrometern zu Messung der Infiltrationsrate, weiterhin wäre die Messung des Bodenwassers mit Hilfe von Tracern oder Lysimetern denkbar.

Aus versicherungstechnischen und Sicherheitsgründen sollten in Halle nur noch auf solchen Flächen Stadtbodenkundliche Untersuchungen durchgeführt werden, bei denen der Verlauf der unterirdischen Leitungen zweifelsfrei geklärt ist. Die zugehörigen Pläne liegen aktuell dezentral bei den einzelnen Betreibern, so dass es fast unmöglich herauszufinden, ob und wo auf den Flächen Leitungen verlaufen. Daraus ergibt sich für die Stadtverwaltung die Empfehlung, die Pläne zentral zu

sammeln, bzw. die (lobenswerterweise) vorhandene, jedoch veraltete Liste der Leitungsinhaber zu aktualisieren.

Für zukünftige Forschungen in Halle wird empfohlen, sich zumindest bei langfristiger Instrumentierung ausschließlich auf Flächen in Eigentum der Stadt zu beschränken. Dies schränkt zwar unter Umständen die Repräsentativität ein – weswegen in dieser Arbeit dieser Ansatz nicht verfolgt wurde. Aufgrund der immer noch unklaren Besitzverhältnisse ist es aber sehr schwer, bei in Privatbesitz befindlichen Flächen den tatsächlich Verantwortlichen auszumachen und eine Genehmigung für Untersuchungen der Flächen zu erhalten.

Die Klassifizierung der Transformationstypen hat sich als zweckmäßig erwiesen und kann empfohlen werden. Als einzige Änderung wird vorgeschlagen, die Kategorien „Entsiegelungsbrachen mit technogenem Substrat“ und „Entsiegelungsbrachen mit natürlichem Substrat“ zu einer Kategorie zu verschmelzen. Oberflächlich von technogenem Substrat freie Flächen können technogenes Substrat enthalten, ohne Aufgraben des Bodens ist es nicht möglich, den Unterschied festzustellen.

Je nach Fragestellung kann die Kartierung der Brachen eine Hierarchiestufe höher erfolgen, bei der zwischen Entsiegelungsbrachen, Hochversiegelte Brachen sowie Verwilderungsbrachen unterschieden wird. Für die Kartierung der hochversiegelter Brachen und Verwilderungsbrachen, die im Luftbild weniger gut erkennbar sind, kann auf andere Quellen zurückgegriffen werden (z.B. Häuserbrachenkataster, Heimatvereine). Die Verwilderungsbrachen kommen flächenmäßig in untergeordneter Zahl vor so dass man sie auch weglassen kann.

Der Bewertungsschlüssel für die ökologischen Potentiale muss an wenigen Stellen modifiziert werden. Bei der Berechnung des Nährstoffversorgungspotentials sollte das Minimumgesetz von LIEBIG Berücksichtigung finden, nachdem die Vegetationsversorgung durch denjenigen Nährstoff determiniert wird, der im Minimum vorliegt (vgl. REMMERT & GRIESHABER 1992). Entsprechend sollte nur der jeweilige Minimumnährstoff in die Bewertung eingehen. Die Durchgängigkeit für Organismen sollte in Zukunft nicht nur über die Nachbarschaftsverhältnisse, sondern über eine „Gründiagonale“ ermittelt werden. Hierbei wird (GIS-gestützt) die maximale Länge des Weges ermittelt, über den sich ein von der untersuchten Fläche stammender Organismus verbreiten kann. Damit lassen sich voraussichtlich genauere Aussagen ableiten. Weiterhin sollte als weiterer Parameter die Bodenmächtigkeit in den der Schlüssel aufgenommen werden. In der Fallstudie hat sich am Beispiel der unterirdisch versiegelten Fläche 24 gezeigt, dass diese einen bedeutenden Einfluss auf die Potentiale Grundwassererneuerung, Rückhaltepotential C-Senkenpotential, Nährstoffversorgungspotential, Wasserversorgungspotential sowie Biodiversitätspotential ausübt.

Wie bei den Transformationstypen hängt die Wahl der Methode von der Fragestellung ab. Für eine Grobabschätzung der Potentiale genügt eine Einschätzung über Bodendeckschicht und Versiegelungsgrad, ggf. auch fernerkundungsgestützt (vgl. NEUBERT 2006). Eine detaillierte Untersuchung ist für Einzelfragestellungen oder Einzelflächen zweckmäßig.

Empfehlungen für Halle: Die vorliegende Arbeit hat deutlich gezeigt: wenn sich nicht die Ausgangsbedingungen deutlich verändern (z.B. in Form eines Wirtschaftsaufschwungs), werden die Brachen für absehbare Zeit ein fester Bestandteil der Stadtbildes bleiben. Ebenfalls konnte belegt wer-

den, dass die Brachen ökologisch wertvoll sind. Aus diesen zwei Gesichtspunkten ergibt sich – für die Stadt, aber auch für die Bewohner die Notwendigkeit, die Brachflächen konstruktiv zu thematisieren, zum Beispiel in den Stadtentwicklungskonzepten (STADT HALLE, 2006a), wo die Brachen bisher kaum erwähnt werden, und bewusst in das Stadtbild zu integrieren. Als wichtigster Gesichtspunkt sollte hierbei das Image der Brachen in der Öffentlichkeit verbessert werden. Der ökologische Wert der Brachen kann den Bürgern mit Hilfe eines ökologischen Erlebnispfades, wie ihn z.B. LINDAU (2004) erarbeitet hat, nahe gebracht werden (vgl. auch LINDAU 2002). Eine besondere Bedeutung zur Vermittlung des Wertes dieser Flächen kommt hierbei den Schulen zu. Die urbanen Brachen können in allen Klassenstufen als praktische Beispiele für zahlreiche Phänomene genutzt werden (Anlegen eines Herbars, Wandertag, Biologischer Schwerpunkt, Schulprojekt). Auf diese Weise wird „Natur“ und „Ökosysteme“ auch für urban geprägte Kinder aus erster Hand erfahrbar (vgl. auch PROBST 1993).

Eine gezielte Pflege der Brachflächen ist aus ökologischer Sicht nicht angezeigt und kann unterbleiben. Auf diese Weise kann die Kommune finanziell entlastet werden. Wichtiger dagegen erscheint die Pflege der an die Brachen angrenzenden Gehwegflächen. Hierdurch kann das Image der Brachen insgesamt verbessert werden. Die Reaktion der Menschen auf die Brachen wurden nicht gezielt untersucht, jedoch wurde bei einzelnen Gesprächen mit Passanten immer wieder deutlich, dass diese sich weniger am chaotischen Charakter der Brachflächen selbst stören, als vielmehr an dem „unordentlichen Ausufer“ der Pflanzen auf den Gehweg.

Weiterhin sollte darauf geachtet werden, potentielle Gefahrenherde wo immer möglich zu beseitigen. Dazu gehört zum Beispiel das Entfernen von Tonnen verrosteten Stahlträgern etc. von den Flächen. Nur dann können diese Fläche für die Bevölkerung nutzbar gemacht werden.

Empfehlungen für Poznan: Für Poznan ist es weniger einfach, Empfehlungen auszusprechen. Prinzipiell wäre eine Stärkung der Stadtverwaltung gegenüber den Developern, um stärker in das Stadtentwicklungsgeschehen eingreifen zu können, wünschenswert.

Weiterhin wäre eine Sicherung zumindest einiger Brachflächen wünschenswert. Die derzeitige Politik weist in die gegensätzliche Richtung: im neuen Studium (CESAR, 2008) ist für Rataje und Piatkowo „Verdichtung, ohne die vorhandenen Grünflächen anzutasten“ als Ziel festgeschrieben worden. Diese Verdichtung kann nur auf den Brachflächen (die im Studium nicht zu den Grünflächen zählen) durchgeführt werden. Insofern scheint es nicht möglich, die Brachflächen zu erhalten. Es wäre jedoch darüber nachzudenken, ob nicht zumindest einige Brachflächen in Parks umgewandelt werden könnten. Somit könnten die ökologischen Potentiale der Flächen zumindest teilweise erhalten werden.

Wichtiger erscheint die Sicherung der keilförmig auf die Innenstadt zulaufenden Klimakorridore, um die Frischluftversorgung der Stadt zu gewährleisten (z.B. der Östliche Grünkeil vgl. Kapitel 8.2). Insbesondere die Übergangsbereiche zwischen Keil und Innenstadt sollten auf keinen Fall bebaut werden, um die Frischluftschneise nicht zu schließen. Im östlichen Grünkeil wurde in diesem Bereich ein Hotel errichtet, weitere Bauten sollten nicht dazu kommen. Auf keinen Fall bebaut werden sollte das Westufer des Maltasees, um die Winde die von der freien Wasserfläche kommen, nicht zu behindern. Dieser Bereich ist im neuen Stadtentwicklungsplan als Bebauungsfläche freigegeben worden (CESAR, 2008). Sollte dieser Bereich bebaut werden- und der Nutzungsdruck ist da, wür-

de dies zu einer Einschränkung des Schneiseffektpotentials führen, und das Stadtklima erheblich verschlechtern.

9.3 Forschungsbedarf:

Die Auswirkungen der Transformation auf das urbane Ökosystem ist ein neuer und bisher wenig thematisierter Forschungszeitig. Eine Arbeit zu diesem Thema musste daher zwangsläufig Pioniercharakter haben. Folgende Forschungsfelder und -themen lassen sich aus dieser Arbeit ableiten:

- Lassen sich die in Halle und Poznan ermittelten Ergebnisse auf andere Untersuchungsgebiete übertragen? Ist die ökologische Ausstattung der neu entstandenen Transformationsflächen vergleichbar mit der ökologischen Ausstattung nicht postwendzeitlich entstandener Flächen, v.a. Brachflächen? Hierzu sollten die Daten vorhandener Untersuchungen zu Halle und Poznan (z.B. BILLWITZ & BREUSTE 1980; GERTH 1990; AMMON 1982; SAUERWEIN 2004; LIS & PASIECZNA 2005) und anderer Untersuchungsgebiete (z.B.: BLUME & SCHLEUSS 1997; SUKOPP 1990; HERBOLD & BROLL 1996; HILLER 1993; KAERKES 1987; ENGEL 1949) herangezogen werden.
- Gibt es neben dem Typ der Shrinking City und dem Typ der prosperierenden Stadt weitere Typen von Städten? Welche (von den untersuchten Städten unterschiedlichen) Triebkräfte lassen sich für diese Städte ausmachen? Finden sich dort weitere, im Kartierschlüssel nicht vorhandene Transformationstypen?
- Nur für 2 ökologische Potentiale konnten signifikante Unterscheide zwischen den Brachen festgestellt werden. Lag dies an der niedrigen Stichprobenzahl oder bestehen tatsächlich keine signifikanten Unterschiede? Im Rahmen dieser Arbeit war eine größere Stichprobenanzahl nicht möglich. Der Test sollte mit einer größeren Stichprobenanzahl wiederholt werden. Hierbei müssen nicht alle zehn Potentiale gleichzeitig untersucht werden. Denkbar wäre es, im Rahmen von studentischen Arbeiten (Projektarbeit, Bachelorarbeit) die Potentiale einzeln zu betrachten. Hierbei kann auf bestehende Datensätze zurückgegriffen werden.
- Wie lange steht der Vegetation auf den technogenen Brachen nach einem Regenereignis Wasser zur Verfügung? Hierzu wird die Verwendung von Infiltrometern Tracern oder Lysimetern empfohlen (WOHLRAB ET AL., 1992).
- Forschungsbedarf besteht für die Einschätzung der neu entstehenden urbanen Flächen (besonders der Brachen) hinsichtlich ihres Kohlenstoffsenkenpotentials, auch im globalen Kontext. Diese Frage konnte im Rahmen der Arbeit nur sehr ungenau beantwortet werden. Hier sollte ein entsprechendes Einzelprojekt Forschungsvorhaben die Input- Output- sowie die Umsatzprozesse genauer untersuchen.

Als besonders wichtig erscheint es, die Ergebnisse dieser Arbeit sowie der übrigen in diesem Feld erstellten Arbeiten zu bündeln und (zum Beispiel mit Hilfe von computergestützten Modellen) in einen größeren Zusammenhang zu stellen. Nur auf diese Weise kann ein tieferes Verständnis für das hochkomplexe und extrem dynamische, aber auch sehr interessante Urbane Ökosystem erzielt werden.

Literatur

- AD-HOC AG BODEN (2005): Bodenkundliche Kartieranleitung (KA 5), 5. Aufl. Bundesanstalt für Geowissenschaften und Rohstoffe, Hannover.
- AEY, W. & H. P. BLUME (1991): Genese und Ökologie alter und junger Stadtböden unter Gartennutzung. In: Mitt. Dt. Bodenk. Ges. Bd. 66 II S. 759-762.
- AK STADTBÖDEN (1996): Urbaner Bodenschutz. Arbeitskreis Stadtböden [Hrsg.], Berlin Heidelberg New York.
- AK STADTBÖDEN (1997): Empfehlungen des Arbeitskreises Stadtböden der deutschen bodenkundlichen Gesellschaft für die bodenkundliche Kartierung urban, gewerblich, industriell und montan überformter Flächen (Stadtböden). 2. Aufl., Teil 1: Feldführer. Arbeitskreis Stadtböden der deutschen bodenkundlichen Gesellschaft [Hrsg.], Kiel.
- ALBERTI, M. (2008): Advances in urban Ecology. New York.
- ALTERMANN, M. (1974): Die Böden der Umgebung von Halle. In: Saalestadt Halle und Umgebung: Ein geologischer Führer Teil 1. G. Krumbiegel, M. Schwab [Hrsg.], Halle.
- AMMON, I. (1982): Beiträge zu stadtökologischen Fragen von Halle/ Halle- Neustadt. Diss. Univ. Halle.
- APPEL, K., T. NEHLS, S. TRINKS & G. WESSOLEK (2008): Ableitung effektiver bodenhydrologischer Parameter für teilversiegelte Oberflächen. 4. Kongress des DFG- Graduiertenkolleg 780/3, Berlin, Oktober 2008 (Poster).
- ARBEITSKREIS LEITBILD (2003): Leitbildkonzept Halle: Zukunft erhalten- Zukunft gestalten. In: Hallesche Diskussionsbeiträge zur Wirtschafts- und Sozialgeographie, Heft 4. K. Friedrich, W. Thomi [Hrsg.], Halle.
- ARLT, G. (1997): Regionale Tragfähigkeiten- ökologische und ökonomische Ansätze einer nachhaltigen Siedlungsentwicklung. In: Flächensteuerung in Großstadregionen - Ansätze für eine nachhaltige Siedlungsentwicklung . Berlin : Difu, 1997, (Seminar-Dokumentation 'Forum Stadtökologie' 3), S.111-125. R. Sander [Hrsg.], Berlin.
- ARTMANN, J. (2008): Stadt im Wandel - Zeit und Raum für urbane Wildnis? 4. Kongress des DFG- Graduiertenkolleg 780/3, Berlin, Oktober 2008 (Poster).
- ASAEDA, T. & V. CA (1998): A case study on the effects of vegetation on the climate in the urban area. In: Urban ecology. Breuste, Feldmann, Uhlmann [Hrsg.], Berlin Heidelberg New York.
- BACCINI, P. & H.-P. BADER (1996): Regionaler Stoffhaushalt. Erfassung, Bewertung und Steuerung. Heidelberg Berlin Oxford.
- BAHRENBERG, G., E. GIESE & M. MEVENKAMP (1999): Statistische Methoden in der Geographie, Bd.1, Univariate und bivariate Statistik 4. Aufl. Stuttgart.

- BAMBERG, G., F. BAUR & M. KRAPP (2008): Statistik 14. Aufl. Oldenburg.
- BARTKOWSKI, T. (1979a): Geographical foundations of ecological town development- planning- case study of poznan. In: Selected problems of urban ecology S. 11-37. Bartkowski, Zimowski [Hrsg.], Poznan.
- BARTKOWSKI, T. (1979b): Impact of urbanization within the limits of Poznan Agglomeration upon the surfaces of primary production and of protected nature. In: Selected problems of urban ecology S. 38-64. Bartkowski, Zimowski [Hrsg.], Poznan.
- BARTKOWSKI, T. (1985): Über das Geosystem von Poznan in stadt-ökologischer Sicht. In: Bilaterale wissenschaftliche Konferenz 'Geosystemy miast stadtgeosysteme'. T. Bartkowski [Hrsg.], Poznan.
- BASTIN, L. & C. THOMAS (1999): The distribution of plant species in urban vegetation fragments. In: Landscape ecology 14 S. 493-507. Amsterdam.
- BATJES, N. H. (1999): Management options for reducing CO2 concentrations in the atmosphere by increasing carbon sequestration in the soil. Report 410-200-031 Dutch national Research Programme on Global Air pollution and climate change and Technical Paper 30, International soil reference and information Centre [Hrsg.], Wageningen.
- BAUER, B. (1999): Mikrometeorologische Analyse und Bewertung kleinräumiger Stadtstrukturen. Diss. Uni. Göttingen. UFZ- Bericht Stadtökologische Forschungen 18. Leipzig- Halle.
- BAUMANN, K., M. KARSTEN, R. KLEINERT & C. STELLFELDT-KOCH (2008): Stadtumbau West - Stadtumbau in 16 Pilotstädten - Bilanz im ExWest -Forschungsfeld Stadtumbau West. Bundesamt für Bauwesen und Raumordnung [Hrsg.], Berlin, Oldenburg.
- BENHOLD, I., M. FALKENHAGEN & G. ZINKE (2000): Erfassung, Bewertung und Darstellung von Stadngewässern des Stadtgebietes und engeren Stadtumlandes von Halle (Saale) mit einem GIS. In: Hallesches Jahrb. Geowiss. Bd. 22 S.27-40. Halle.
- BERNT, M. (2003): Risiken und Nebenwirkungen des Stadtumbaus. UFZ Diskussionspapier 5/2002. Leipzig.
- BERNT, M. (2007): Six years of 'Stadtumbau Ost' ('urban restructuring east') Programme: difficulties on dealing with shrinking cities. In: Shrinking Cities: Effects on urban Ecology and Challenges for urban development. M. Langner, W. Endlicher [Hrsg.], Frankfurt.
- BILLERT, A. (2004): Stadterneuerungsprobleme in Polen als Folge fehlender Marktstrukturen im Wohnungswesen und ungenügendem Planungsrecht- Praxisbericht und Ausblick. In: Städte im Umbruch – Die europäische Perspektive - 2/2004 (Online- Magazin). Leipzig Berlin.
- BILLERT, A. (2005): Denkmalpflege in Polen- Nationale Identität, Schönheitstraum und Verlust der Mitte. In: Informationen zur Raumentwicklung 6.2005 S. 409-415.
- BILLWITZ, K. & J. BREUSTE (1980): Anthropogene Bodenveränderungen im Stadtgebiet von Halle/ Saale. In: Wiss Zschr. Uni Halle Math.- Nat. Reihe, 29 (1980) 4 (S. 25-43). MLU, Halle.

- BLASCHKE, K. (2001): Stadtgrundriss und Stadtenwicklung: Forschungen zur Entstehung mitteleuropäischer Städte. P. Johaneck [Hrsg.], Köln, Böhlau.
- BLUM, W. E. (2007): Bodenkunde in Stichworten (6. Aufl.). Berlin, Stuttgart.
- BLUME & SCHLEUSS (1997): Bewertung anthropogener Stadtböden (Abschlußbericht des BMBF-Verbundvorhabens). In: Univ. Kiel. Schr.r. Inst. Pflanze nernähr. Bodenkde., Bd.38. Blume, Horn, Sattelmacher [Hrsg.], Kiel.
- BLUME, H. (1982): Böden des Verdichtungsraumes Berlin. In: Mitt. Dt. Bodenk. Ges. 33, 269-280.
- BLUME, H. (1989): Characteristics of urban Soils. In: MAB Mitt. Bd. 30 Unesco Programm: Der Mensch und die Biosphäre.
- BLUME, H. & H. SUKOPP (1976): Ökologische Bedeutung anthropogener Bodenveränderungen. In: Schriftenr. Vegetationskunde Bd. 10 S. 75-87. Bonn Bad Godesberg.
- BLUME, H.-P. (1998): Böden. In: Stadtökologie- ein Fachbuch für Studium und Praxis 2. Aufl. S. 168- 185. H. Sukopp ,R. Wittig [Hrsg.], Stuttgart, Jena, Lübeck, Ulm.
- BLUME, H. P. [HRSG.] (1990): Handbuch des Bodenschutzes. Landsberg/ Lech.
- BLÜMEL, BOHLE ET AL. (2005): Die Erde Bd. 136. Gesellschaft für Erdkunde zu Berlin [Hrsg.], Berlin.
- BMU (1993): Agenda 21, Konferenz der Vereinten Nationen für Umwelt und Entwicklung im Juni 1992 in Rio de Janeiro. Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit (BMU) [Hrsg.], Bonn.
- BMVBS UND BBR (2008): Städtebaulicher Investitions- und Förderbedarf 2007 bis 2013 in Deutschland. In: Forschungen Heft 132. BmVbs und BBR [Hrsg.], Bonn.
- BÖHM, P., J. BREUSTE, M. WERHEIT & E. WICKOP (2001): Theoretische Grundlagen zum Stadtstrukturtypenansatz. Breuste, J., M. Wächter, B. Bauer [Hrsg.]:Konzepte zur umwelt- und sozialverträglichen Entwicklung von Stadtregionen. CD-ROM., Leipzig.
- BONGARDT, B. (2006): Stadtklimatologische Bedeutung kleiner Parkanlagen dargestellt am Beispiel des Dortmunder Westparks. In: Essener ökologische Schriften Bd. 24. W. Burghardt, W. Kuttler, H. Schuhmacher [Hrsg.], Essen.
- BORNKAMM, R. (1985): Vegetation changes in herbaceous communities. In: The population structure of Vegetation Pt3. S.89-109. J. White [Hrsg.], Dordrecht.
- BORNKAMM, R. (1986): Ruderal succession starting at different seasons. In: Acta societatis botanicorum Poloniae 55/3 S. 403-419. Wroclaw.
- BÖTTCHER, E. (1998): From Garrison to Town. In: Urban ecology. Breuste, Feldmann, Uhlmann [Hrsg.], Berlin Heidelberg New York.

- BRADE, I. (2004): Die Stadt Ivanovo und ihre aktuellen Probleme. In: Ivanovo- Eine Stadt in postsozialistischer Transformation; Working Papers des Projektes Schrumpfende Städte Heft I. P. Oswald [Hrsg.], Berlin.
- BRADE, I. & F.-D. GRIMM (1998): Städtesysteme und Regionalentwicklungen in Mittel- und Osteuropa. In: Beiträge zur regionalen Geographie Bd 46. Institut für Länderkunde, Leipzig.
- BRADY, N. C. & R. WEIL (2007): The nature and properties of soils 14.Aufl. New York.
- BRANRYD, T. (1982): Fluxes and accumulation of organic carbon in urban ecosystems on a global scale. In: Urban ecology : the Second European Ecological Symposium Berlin, 8-12 September 1980. R. Bornkamm, J. A. Lee, M. R. D. Seaward [Hrsg.], Oxford.
- BRAUN-BLANQUET, J. (1964): Pflanzensoziologie (3. Aufl.). Wien.
- BREUSTE, I. (2001): Naturakzeptanz und Naturwahrnehmung in der Stadt. In: Konzepte zur umwelt- und sozialverträglichen Entwicklung von Stadtregionen. CD-ROM. J. Breuste, M. Bauer, B. Wächter [Hrsg.], Leipzig.
- BREUSTE, J., E. ENDLICHER & M. MEURER (2007): Stadtökologie. In: Geographie. H. Gebhardt, R. Glaser, U. Radkke, P. Reuber.
- BREUSTE, J., M. WÄCHTER & B. BAUER (2001): Konzepte zur umwelt- und sozialverträglichen Entwicklung von Stadtregionen. CD-ROM. Leipzig.
- BREUSTE, J. ET AL. (2001): Entwicklung von Natur und Landschaft - Umweltplanerische Instrumente. In: Konzepte zur umwelt- und sozialverträglichen Entwicklung von Stadtregionen. CD-ROM. J. Breuste, M. Bauer, B. Wächter [Hrsg.], Leipzig.
- BREUSTE, J., H. FELDMANN, O. UHLMANN [HRSG.] (1998): Urban Ecology. Leipzig.
- BUCH, V. M. W. & H. MEYER-STEINBRENNER (1988): Humusformentwicklung in Hamburger Stadtwäldern und Parks. In: Mitt. Dt. Bodenk. Ges. 56, 327-332.
- BÜHL, A. (2008): SPSS 16 : Einführung in die moderne Datenanalyse. München.
- BULLOCK, P. & P. GREGORY (1991): Soils in the urban environment. P. Bullock, P.J, Gregory [Hrsg.], London.
- BUNDESAGENTUR FÜR ARBEIT (2009): Arbeitsmarktlage in der Stadt Halle (Saale) 2009. Stadt Halle Homepage, <http://www.halle.de/index.asp?MenuID=150&SubPage=4>, zuletzt aufgerufen am 30.09.2009. Halle.
- BÜNING, H. & G. TRENKLER (1994): Nichtparametrische statistische Methoden. Berlin.
- BURGHARDT, W. (1996): Substrate der Bodenbildung urban, gewerblich und industriell überformter Flächen. In: Urbaner Bodenschutz S. 25-45. Arbeitskreis Stadtböden der deutschen bodenkundlichen Gesellschaft, Berlin Heidelberg New York.

- BURGHARDT, W. (2001): Humusgehalte in Stadtböden. Mitt. Dt. Bodenk. Ges., Bd.96/II, 477-478.
- BUSSMANN, F. & H. SAHNER (2006): Die Wende und wie weiter? Probleme und Perspektiven des Übergangs. In: 2. Aufl. Halle und sein Umland - Geographischer Exkursionsführer. K. Friedrich, M. Frühauf [Hrsg.], Halle.
- CARTER, M. E. (1993): Soil sampling and methods of Analysis. Canadian society of soil science, Boca Raton.
- CENTRAL STATISTICAL OFFICE (2009): 'Unemployment rate'. Stadt Poznan Homepage, <http://www.poznan.pl/mim/public/s8a/charts.html?co=pdf&id=31&instance=1009&parent=265&lang=en&ext=.pdf>, zuletzt aufgerufen am 30.09.2009.
- CESAR, K. (1999): Kierunki Przestrzennego Rozwoju Miasta Poznania- Directions for physical development of Poznan. Poznan.
- CESAR, K. (2008): Studium 2008 Miasta Poznania. Stadt Poznan [Hrsg.], Poznan.
- COMMISSION OF THE EUROPEAN COMMUNITIES (1995): CORINE Land Cover. Commission of the European Communities [Hrsg.], Kopenhagen.
- CORDBEN, E. (1996): Mechanische Eingriffe in Stadtböden. In: Urbaner Bodenschutz S. 59-68. Arbeitskreis Stadtböden der deutschen bodenkundlichen Gesellschaft [Hrsg.], Berlin Heidelberg New York.
- DEILMANN, C., K. GRUHLER & R. BÖHM (2005): Stadtumbau und Leerstandsentwicklung aus ökologischer Sicht. Leibnitz - Institut für ökologische Raumentwicklung ev. [Hrsg.], München.
- DIABY, K. (1996): Untersuchungen zum Schwer- und Nährstoffhaushalt in Halleschen Kleingartenanlagen- Ein Beitrag zur geoökologischen Charakteristik der Stadtregion Halle. Diss. Univ. Halle.
- DIN 10693 (1995): Bodenbeschaffenheit - Bestimmung des Carbonatgehaltes - Volumetrisches Verfahren (ISO 10693:1995). Berlin.
- DIN 10694 (1995): Bodenbeschaffenheit- Bestimmung von organischem Kohlenstoff und Gesamtkohlenstoff nach trockener Verbrennung. Berlin.
- DIN 19682 (1999): Boden 1 - Bodenkundliche Standortbeurteilung, Bewässerung, Entwässerung, Deponietechnik DIN- Taschenbuch. Berlin, Wien, Zürich.
- DOLGNER, D. (1996): Historische Industriebauten der Stadt Halle/Saale. Halle.
- DROTH, A., F.-P. GRIMM & A. HAASE (2000): Polen Aktuell. In: Daten- Fakten- Literatur zur Geographie Europas Heft 6. Institut für Länderkunde, Leipzig.
- DVWK (1990): Gewinnung von Bodenwasserproben mit Hilfe der Saugkerzen-Methode. Merkblätter zur Wasserwirtschaft 217. Deutscher Verband für Wasserwirtschaft und Kulturbau (DVWK) [Hrsg.], Hamburg.

- ECKERT, S. & A. NEUBERT (2005): Erfassung und Bewertung des Flächennutzungswandels in ausgewählten Stadtgebieten von Poznan (1990-2005) (unveröff. Praktikumsbericht). Halle.
- EICKMANN, T. (1998): Gesundheit. In: Stadtökologie- ein Fachbuch für Studium und Praxis 2. Aufl. H. Sukopp, R. Wittig [Hrsg.], Stuttgart, Jena, Lübeck, Ulm.
- ELLENBERG, H. (1973): Ökosystemforschung. Berlin.
- ELLENBERG, H. (1992): Zeigerwerte von Pflanzen in Mitteleuropa. 2. Aufl. Scripta geobotanica ; 18. Göttingen.
- ENDLICHER, W., M. LANGNER, M. HESSE, A. MIEG, I. KOWARIK, P. HOSTERT, G. N. E. KULKE, M. SCHLUTZ, E. VD. MEER, G. WESSOLEK & C. WIELAND (2007): Urban Ecology- Definitions and concepts. In: Shrinking Cities: Effects on urban Ecology and Challenges for urban development. M. Langner, W. Endlicher [Hrsg.], Frankfurt.
- ENGEL, H. (1949): Trümpferpflanzen von Münster. In: Natur und Heimat 9, S1-12. Münster.
- ERR RAUMPLANER FSU (2003): Handbuch Siedlungsökologie- Praxisorientierter Beitrag zur ökologischen Aufwertung des Siedlungsraumes. Dr. Berthold Suhner- Stiftung [Hrsg.], St Gallen, Herisau.
- FELLENBERG, G. (1995): Ökologisches Potential. In: Handbuch zur Ökologie. W. Kuttler [Hrsg.], Berlin.
- FERRARI, E. & J. ROBERTS (2004): Regrowth of a shrinking city. In: Manchester-Liverpool; Working Papers des Projektes Schrumpfende Städte Heft II. P. Oswald [Hrsg.], Berlin.
- FEZER, F. (1995): Das Klima der Städte. Gotha.
- FINKE, L. (1996): Landschaftsökologie, 3. Aufl. Braunschweig.
- FISCHER, L., I. KOWARIK & M. VON DER LIPPE (2008): Experimentelle Diversifizierung der Biodiversitätsdynamik in urbanen Wohngebieten. 4. Kongress des DFG- Graduiertenkolleg 780/3, Berlin, Oktober 2008 (Poster).
- FREITAG, L. (2004): Stadtumbau Ost ist Aufbau Ost. In: Dokumentation zum Kongress 'Zwei Jahre Stadtumbau Ost'. BMVBW/BBR [Hrsg.].
- FRIEDRICH, K. (1998): Die Wohnsuburbanisierung in der Stadtregion Halle (Saale). In: Hallesches Jahrb. Geowiss. 2004; R.A. Bd. 20; S. 107-115. Halle.
- FRIEDRICH, K. (2005): Siedlungsstruktureller und sozioökonomischer Wandel in der mitteldeutschen Kernregion Halle-Leipzig. In: Geographische Rundschau 57; H. 7-8, S. 20-26. Inst. f. Länderkunde Leipzig [Hrsg.], Braunschweig.
- FRIEDRICH, K. (2006): Die Stadt Halle und ihre Region. In: Halle und sein Umland - Geographischer Exkursionsführer. 2. Aufl. K. Friedrich, M. Frühauf [Hrsg.], Halle.

- FRIEDRICH, K. & M. KREMLING (2004): Zwischen Aufwertung und Rückbau – Entwicklung wohnungswirtschaftlicher Strategien durch Analyse von Leerstandsdeterminanten im Stadtumbau Ost. In: Hallesches Jahrb. Geowiss. 2004; R.A. Bd. 26; S. 13-24. Halle.
- FRIEDRICH, K. & A. SCHULTZ (2006): Der Sog des Westens. In: Nationalatlas Bundesrepublik Deutschland. Leben in Deutschland. Bd. 12, S. 64-65. Inst. f. Länderkunde Leipzig [Hrsg.], Leipzig.
- FRIEDRICH, K. AND A. SCHULTZ [HRSG.] (2008): Brain drain oder brain circulation. Konsequenzen und Perspektiven der Ost-West-Migration. In: forum ifl 8. Leipzig.
- FRIEDRICHS, J. & H. HÄUSSERMANN (2001): Die Entwicklung der Städte in den neuen Bundesländern. In: Die Transformation Ostdeutschlands- Berichte zum sozialen und politischen Wandel in den neuen Bundesländern. H. Bertram, R. Kollmorgen [Hrsg.], Opladen.
- FRITSCHKE ET AL. (2007): Shrinking Cities- A new Challenge for research in urban ecology. In: Shrinking Cities: Effects on urban Ecology and Challenges for urban development. M. Langner, W. Endlicher [Hrsg.], Frankfurt.
- FRÜHAUF, M. (1992): Zur Problematik und Methodik der Getrennterfassung geogener und anthropogener Schwermetallgehalte in Böden. In: Geoökodynamik Bd. 13, S. 97-120. Bensheim.
- FRÜHAUF, M. (2006): Natürliche Gunstfaktoren für die (An)Lage und Entwicklung von Halle im Spiegelbild erdgeschichtlicher Zeugen. In: Halle und sein Umland - Geographischer Exkursionsführer, 2. Aufl. K. Friedrich, M. Frühauf [Hrsg.], Halle.
- FRÜHAUF, M., K. DIABY, M. SAUERWEIN & M. ZIERDT (1996): Geoökologische Charakterisierung hallescher Kleingärten. UFZ Bericht 8/1996. Leipzig- Halle.
- FRÜHAUF, M., M. ZIERDT, D. KLEY, S. DIPPMMANN, G. SCHMIDT & K. DIABY (1993): Abschlussbericht zum Thema 'Stadtökologische Forschungen im Raum Halle- Belastung physisch-geographischer Umweltmedien'. Abschlussbericht, Inst. f. Geogr. Univ. Halle. unveröff.
- GARB, Y. & J. JACKSON (2005): Brachflächenrecycling in der tschechischen Republik: Planerische Antworten. In: Planungsrundschau. Altrock et al. [Hrsg.], Berlin.
- GDW, DST, VKU, AGFW & BGW (2006): Stadtumbau- starke Partnerschaft für die Zukunft der Städte. Köln.
- GEISS, S., J. KEMPER & D. M.-T. KRINGS-HECKEMEIER (2002): Programmbegleitung des Bundesländer-Programms 'Soziale Stadt' - 'Modellgebiet Halle- Silberhöhe', Sachsen- Anhalt 'Soziale Stadt' – Modellgebiet 'Halle-Silberhöhe', Sachsen-Anhalt Endbericht. Berlin.
- GERTH, H.-P. (1990): Untersuchung von Standortmerkmalen unversiegelter urbaner Freiflächen in Halle/ Saale. Diss. Univ. Halle.
- GILBERT, O. L. (1994): Städtische Ökosysteme. Radebeul.

- GLASER, R., H. GEBHARDT & W. SCHENK (2007): Geographie Deutschland. R. Glaser, H. Gebhardt, W. Schenk [Hrsg.], Darmstadt.
- GLORIUS, B. (2006): Gründerzeitliche Mietskasernen und Nobelviertel - Baulicher Verfall, Restauration und 'gentrification'. In: Halle und sein Umland - Geographischer Exkursionsführer. 2. Aufl. K. Friedrich, M. Frühauf [Hrsg.], Halle.
- GRACZ, L. (2003): Das Mekka für Sport und Erholung. In: Willkommen in Posen- Wegweiser durch Stadt und Umgebung. IKS - Informator Kulturalny, Sportowy i Turystyczny [Hrsg.], Poznan.
- GRADUIERTENKOLLEG 780 (2008): Stadtökologische Perspektiven in Wissenschaft und Praxis - Ergebnisse der Nachwuchsforschung zur Stadt im Wandel. Berlin.
- GRADUIERTENKOLLEG 780 (2009): Stadtökologische Perspektiven 3., Homepage des Graduiertenkollegs, http://www.stadtoekologie-berlin.de/de/front_content.php, zuletzt aufgerufen am 31.08.2009.
- GRENZIUS, R. (1988): Starke Bodenversauerung und Schwermetallanreicherung durch Stammabfluss in der Innenstadt von Berlin (West). In: Mitt. Dt. Bodenk. Ges. 56, 363-368.
- GROSSMANN, J. (1988): Physikalische und chemische Prozesse bei der Probenahme von Sickerwasser mittels Saugsonden. Diss. TU München.
- GROSSMANN, K. (2007): Am Ende des Wachstumsparadigmas Zum Wandel von Deutungsmustern in der Stadtentwicklung. Bielefeld.
- GRUCHMAN, B., J. PIETROWICZ, L. TRZECIAKOWSKI & K. ZOLINSKI (1997): Wielkopolska- w drodze do przyszlosci. In: Norpol.
- GRZESZCZUK-BRENDEL, H. (2005): Architektur und Bautätigkeit in Posen in der ersten Hälfte des 20. Jahrhunderts. In: Architektura i urbanistyka Poznania W XX wieku. Wydawnictwo Miejskie [Hrsg.], Poznan.
- HAHN, E. (1993): Ökologischer Stadtumbau- Konzeptionelle Grundlegung. In: Beiträge zur kommunalen und Regionalen Planung. K. Künkel, U. E. Simonis [Hrsg.], Frankfurt/ Main Berlin.
- HALLER, C. & H. LIEBMANN (2002): Vom Wohnungsleerstand zum Stadtumbau. In: Berliner Debatte Initial 13 (2002)/ 2. Verein Berliner Debatte Initial ev [Hrsg.], Berlin.
- HANNEMANN, C. (2002): 'Soziales Kapital' kleiner Städte- Perspektive für schrumpfende Städte in Ostdeutschland. In: Neue Länder- neue Sitten Transformationsprozesse in Städten und Regionen Ostdeutschlands. C. Hannemann, S. Kabisch, C. Weiske [Hrsg.], Berlin.
- HANNEMANN, C. (2003): Schrumpfende Städte in Ostdeutschland- Ursachen und Folgen einer Stadtentwicklung ohne Wirtschaftswachstum. In: Politik und Zeitgeschichte B28/2003. Bundeszentrale für politische Bildung.

- HANNEMANN, C., S. KABISCH & C. WEISKE (2002): Neue Länder- neue Sitten Transformationsprozesse in Städten und Regionen Ostdeutschlands. In: *Architext* 5. C. Hannemann, S. Kabisch, C. Weiske [Hrsg.], Berlin.
- HARRES, H.-P. & M. SAUERWEIN (1994): Nichtparametrische Verfahren als 'saubere' Statistik. In: *Geoökodynamik* Band XV 133-150. Darmstadt.
- HEBER, B. & I. LEHMANN (1996): Beschreibung und Bewertung der Bodenversiegelung in Städten. In: *IÖR Schriften* 15. Dresden.
- HECKNER, M. & S. KOCH (2004): Die Sedimentbelastung hallescher Oberflächengewässer mit Schwermetallen und Phosphor- Ursachen des Zustandes eine Dekade nach dem Ende der DDR. In: *Hallesches Jahrb. Geowiss. R.A.* Bd. 26 S. 61-72. Halle.
- HELBIG, A., J. BAUMÜLLER & M. J. KERSCHGENS (1999): *Stadtklima und Luftreinhaltung* 2. Aufl. A. Helbig, J. Baumüller, M. J. Kerschgens [Hrsg.], Berlin, Heidelberg, New York.
- HERBOLD, M. & G. BROLL (1996): Einfluss des Nutzungswandels auf die Genese von Stadtböden in der Stadt Dorsten. In: *Arbeiten aus dem Institut für Landschaftsökologie Westfälische Wilhelmsuniversität* 1.S. 133-146. F.- K. Holtmeier, Münster.
- HERBST, H. (2003): The importance of wastelands as urban wildlife areas- with particular reference to the cities Leipzig and Birmingham. *UFZ: Stadtökologische Forschungen* Nr. 35, Diss. Univ. Leipzig. Leipzig.
- HERFERT, G. (2002): Disurbanisierung und Reurbanisierung- polarisierte Raumentwicklung in der ostdeutschen Schrumpflandschaft. In: *Raumforschung und Raumordnung* 5/6 2002, S. 334-344.
- HILDMANN, C. (2009): Kleinräumiger Wasserkreislauf und Klimawandel: Richtungssichere Maßnahmen für Stadt und Land. In: *Anderes Klima. Andere Räume!* Institut für Stadtentwicklung und Bauwirtschaft, Universität Leipzig [Hrsg.], Leipzig.
- HILL, A. & C. MEYER (2001): Die 'schrumpfende' Stadt - Stadtentwicklung im Zeichen von Einwohnerverlusten und Wohnungsleerstand am Beispiel Halle/ Saale. Halle.
- HILLER, D. A. (1993): Merkmale unterschiedlicher Phosphat- und Eisenfraktionen in urban-industriell überfremten Böden aus Oberhausen- Brücktorviertel. In: *Mitt. Dt. Bodenk. Ges.* 72. 931-934.
- HÖKE, S. (1995): Schwermetalle in Böden der Stadt Halle an der Saale. In: *Kölner Geographische Arbeiten* Bd. 65 S. 91-104. Köln.
- HORBERT, M. (2000): Klimatologische Aspekte der Stadt- und Landschaftsplanung. In: *Landschaftsentwicklung und Umweltforschung* 113. TU Berlin FB 7 [Hrsg.], Berlin.
- HUBER, K. (2001): Gewerbebrachen- Chance oder Hemmnis für die Stadtentwicklung- das Beispiel Leipzig. In: *Hallesches Jahrb.* Bd. 23. Halle.

- HUBRICH, H. (1993): Kurswissen Landschaftsökologie: eine Einführung in die Grundbegriffe, Probleme und Methoden. 2. Aufl. Stuttgart, Dresden.
- JACCARD, P. (1901): Distribution de la flore alpine dans le bassin des Dranses et dans quelques régions voisines. In: Bulletin del la Société Vaudoise des Sciences Naturelles 37, 241-272. Lousanne.
- JACKOWIAK, B. (1990): Antropogeniczne przemiany flory roślin naczyniowych Poznania (Anthropogenic changes of the flora of vascular plants of Poznan). Diss. Univ. Poznan.
- JACKOWIAK, B. (1993): Atlas rozmieszczenia roślin naczyniowych w Poznaniu. In: Publications of the department of plant taxonomy AMU Poznan No. 2. Poznan.
- JACKOWIAK, B. (1995): Stand und Perspektiven der floristischen Kartierung in polnischen Großstädten. In: Schriftenreihe für Vegetationskunde, Sukopp- Festschrift, H. 27, S. 127-131. Bonn-Bad Godesberg.
- JACKOWIAK, B. (1998a): The city as a centre for crystallization of the spatio floristic system. In: Phytocoenosis Vol 10 (N.S.) Synanthropization of plant cover in a new polish research, Supplementum Carthographiae Geobotanicae 9. Warszawa Bialowieza.
- JACKOWIAK, B. (1998b): Structura przestrzenna flory dużego miasta. Poznan.
- JAKIMOWICZ, T. (2005): Architektura i urbanistyka Poznania W XX wieku. Wydawnictwo Miejskie [Hrsg.], Poznan.
- KABISCH, S. & K. GROSSMANN (2009): Zukunftschancen von Großwohnsiedlungen unter den Bedingungen des Klimawandels, Pilotstudie 5/2009-4/2010 Homepage Helmholtz-Zentrum für Umweltforschung, <http://www.ufz.de/index.php?de=17940>, zuletzt aufgerufen am 21.10.2009.
- KABISCH, S., A. KINDLER & D. RINK (2001): Sozialatlas der Stadt Leipzig. In: Beiträge zur umwelt- und sozialverträglichen Entwicklung von Stadtregionen UfZ Leipzig- Halle. J. Breuste, M. Bauer, B. Wächter [Hrsg.], Leipzig.
- KAERKES, W. (1987): Zur ökologischen Bedeutung urbaner Freiflächen. Materialien zur Raumordnung 35. Diss. Univ. Bochum.
- KAHLE, P. & E. COBURGER (1996): Eigenschaften von Böden unterschiedlicher Nutzung im Stadtgebiet von Rostock. In: Zeitschrift für Pflanzenernährung und Bodenkunde 159 S. 637-642. Weinheim.
- KANIECKI, A. (2004): Poznan- Dzieje miasta woda pisane. In: Publications of the committee for Geography and Geology Vol 36. The Poznan Society for the advancement of the arts and sciences [Hrsg.], Poznan.
- KAPALA, A. (1988): Polen. Stuttgart.
- KAULE, G. (2002): Umweltplanung. Stuttgart.

- KIENBERG, O., N. KÜHN & I. KOWARIK (2008): Ein Stück Prärie in Berlin Marzahn. 4. Kongress des DFG- Graduiertenkolleg 780/3, Berlin, Oktober 2008 (Poster).
- KLAUSNITZER, B. & U. KLAUSNITZER (1993): Städtische Brachflächen- potentielle Naturschutzgebiete für Insekten? Ein Literaturüberblick. In: Düsseldorfer Geobot. Kolloq. 9.
- KLOTZ, S. (1980): Zur Ruderalflora des Bezirkes Halle. In: Mitt. Flor. Kart. Halle 6: 69-72. Halle.
- KLOTZ, S. (1982): Die Kombination der Ruderalgesellschaften eines Neubaugebietes, dargestellt am Beispiel von Halle- Neustadt. In: Tagungsbericht 1. Leipziger Symposium urbane Ökologie 1981: 37-45. Biol. Ges der DDR [Hrsg.].
- KLOTZ, S. (1984): Phytoökologische Beiträge zur Charakterisierung und Gliederung urbaner Ökosysteme, dargestellt am Beispiel der Städte Halle und Halle-Neustadt. Diss. Univ. Halle. Halle.
- KLOTZ, S. (1985): Die Veränderung des ökologischen Zeigerwertspektrums der spontanen Flora eines Landkreises in den letzten 130 Jahren, dargestellt am Beispiele der Städte Halle und Halle-Neustadt. In: Tagungsbericht 2. Leipziger Symposium urbane Ökologie 43-46. Ges. der DDR [Hrsg.].
- KLOTZ, S. (2001): Stadtlandschaften- die artenreichsten Lebensräume in Mitteleuropa? In: Konzepte zur umwelt- und sozialverträglichen Entwicklung von Stadtregionen. CD-ROM. J. Breuste, M. Wächter, B. Bauer [Hrsg.].
- KLOTZ, S., I. KÜHN & W. DURKA (2002): BIOLFLOR - Eine Datenbank zu biologisch-ökologischen Merkmalen der Gefäßpflanzen in Deutschland. In: Schriftenreihe für Vegetationskunde 38. Bundesamt für Naturschutz [Hrsg.], Bonn.
- KNABE, S. (2007): Images großstädtischer Quartierstypen - empirische Befunde aus Halle/S. und Leipzig. In: Hallesche Diskussionsbeiträge zur Wirtschafts- und Sozialgeographie Heft 11. K. Friedrich, W. Thomi [Hrsg.], Halle.
- KOCH, M., K. FORMMOLT, K.-H. TAUCHERT, R. BARDELI & D. WOLFF (2008): GPS- gestützte Linienkartierung des Rohrschwirls in Kombination mit teilautomatisierter Mustereerkennung. 4. Kongress des DFG- Graduiertenkolleg 780/3, Berlin, Oktober 2008 (Poster).
- KOCH, S. (2005a): Geoökologische Untersuchungen zum sickerwassergetragenen Nähr- und Schadstofftransport aus urbanen Böden in aquatische Systeme- dargestellt am Beispiel der Stadt Halle/ Saale. Diss. Univ. Halle.
- KOCH, S. (2005b): Untersuchungen zum Einfluss urbaner Räume auf das Stoffinventar von Fließgewässern- dargestellt am Beispiel von Halle/ Saale. In: Hercynia N.F. 38.
- KOCH, S., M. WALKER, M. SAUERWEIN & M. FRÜHAUF (2002): Untersuchungen zur Beeinflussung der Grundwasserqualität durch Kleingartenentzung im Stadtgebiet von Halle (Saale). In: Hallesches Jahrb. Geowiss. S. 41-52.

- KOCZOROWSKA, R. (1995): Die Verteilung der meteorologischen Grundparameter in den ausgewählten Punkten von Posen. In: Konferencja Naukowa. A. Kaniecki, J. Rotnickiej [Hrsg.], Poznan.
- KOK, H. (1999): Migration from the city to the countryside in Hungary and Poland. In: *GeoJournal* 49: 53-62. Netherlands.
- KOLLEKTIV (2007): Die Kernregion Mitteldeutschland- ein erster Überblick. In: Schriftenreihe des Forschungsverbundes KoReMi Bd.1. J. Ringel et al. [Hrsg.], Leipzig.
- KÖLLING, M. (2002): Erst die Kohle und dann die Säure, http://www.wissenschaft-online.de/page/fe_seiten?article_id=600474/, Erstellungsdatum 27.08.2002, zuletzt aufgerufen am 11.09.2009.
- KORCELLI, P. (1998): Die Städte Polens im Wandel- ihre demographischen und ökonomischen Determinanten. In: Beiträge zur regionalen Geographie Bd 46- Städtesysteme und Regionalentwicklungen in Mittel- und Osteuropa. Brade, Isolde, Franz- Dieter Grimm [Hrsg.], Leipzig.
- KOTUS, J. (2006): Changes in the spatial structure of a large polish city- The case of Poznan. In: *Cities*, Vol 23, No. 5 P 364-381. Elsevier.
- KOWALCZYK, A. (2003): Territorial organization of the metropolitan areas in Poland. In: *Ajuste regional ante la globalization: el territorio como factor de desarrollo* 201-215. Carreno, Fermin et al. [Hrsg.], Mexico.
- KOWARIK, I. (1993): Stadtbrachen als Niemandsländer, Naturschutzgebiete oder Gartenkunstwerke der Zukunft. In: *Düsseldorfer Geobot. Kolloq.* 9.
- KOWARIK, I. (2005): Wild Urban Woodlands- Towards a conceptual framework. In: *Wild Urban Woodlands- new perspectives for urban forestry* S. 1-32. I. Kowarik, S. Körner [Hrsg.], Berlin Heidelberg New York.
- KRÖHNERT, S., F. MEDICUS & R. KLINGHOLZ (2006): Die demographische Lage der Nation. Berlin Institut für Bevölkerung und Entwicklung [Hrsg.], München.
- KRÜGER, F. (2009): Geoökologische Untersuchungen zum lateralen, bodensickerwassergetragenen Stoffaustausch aus unterschiedlich rekultivierten Kalihalden in Thüringen und seiner Belastungswirkung auf Fließgewässer. Diss. Univ. Halle (eingereicht).
- KÜBERL, S., J. MARZLUFF & B. CLUCAS (2008): Wechselbeziehungen zwischen Menschen und Vögeln in der Stadt. 4. Kongress des DFG- Graduiertenkolleg 780/3, Berlin, Oktober 2008 (Poster).
- KÜBLER, S. & U. ZELLER (2005): The kestrel (*Falco tinnunculus* L.) in Berlin: Feeding ecology along an urban gradient. In: *Die Erde* Bd. 136 S. 153-164. Berlin.
- KUGLER, H. & E. MÜCKE (1979): Geomorphologische Skizze des halleschen Raumes. In: *Relief und Naturraumkomplex*, Wiss. Beitr. 45 (05). H. Kugler [Hrsg.], Halle.

- KÜHN, I., R. BRANDL & S. KLOTZ (2004): The flora of German Cities is naturally species rich. In: Evolutionary Ecology research 2004, 6, 749-764.
- KÜHN, I., R. BRANDL, R. MAY & S. KLOTZ (2003): Plant distribution patterns in Germany- Will aliens match natives? In: Feddes Repertorium 114 559-573. Weinheim.
- KÜHNE, O. (2003): Umwelt und Transformation in Polen- eine kybernetisch- systemtheoretische Analyse. In: Mainzer Geographische Studien Bd. 51. Mainz.
- KUTTLER, W. (1998): Stadtklima. In: Stadtökologie, 2. Aufl. S. 125-167. H. Sukopp R. Wittig [Hrsg.], Stuttgart, Jena, Lübeck, Ulm.
- LAATSCH, W. (1934): Die Bodentypen um Halle und ihre postdiluviale Entwicklung. In: Jahrbuch des Halleschen Verbandes für die Erforschung der mitteldeutschen Bodenschätze u. ihrer Verwertung ; Bd.13, N.F. Halle.
- LAKES, T. & S. PUBLOTH (2005): The evolution of approaches to create urban habitat networks- the case of Berlin. In: Die Erde Bd. 136 S. 179-200. Berlin.
- LANGNER, M. & W. ENDLICHER (2007): Shrinking Cities: Effects on urban Ecology and Challenges for urban development. M. Langner, W. Endlicher [Hrsg.], Frankfurt.
- LAUF, S. & B. KLEINSCHMIT (2008): Modellierung des urbanen Landnutzungswandels und Analyse seines Einflusses auf ausgewählte Landschaftsfunktionen. 4. Kongress des DFG- Graduiertenkolleg 780/3, Berlin, Oktober 2008 (Poster).
- LECHNIAK, M. (2007): Analiza przestrzennych i infrastrukturalnych powiazan miedzy Poznaniem a otaczajacymi gminami. Magisterarbeit Univ. Poznan (unveröff.).
- LESER, H. (1997): Landschaftsökologie; 4. Aufl. Stuttgart.
- LEXIKON DER GEOGRAPHIE (2001): 'Neophyten'. Lexikon der Geographie, online- Ausgabe. Spektrum Akademischer Verlag [Hrsg.] <http://www.wissenschaft-online.de/abo/lexikon/geogr/5448>, zuletzt aufgerufen am 01.09.2009.
- LEXIKON DER GEOWISSENSCHAFTEN (2001a): 'Ökologisches Potential'. Lexikon der Geowissenschaften, online-Ausgabe. Spektrum Akademischer Verlag [Hrsg.], <http://www.wissenschaft-online.de/abo/lexikon/geo/15475>, zuletzt aufgerufen am 14.09.2009.
- LEXIKON DER GEOWISSENSCHAFTEN (2001b): 'Sukzession'. Lexikon der Geowissenschaften, online-Ausgabe, Spektrum Akademischer Verlag [Hrsg.] <http://www.wissenschaft-online.de/abo/lexikon/geo/15475>, zuletzt aufgerufen am 11.09.2009.
- LIEBMANN, H., B. GLÖCKNER, U. HAGEMEISTER & C. HALLER (2007): 5 Jahre Stadtumbau Ost- eine Zwischenbilanz. BMVBS u. BBR [Hrsg.], Erkner.
- LIEBMANN, H., B. GLÖCKNER, C. HALLER & R. SCHULZ (2006): Statusbericht Stadtumbau Ost- Stand und Perspektiven. BMVBS, BBR [Hrsg.], Erkner.

- LINDAU, A. (2002): Entwicklung der Lehrpfaddidaktik- Analyse und Ableitungen für einen stadtökologischen Erkenntnispfad in Halle (Saale). In: Hallesches Jahrb. Geowiss. Bd. 24 S. 75-88. Halle.
- LINDAU, A.-K. (2004): Die stadtökologische Grundbildung in der Lehramtsausbildung- Bildungsstandarts und Kompetenzstufenmodell, dargestellt an der Konzeption eines stadtökologischen Erkenntnispfades für die Innenstadt von Halle (Saale), Diss. Univ. Halle.
- LINKE, K. (2006): Vergleichende Untersuchungen zum Flächennutzungs- und Vegetationswandel auf ausgewählten Industrie- und Gewerbebrachen Halles und Poznans nach 1990. Diplomarbeit Univ. Halle (unveröff.).
- LIPPE, M. v. D., I. SÄUMEL & I. KOWARIK (2005): Cities as drivers for biological invasions- the role of urban climate and traffic. In: Die Erde Bd. 136 S. 123- 143. Berlin.
- LIPPOLD, T. (2002): Die Auswirkungen des Wohnungsleerstands in zwei ausgewählten Untersuchungsgebieten in Halle aus Sicht der Wohnungsunternehmen. Diplomarbeit Univ. Halle (unveröff.). Halle.
- LIS, J. & A. PASIECZNA (2005): Atlas geochemiczny Poznania i ocolic - Geochemical Atlas of Poznan and environs- Soils, water sediments, surface waters. Panstwowy instytut Geologiczny [Hrsg.], Warschau.
- LOHMANN, A. (2006): Auch Händler warnen vor weiterem Abriss 26.5.06. Mitteldeutsche Zeitung, Halle.
- LOHMANN, A. (2007): Holzplantage auf Abrissfläche. Mitteldeutsche Zeitung, Halle.
- LÖPMEIER, F. & W. TRAMPF (2007): Die agrarmetereologische Situation im Jahr 2007. In: Klimastatusbericht 2007. DWD [hrsg.], Offenbach.
- LORENS, P. (2005): Stadtentwicklung in Polen: Aktuelle Trends und Herausforderungen. In: Planungsrundschau. U. Altrock, S. Güntner, S. Huning, D. Peters [Hrsg.], Berlin.
- LUDESCHER, S. & W. BURGHARDT (1993): Chemische Qualitätsmerkmale der urban- industriell überfremten Böden in Oberhausen Brücktorviertel. In: Mitt. Dt. Bodenk. Ges. 72, 1009-1012.
- LUDLEY, K. (2001): Konversionsflächen- Umwidmung und Revitalisierung von militärischen Altstandorten; 3. Konversion und Revitalisierung in der Stadt Halle (Saale). In: Das geographische Seminar, Exkursionsführer Mitteldeutschland. Braunschweig.
- LÜTGERT, C. (2009): Mündliche Mitteilung, Stadtplanungsamt der Stadt Halle (Haale), Ressort Sanierungs- und Entwicklungsmaßnahmen, Team Sanierung, Konsultation zur Flächennutzungsplanung Thüringer Bahnhof am 16.09.2009 (per Mail).
- LUTZ, B. & H. GRÜNERT (2001): Beschäftigung und Arbeitsmarkt. In: Die Transformation Ostdeutschlands- Berichte zum sozialen und politischen Wandel in den neuen Bundesländern. H. Bertram, R. Kollmorgen [Hrsg.], Opladen.

- MACARTHUR, R. & E. O. WILSON (2001): The theory of island biogeography 13. Aufl. Princeton.
- MACHNICKI, M. (2007): Nastęstwo użytkowania terenach przemysłowych w Poznaniu wokresie transformacji od 1989 roku. Magisterarbeit Univ. Poznan (unveröff.).
- MACHULLA, G. (2000): Mikrobielle Aktivität von Böden aus anthropogenen und natürlichen Substanzen. Habil. Univ. Halle. Halle.
- MACKIEWICZ, B. (2003): Land prices and land use in the city of Poznan in the years 1995-2000. In: Ajuste regional ante la globalization: el territorio como factor de desarrollo s 216-225. Fermin Carreno et al. [Hrsg.], Mexiko.
- MAGNUCKI, K. (2003): Zum Verlust von Bodenfunktionen durch Siedlungserweiterungen und Oberflächenversiegelungen in den Stadtgebieten der Städte Halle (Saale) und Leipzig. Dipl. Univ. Halle.
- MAKKI, M. & C. HELLER (2007): Untersuchungsmethoden zur Bodenverdichtung am Beispiel Großer Tiergarten Berlin. In: Berliner Geographische Arbeiten Bd. 168, S.65-76. Berlin.
- MALTA SKI (2007): Dlaczego Malta?, www.maltaski.pl/DATA/pliki/Dlaczego_Malta_reklama.pdf, zuletzt aufgerufen am 7.9.2009. Poznan.
- MANIA, W. (2009): Shrinking city syndrom, Homepage, <http://wojman.blogg.pl/>, zuletzt aufgerufen am 20.10.2009. Berlin.
- MARZLUFF, J. M., E. SHULENBERGER, W. ENDLICHER, M. ALBERTI, G. BRADLEY, C. RYAN, U. SIMON & C. ZUMBRUNNEN: (2008): Urban Ecology – An international perspective on the interaction between Humans and nature. J. Marzluff, E. Shulenberger, W. Endlicher, M. Alberti, G. Bradley, C. Ryan, U. Simon, C. ZumBrunnen [Hrsg.], New York.
- MATUSZYNSKA, I. (2001): Zmiany użytkowania terenu jako element transformacji środowiska przyrodniczego na obszarze wybranych zlewni poznanian i jego strefy podmiejskiej (Land use changes as an element in the transformation of the urban environment in selected catchments of Poznan and its suburban area). Poznan.
- MAX, J. & W. ENDLICHER (2008): Die städtische Wärmeinsel als Model für Auswirkungen des Klimawandels auf gartenbauliche Kulturen. 4. Kongress des DFG- Graduiertenkolleg 780/3, Berlin, Oktober 2008 (Poster).
- MEHNERT, D., D. HAASE & A. L. ET AL (2005): Bewertung der Habitataignung von Stadtstrukturen. In: Naturschutz und Landschaftsplanung S 54- 64.
- MIERZEJEWSKA, L. (2001): Tereny zielone w strukturze przestrzennej Poznania - Green areas in the spatial structure of Poznan. Publication of the committee for Geography and geology Vol. 29. Poznan.
- MIERZEJEWSKA, L. (2004): The natural environment in the sustainable development of towns: the example of Poznan. In: Dela 21 593-602.

- MITTMANN, E. (2007): Stadt und Erbe. In: Edition Bauhaus Bd. 27 'Die anderen Städte'. E. Mittmann [Hrsg.], Berlin.
- MIZGAJSKI, A. (2003): Grundzüge und Triebkräfte der Kulturlandschaftsentwicklung in der Wielkopolska- Woiwodschaft im Zuge des postsozialistischen Transformationsprozesses. In: Hallesches Jahrb. Geowiss. Bd. 25 S. 79-86. Halle.
- MÖLLER, I. (1949): Die Entwicklung der Pflanzengesellschaften auf den Trümmern und Abfallplätzen. Kiel.
- MÜLLER, J., P. JÖRN, A. SCHUMANN & H. SCHELLIN (2001): Evapotranspirations- und Versickerungsverhalten sowie Häufigkeit von Bodendürren im mitteldeutschen Trockengebiet unter Berücksichtigung von Substrat und Bewuchs. In: Klimastatusbericht 2001. DWD [Hrsg.], Offenbach.
- MÜLLER, P. (1977): Biogeographie und Raumbewertung. Darmstadt.
- MÜLLER, S. (2000): Sozialräumliche Ausdifferenzierungsprozesse im Großwohngebiet Halle-Neustadt. Diplomarbeit Univ. Halle (unveröff.).
- MÜLLER-WESTERMEIER, G. LEFEBVRE, H. NITSCHKE, H. W. RIECKE & K. ZIMMERMANN (2006): Die Witterung in Deutschland 2006. In: Klimastatusbericht 2006. DWD [Hrsg.], Offenbach.
- MÜLLER-WESTERMEIER, G. LEFEBVRE, H. W. RIECKE & K. ZIMMERMANN (2007): Die Witterung in Deutschland. In: Klimastatusbericht 2007. DWD [Hrsg.], Offenbach.
- MÜNCHOW, B. (1999): Bodenbeanspruchung durch Versiegelungsmaßnahmen unter besonderer Berücksichtigung der Wasserdurchlässigkeit und der bodenbiologischen Aktivität. Diss. Fb. Geographie, Univ. Trier, UFZ-Bericht Nr.4. Leipzig- Halle.
- NETZ, H. (2006): Stadtumbau Ost. In: Natur und Kosmos.
- NEUBERT, A. (2006): Analyse des spektralen Entincollektionalgorithmus 'Mixture tuned matched filtering' zur Brachflächendetektion am Beispiel von Halle/ Saale, Diplomarbeit Univ. Halle (unveröff.).
- NOVAK, D. & D. CRANE (2002): Carbon storage and sequestration by urban trees in the USA. In: Environmental Pollution 116 (381-389). Amsterdam.
- OSWALD, P. AND T. RIENIETS [HRSG.] (2006): Atlas of shrinking cities. Ostfildern.
- PARK, K. (2004): Shrinking City Detroit. In: Detroit; Working Papers des Projektes Schrumpfende Städte Heft III. P. Oswald [Hrsg.], Berlin.
- PARYSEK, J. & L. MIERZEJEWSKA (2001): Environment and planning, or possible approaches to the environment in physical planning. In: geographia polonica 2001 spring, 21-28.
- PARYSEK, J. & L. MIERZEJEWSKA (2006): City Profile Poznan. In: Cities Vol. 23, No. 4 p. 291-305 2006. Poznan.

- PATAKI, D. E. A. (2006): Urban ecosystems and the North American Carbon Cycle. In: *Global Change Biology* 12 S. 2092- 2102. Oxford.
- PAULEIT, S. & F. DUHME (1998): Assessing the metabolism of urban Systems for urban planning. In: *Urban ecology*. Breuste, Feldmann u. Uhlmann [Hrsg.], Berlin Heidelberg New York.
- PELZER, F. (1991): Polen - eine geographische Landeskunde. In: *Wissenschaftliche Länderkunden* Bd. 36. Darmstadt.
- PETERS, D. (2008): Erfassung und Bewertung der Versiegelung im Wohngebiet Heide- Süd (1991-2008) unter hydrologischen Gesichtspunkten auf der Basis von Stadtstrukturtypen. In: *Diplomarbeit* (unveröff.). Halle.
- PETERSON, J. & U. LANGNER (1992): Katalog der Biotoptypen und Nutzungstypen für die CIR - luftbildgestützte Biotoptypen- und Nutzungstypenkartierung im Land Sachsen- Anhalt. In: *Berichte des Landesamtes für Umweltschutz Sachsen- Anhalt*. Halle.
- PFEIFFER, U., H. SIMONS & L. PORSCH (2000): Wohnungswirtschaftlicher Strukturwandel in den neuen Bundesländern- Bericht der Kommission. Bundesministerium für Verkehr, Bau- und Wohnungswesen [Hrsg.], Berlin.
- PIETSCH, J. & H. KAMIETH (1991): Stadtböden- Entwicklungen, Belastungen, Bewertung und Planung. Taunusstein.
- PINK, M. & S. HENN (2006): Struktureller Wandel industrieller Industriegebiete - das Beispiel Halle- Ost. In: *Hallesche Diskussionsbeiträge zur Wirtschafts- und Sozialgeographie* Heft 12. K. Friedrich, W. Thomi [Hrsg.], Halle.
- PROBST, W. (1993): Naturerlebnis in der Stadt - mehr Freiheit für die Natur, mehr Freiheit für kreatives Spielen. In: *Düsseldorfer Geobot. Kolloq.* 9.
- PÜTTMANN, H. (2002): Bioklimatische Bewertung von Bebauungsstrukturen am Beispiel zweier Wohngebiete in Halle/ S. Diss. Univ. Halle.
- REBELE, F. (1995): Primäre Vegetationssukzessionen auf Abgrabungen und Aufschüttungen. In: *Schriftenreihe für Vegetationskunde, Sukopp- Festschrift*, H. 27, S. 183-192. Bonn- Bad Godesberg.
- REBELE, F. & J. DETTMAR (1996): *Industriebrachen- Ökologie und Management*. Stuttgart.
- REIDL, K. (1989): Floristische und vegetationskundliche Untersuchungen als Grundlagen für den Arten- und Biotopschutz in der Stadt- dargestellt am Beispiel Essen, Diss. FB9 Univ. Essen.
- REMMERT, H. & M. GRIESHABER (1992): *Ökologie- ein Lehrbuch*. Berlin.
- RINK, D. (2002): Sozialräumliche und Milieudifferenzierungen in Innenstadt- Quartieren ostdeutscher Städte. In: *Neue Länder- neue Sitten Transformationsprozesse in Städten und Regionen Ostdeutschlands*. C. Hannemann, S. Kabisch, C. Weiske [Hrsg.], Berlin.

- ROHNER, M.-S. (1995): Zur Flora und Vegetation aufgelassener Siedlungen (Wüstungen) auf dem Truppenübungsplatz Baumholder. In: Schriftenreihe für Vegetationskunde, Sukopp- Festschrift, H. 27, S. 209-215. Bonn- Bad Godesberg.
- RÖSSLER, S. (2007): Shrinking Cities - Opportunities and Challenges for Urban Green Space Development: Experiences at the Large Housing Estate of Leipzig-Grünau. In: Shrinking Cities: Effects on urban Ecology and Challenges for urban development, S.117-132. M. Langner, W. Endlicher [Hrsg.], Frankfurt.
- ROSOL, M. (2005): Community gardens - A potential for stagnating and shrinking cities? Examples from Berlin. In: Die Erde Bd. 136 S.165-178. Berlin.
- ROSSNER, C. (2007): Bodenverhältnisse auf neu entstandenen Freiflächen ehemaliger Großblockbebauung und ihr ökologisches Potential am Beispiel Halle- Silberhöhe. Diplomarbeit Univ. Halle (unveröff.).
- ROTH, K. (1989): Stofftransport im wassergesättigten Untergrund natürlicher heterogener Böden unter Feldbedingungen. Diss. Techn Hochsch. Zürich.
- ROTHMALER, W. (1996a): Exkursionsflora von Deutschland. Bd 2. Gefäßpflanzen Grundband, 16. Aufl. E. Bäckler, E. Jäger, K. Werner [Hrsg.], Jena Stuttgart.
- ROTHMALER, W. (1996b): Exkursionsflora von Deutschland. Bd 3. Gefäßpflanzen Atlasband, 10. Aufl. E. Jäger, K. Werner [Hrsg.], Heidelberg, Berlin.
- ROWELL, D. L. (1997): Bodenkunde: Untersuchungsmethoden und ihre Anwendung. Berlin, Heidelberg, New York.
- SATTLER, D. & S. KLOTZ (2001): Analyse der gepflanzten und spontanen Gehölzvegetation der Städte Halle (Saale) und Leipzig. In: Konzepte zur umwelt- und sozialverträglichen Entwicklung von Stadtregionen. CD-ROM. Leipzig.
- SAUERWEIN, M. (1998): Geoökologische Bewertung urbaner Böden am Beispiel von Halle und Leipzig- Kriterien zur Ableitung von Boden- Umweltstandarts für Schwermetalle und PAKs. Diss. Univ. Halle, Stadtökologische Forschungen Nr. 17 UFZ- Bericht Nr. 19/1998. Leipzig- Halle.
- SAUERWEIN, M. (2004): Urbane Bodenlandschaften- Eigenschaften, Funktionen und Stoffhaushalt der siedlungsbeeinflussten Pedosphäre im Geoökosystem. Habil. Univ. Halle.
- SAUERWEIN, M. & C. FOURNACON (2002): Geoökologische Kartierung und Verwendung von Stadtstrukturtypen in Halle/ Saale. In: Hallesches Jahrb. Geowiss. R.A., 24, 29-40. Halle.
- SAUERWEIN, M. & M. FRÜHAUF (2000): Untersuchungen zur zeitlichen Variabilität der Aciditätsverhältnisse im Niederschlag durch online- Messungen von pH-Wert und elektrischer Leitfähigkeit. In: Hallesches Jahrb. Geowiss.R A 22, 73-80.
- SCHEFFER, F. & P. SCHACHSCHABEL (2002): Lehrbuch der Bodenkunde. Heidelberg Berlin.

- SCHILLER, F. (1991): Modifikation des Stadtklimas durch innerstädtische Grünflächen. Diss. Univ. Halle.
- SCHILLER, F., P. HEIDEL & S. KLOTZ (1990): Möglichkeiten und Grenzen des Nachweises thermischer Differenzierungen in Städten mit Hilfe von Zeigerpflanzen- Beispieltransekt Halle. In: *Hercynia N.F.* 27, 3 S. 283-293. Leipzig.
- SCHLICHTING, E., H. BLUME & K. STAHR (1995): *Bodenkundliches Praktikum* 2. Aufl. Berlin.
- SCHMITT, J. (2002): Zwischen 'Bürgerbeteiligung' und 'Randgruppenschutz'. In: *Neue Länder- neue Sitten Transformationsprozesse in Städten und Regionen Ostdeutschlands* S. 209- 230. C. Hannemann, S. Kabisch, C. Weiske [Hrsg.], Berlin.
- SCHUBERT, R., W. HILBIG & S. KLOTZ (2001): *Bestimmungsbuch der Pflanzengesellschaften Deutschlands*. Heidelberg.
- SCHUETZE, H. (1925): *Das Posener Land - Warthe- und Netze-gau: eine allgemeine Landeskunde*. Posen.
- SCHULTZ, A. (2009): Brain drain aus Ostdeutschland? Ausmaß, Bestimmungsgründe und Folgen selektiver Abwanderung. In: *Forschungen zur deutschen Landeskunde* ; 258. Leipzig.
- SENATSV ERWALTUNG FÜR STADTENTWICKLUNG (BERLIN) (2009): Digitaler Umweltatlas Berlin 'Klimamodell Berlin', Senatsverwaltung für Stadtentwicklung Homepage, <http://www.stadtentwicklung.berlin.de/umwelt/umweltatlas/ia410.htm>, zuletzt aufgerufen am 09.10.2009. Berlin.
- SIEVERTS, T. (1998): *Zwischenstadt: zwischen Ort und Welt, Raum und Zeit, Stadt und Land*. 2. Aufl. Braunschweig.
- SIMON, K.-H. & U. FRITSCHKE (1998): Stoff- und Energiebilanzen. In: *Stadtökologie- ein Fachbuch für Studium und Praxis* 2. Aufl. H. Sukopp R. Wittig [Hrsg.], Stuttgart, Jena, Lübeck, Ulm.
- SKUPIN, T. & M. FRÜHAUF (2006): Post- socialistic Processes and their effects on the urban ecosystem. In: *UECB 3rd international conference on urban ecology in Berlin*. Graduiertenkolleg 780/2, Berlin.
- SONNABEND, R. & R. STEIN (2006): Profilierung von Städten. In: *Edition Bauhaus Bd. 22 'Die anderen Städte'*. Berlin.
- STADT HALLE (1997): *Landschaftsrahmenplan Halle/ Saale*. Stadt Halle (Umweltamt) [Hrsg.], Halle.
- STADT HALLE (2001a): *Das Riebeckviertel*. Halle.
- STADT HALLE (2001b): *Thüringer Bahnhof Güterbahnhof... Brache... Park*. Stadt Halle (Grünflächenamt) [Hrsg.], Halle.

- STADT HALLE (2003a): Das Riebeckviertel. Stadt Halle (FB Stadtentwicklung und Planung) [Hrsg.], Halle.
- STADT HALLE (2003b): Entwicklungsgebiet Heide-Süd. Stadt Halle (FB Stadtentwicklung und Planung) [Hrsg.], Halle.
- STADT HALLE (2005): Halle Silberhöhe- Information zur Stadtteilentwicklung. Stadt Halle (FB Stadtentwicklung und -planung) [Hrsg.], Halle.
- STADT HALLE (2006a): Integriertes Stadtentwicklungskonzept - Gesamtstädtische Entwicklungskonzepte und Entwicklungsziele. Stadt Halle [Hrsg.].
- STADT HALLE (2006b): Integriertes Stadtentwicklungskonzept- Umbaugebiete. Stadt Halle [Hrsg.], Halle.
- STADT HALLE (2006c): Integriertes Stadtumbaukonzept Silberhöhe, Kategorien Entwicklungskonzept. Stadt Halle Homepage, http://www.halle.de/Downloads/3900/kategorien_handlungsfelder_silberh_he_3.pdf, zuletzt aufgerufen am 09.10.2009. Halle.
- STADT HALLE (2006d): Wandel Halle - Stadt als Ansichtssache , das Textbuch zur Ausstellung. Stadt Halle (Kulturbüro) [Hrsg.], Halle.
- STADT HALLE (2006e): Wandel Halle - Stadt als Ansichtssache, das Bildbuch zur Ausstellung. Stadt Halle [Hrsg.], Halle.
- STADT HALLE (2009): 'Bevölkerungsentwicklung (ausgewählte Jahre). Stadt Halle Homepage, <http://www.halle.de/index.asp?MenuID=151&SubPage=1>, zuletzt aufgerufen am 30.09.2009. Halle.
- STADT LEIPZIG (2001): Behutsame Stadterneuerung Sanierungstips 5 Baulücken. Stadt Leipzig (Amt für Stadterneuerung und Wohnungsbauförderung) [Hrsg.], Leipzig.
- STADT LEIPZIG (2003): Bahnflächen als Potentiale der Stadtentwicklung. In: Beiträge zur Stadtentwicklung Bd. 39. Stadt Leipzig (Dezernat Stadtentwicklung und Bau) [Hrsg.], Leipzig.
- STADT POZNAN (1997): Poznan- Local physical development plan. Stadt Poznan -Town Planning Office [Hrsg.], Poznan.
- STADT POZNAN (2003): Poznan- Urząd miasta Poznania. Miasto Poznania, Poznan.
- STADT POZNAN (2009): Malta, Homepage der Stadt Poznan http://www.poznan.pl/mim/public/przewodnik/przewodnik.html?pr_id=5&lang=en, zuletzt aufgerufen am 11.09.2009. Poznan.
- STATISTICAL OFFICE IN POZNAN (2009): 'Population of the city of Poznan'. Stadt Poznan Homepage, <http://www.poznan.pl/mim/public/s8a/charts.html?co=pdf&id=3&instance=1009&parent=264&lang=en&ext=.pdf>, zuletzt aufgerufen am 30.09.2009. Poznan.
- STATISTISCHES BUNDESAMT (2006): Datenreport 2006. In: Schriftenreihe Bd. 544. Statistisches Bundesamt, Bonn.

- STEINFÜHRER, A. (2002): Wohnmobilität auf einem 'Mietermarkt' - Leipziger Fallbeispiele. In: Neue Länder- neue Sitten Transformationsprozesse in Städten und Regionen Ostdeutschlands. C. Hannemann, S. Kabisch, C. Weiske [Hrsg.], Berlin.
- STOLLE, J. & S. KLOTZ (2005): Flora der Stadt Halle (Saale). Calendula- Hallesche Umweltblätter. Halle.
- STÜLPNAGEL, A. v., M. HORBERT & H. SUKOPP (1990): The importance of vegetation for the urban climate. In: Urban ecology- plants and plant communities in urban environments pp175-193. Sukopp, Hejny [Hrsg.], The Hague.
- SUKOPP, H. (1990): Stadtökologie- das Beispiel Berlin. H. Sukopp [Hrsg.], Berlin.
- SUKOPP, H., H. BLUME, D. CHINNOW, W. KUNICK, M. RUNGE & F. ZACHARIAS (1974): Ökologische Charakteristik von Großstädten, besonders anthropogene Veränderungen von Klima, Boden und Vegetation. In: Zeitschr. Techn. Univ. Berlin 6: 469-488.
- SUKOPP, H. & R. WITTIG (1998): Stadtökologie- ein Fachbuch für Studium und Praxis. H. Sukopp, R. Wittig [Hrsg.], Stuttgart, Jena, Lübeck, Ulm.
- TEMPEL, M. (2006): Wohnungs- Abriss geht langsamer voran. Mitteldeutsche Zeitung 7.10.2006, Halle.
- TREMP, H. (2005): Aufnahme und Analyse vegetationsökologischer Daten. Stuttgart.
- URBAN, T. (2003): Polen. München.
- URGE-TEAM (2001): Development of urban green spaces to improve the quality of life in cities and urban Regions.
- URGE-TEAM (2004): Making greener Cities- A Practical Guide. In: Stadtökologische Forschungen Nr. 37 08/2004. U. Weiland [Hrsg.], Leipzig- Halle.
- VD LUFA (1997): Bodenuntersuchung Methodenbuch 1, 2. Teillieferung. Verband Deutscher Landwirtschaftlicher Untersuchungs- und Forschungsanstalten (VD LUFA) [Hrsg.], Darmstadt.
- VDI KOMMISSION (1988): Stadtklima und Luftreinhaltung. Verein deutscher Ingenieure Kommission Reinhaltung der Luft [Hrsg.], Berlin, Heidelberg, New York.
- WAGENBRETH, O. & W. STEINER (1990): Geologische Streifzüge 4. Auflage. Leipzig.
- WALLOSSEK, W. (2006): 1200 Jahre Halle- zur Grundrissentwicklung der Stadt. In: Halle und sein Umland - Geographischer Exkursionsführer 2. Aufl. K. Friedrich, M. Frühauf [Hrsg.], Halle.
- WALLOSSEK, W. (2006): Am Anfang standen Salz und Kohle- etappen der wirtschaftlichen Entwicklung des engeren halleschen Raumes. In: Halle und sein Umland - Geographischer Exkursionsführer 2. Aufl. K. Friedrich, M. Frühauf [Hrsg.], Halle.

- WALTER, H. & S. BRECKLE (1991): Ökologie der Erde Bd 1 - Ökologische Grundlagen in globaler Sicht. In: 2. Aufl. Stuttgart.
- WALTER, H. & S. BRECKLE (1999): Vegetation und Klimazonen. 7. Aufl. Stuttgart.
- WALTER, M. (2005): Probleme der Stadtplanung in Warschau. In: Planungsrundschau. Altrock et al. [Hrsg.], Berlin.
- WARNER, B. (2007): Räumliche Merkmale der Bevölkerungsentwicklung. In: Schriftenreihe des Forschungsverbundes KoReMi Bd. 1 die Kernregion Mitteldeutschland- ein erster Überblick. J. Ringel et al. [Hrsg.], Leipzig.
- WEBER, S. (2004): Energiebilanz und Kaltluftdynamik einer urbanen Luftleitbahn. In: Essener Ökologische Schriften Bd. 21. Burghardt, Kuttler, Schuhmacher [Hrsg.].
- WEINERT, S. (1982): Florenzgebietsgliederung des südlichen Teiles der DDR und der benachbarten Gebiete. In: Mitteilungen zur floristischen Kartierung Halle 8. Jahrg. Heft 1 S. 8-17. Halle.
- WENDLING, U. (2001): Das Klima der Stadt Halle (Saale) nach den Wetterbeobachtungen 1901 bis 2000. In: Klimastatusbericht 2001. DWD [Hrsg.], Offenbach.
- WICKOP, E., P. BÖHM, K. EITNER & J. BREUSTE (1998): Qualitätszielkonzept für Stadtstrukturtypen am Beispiel der Stadt Leipzig - Entwicklung einer Methodik zur Operationalisierung einer nachhaltigen Stadtentwicklung auf der Ebene von Stadtstrukturen. In: UFZ- Bericht Nr. 14/1998. Umweltforschungszentrum Leipzig -Halle [Hrsg.], Leipzig.
- WICKOP, E. u. (2001): Leitbilder und Umweltqualitätsziele für Stadtstrukturtypen. In: Konzepte zur umwelt- und sozialverträglichen Entwicklung von Stadtregionen. CD-ROM. Breuste, J. and M. Wächter and B. Bauer, Leipzig.
- WIESIOŁOWSKI, J., J. SKURATOWICZ, L. TRZECIAKOWSKI, B. WALCZAK, M. WARKOCZEWSKA & M. ZIOLKOWSKI (2001): Rataje i Zegrze. Kronika Miasta Poznania. Poznan.
- WILSON, N. (1995): Soil Water and Ground Water Sampling. Raton, Florida.
- WITTIG, R. (1991): Ökologie der Großstadtflora. Stuttgart.
- WITTIG, R. (1993): Die Vegetation Städtischer Brachflächen. In: Düsseldorfer Geobot. Kolloq. 9.
- WITTIG, R. (1998): Flora und Vegetation. In: Stadtökologie- ein Fachbuch für Studium und Praxis 2. Aufl. H. Sukopp, R. Wittig [Hrsg.], Stuttgart, Jena, Lübeck, Ulm.
- WITTIG, R. (2002): Siedlungsvegetation.
- WITTIG, R., H. SUKOPP & B. KLAUSNITZER (1998): Die ökologische Gliederung der Stadt. In: Stadtökologie- ein Fachbuch für Studium und Praxis 2. Aufl. H. Sukopp, R. Wittig [Hrsg.], Stuttgart, Jena, Lübeck, Ulm.

- WOHLRAB, B., H. ERNSTBERGER & A. MEUSER (1992): Landschaftswasserhaushalt. Berlin, Hamburg.
- WOLF-BENNING, T. D. UTA & W. ENDLICHER (2005): Particulate Matter and nitrogen dioxide in Berlins air- spatial and temporal differences. In: Die Erde Bd. 136 S. 103-122. Berlin.
- WOLFF, R. (1996): Das Infiltrationspotential von Stadtböden am Beispiel Hamburgs. In: Urbanner Bodenschutz S. 69-84. Arbeitskreis Stadtböden der deutschen bodenkundlichen Gesellschaft, Berlin Heidelberg New York.
- WOS, A. (2005): Outline of features of the climate of Poznan in the second half of the 20th century in the light of average annual values of selected weather elements. In: Quaestiones geographicae 24 Adam, Mickiewicz University press pp 85-86. Poznan.
- WRONSKA-PILAREK, D. (2004): The vascular plants of the 'Olszak I,II' ecological land in Poznan. In: Acta Sci. Pol. Silv. Colenadr. Rat. Ind. Lignar.3 (2) 2004 85-99. Poznan.
- ZAKIROVA, B. (2008): Schrumpfungsprozesse am Stadtrand. In: Stadtökologische Perspektiven in Wissenschaft und Praxis -Ergebnisse der Nachwuchsforschung zur Stadt im Wandel, Tagnungsband des Graduiertenkolleg 780. Berlin.
- ZIERDT, M. (2006): Das graue Halle wird wieder bunt oder warum die Flechten nicht mehr sterben. In: 2. Aufl.Halle und sein Umland - Geographischer Exkursionsführer. K. Friedrich, M. Frühauf [Hrsg.], Halle.
- ZIERVOGEL, D. (2002): Probleme der Wirtschaftsentwicklung altindustrieller Gebiete in der Stadt Halle (Saale).
- ZÖLLNER, S. (2009): Abrissbagger schubsen Ruinen um. MZ 8.3.2009, Halle.
- ZUCCHI, H. & J. FLISSE (1993): Städtische Brachen aus tierökologischer Sicht unter besonderer Berücksichtigung der Wirbeltiere. In: Düsseldorfer Geobot. Kolloq. 9. Frankfurt.

Angaben zur Person

Name: Tina Skupin

Geburtsdatum: 26.09.1977

Geburtsort: Bad Soden am Taunus

Wohnort: Angelikagränd 187 13536 Tyresö, Schweden

Staatsangehörigkeit: deutsch

Familienstand: ledig

Ausbildung und beruflicher Werdegang

08/1988 - 05/1998: Marie- Luise Kaschnitz Gymnasium Völklingen, Abschluss: Abitur

10/1997 - 03/2003: Universität des Saarlandes
Hauptfach: Diplom-Geographie
Nebenfächer: Zoologie, Chemie

02/2005 - 01/2009: Wissenschaftliche Mitarbeiterin am Institut für Geowissenschaften
der Martin-Luther-Universität Halle-Wittenberg

02/2005 - 10/2009: Promotionsstudium am Institut für Geowissenschaften
der Martin-Luther-Universität Halle-Wittenberg

Tina Skupin

Tyresö, 11.11.2009

Eidesstattliche Erklärung

Hiermit erkläre ich, dass ich die vorliegende Arbeit selbständig und ohne fremde Hilfe verfasst und nur unter Verwendung der angegebenen Hilfsmittel und Quellen angefertigt habe. Die den genutzten Werken wörtlich oder inhaltlich entnommenen Stellen sind als solche kenntlich gemacht.

Tina Skupin

Tyresö, 11.11.2009

Teil V

Anhang

Anmerkung: Alle Anhänge auf beigelegter CD

A Verwendete Karten und Luftbilder

Stadt Halle (Saale), FB Vermessung und Geodaten [Hrsg.]: Digitale Stadtgrundkarte 1:500
Stand 2002

Stadt Halle (Saale), FB Vermessung und Geodaten [Hrsg.]: Amtlicher Stadtplan Halle
(Saale) 1:5000 Stand 2005

Militärgeographischer Dienst der deutschen demokratischen Republik [Hrsg.]: Topogra-
phischer Stadtplan Halle (Saale) 1:10.000 Stand 1985

Stadt Halle (Saale), FB Vermessung und Geodaten [Hrsg.]: Biotoptypenkartierung Stand
1992

Stadt Halle (Saale), FB Vermessung und Geodaten [Hrsg.]: Realnutzungskartierung Stand
1992

Stadt Halle (Saale), FB Vermessung und Geodaten [Hrsg.]: Flächennutzungsplan der Stadt
Halle, Stand 1998

Landesamt für Landesvermessung und Datenverarbeitung [Hrsg.]: CIR Luftbilder Maß-
stab 1:5000, Aufnahmedatum 22.08.1991

Stadt Halle (Saale), FB Vermessung und Geodaten [Hrsg.]: digitale Echtfarb-Luftbilder (2
x 2 km) Stand 2000

Stadt Halle (Saale), FB Vermessung und Geodaten [Hrsg.]: digitale Echtfarb-Luftbilder (2
x 2 km) Stand 2003

Stadt Halle (Saale), FB Vermessung und Geodaten [Hrsg.]: digitale Echtfarb-Luftbilder (2
x 2 km) Stand 2006

Główny urząd geodezji i kartografii [Hrsg.]: Topographische Karte Poznan 1: 10.000 Stand
1987; Druck Poznan Geomat 1993.

Geodäsie Stadt Warschau [Hrsg.]: Topographische Karte Poznan 1:10.000, Stand 1998.

Główny urząd geodezji i kartografii [Hrsg.]: Digitales Echtfarb-Luftbild, 1:10.000, Stand
2002.

DEDAL FOTO Andrzej Kijowski: Digitales Echtfarbluftbild (1:2.000), PUWG-1992, Stand
2002.

B Räumliche Verteilung der Transformationsflächen (Makroebene)

B.1 Übersichtskarten

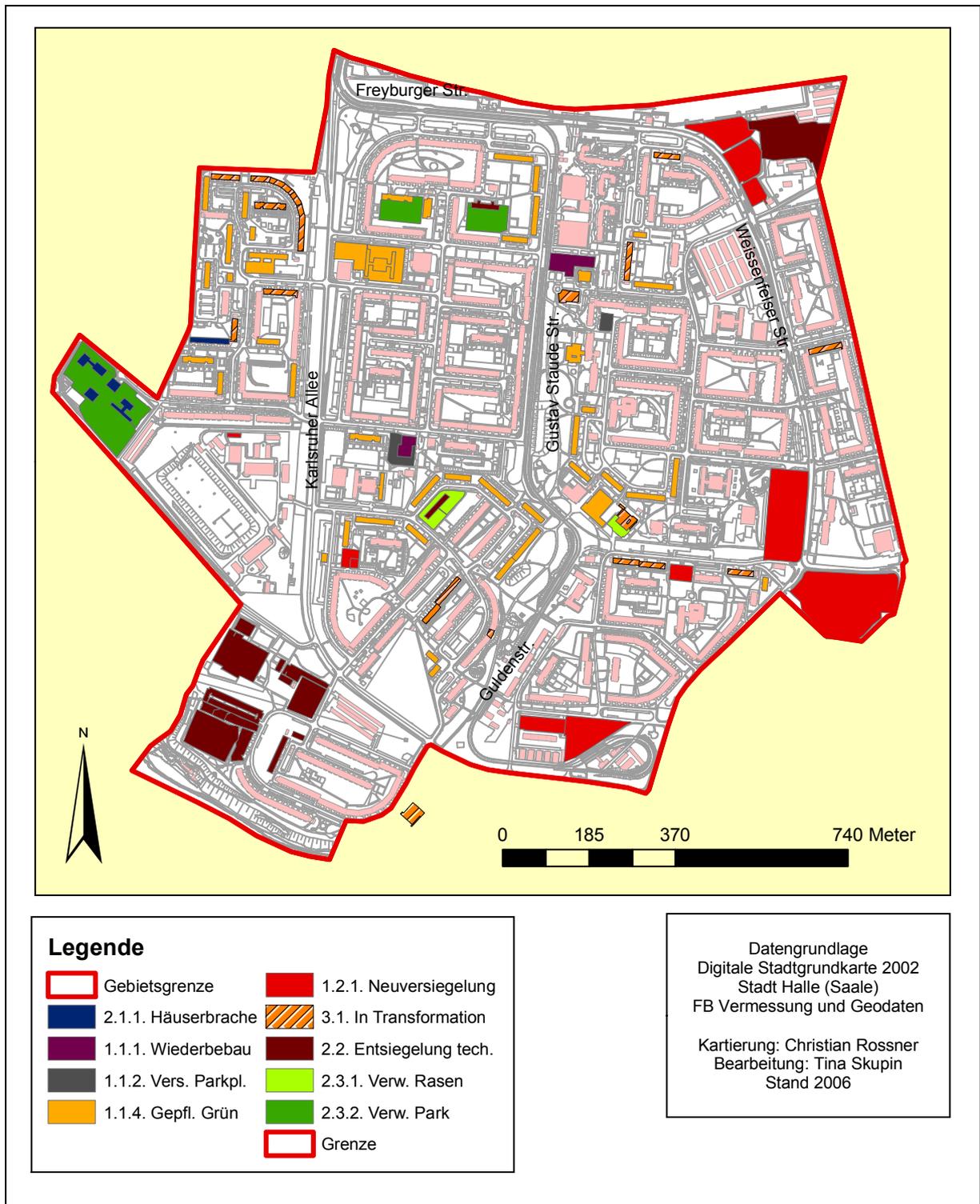


Abbildung 44: Übersichtskarte Nutzungsänderung Silberhöhe

Abbildung 45: Übersichtskarte Nutzungsänderung Halle-Gesamt (auf CD)

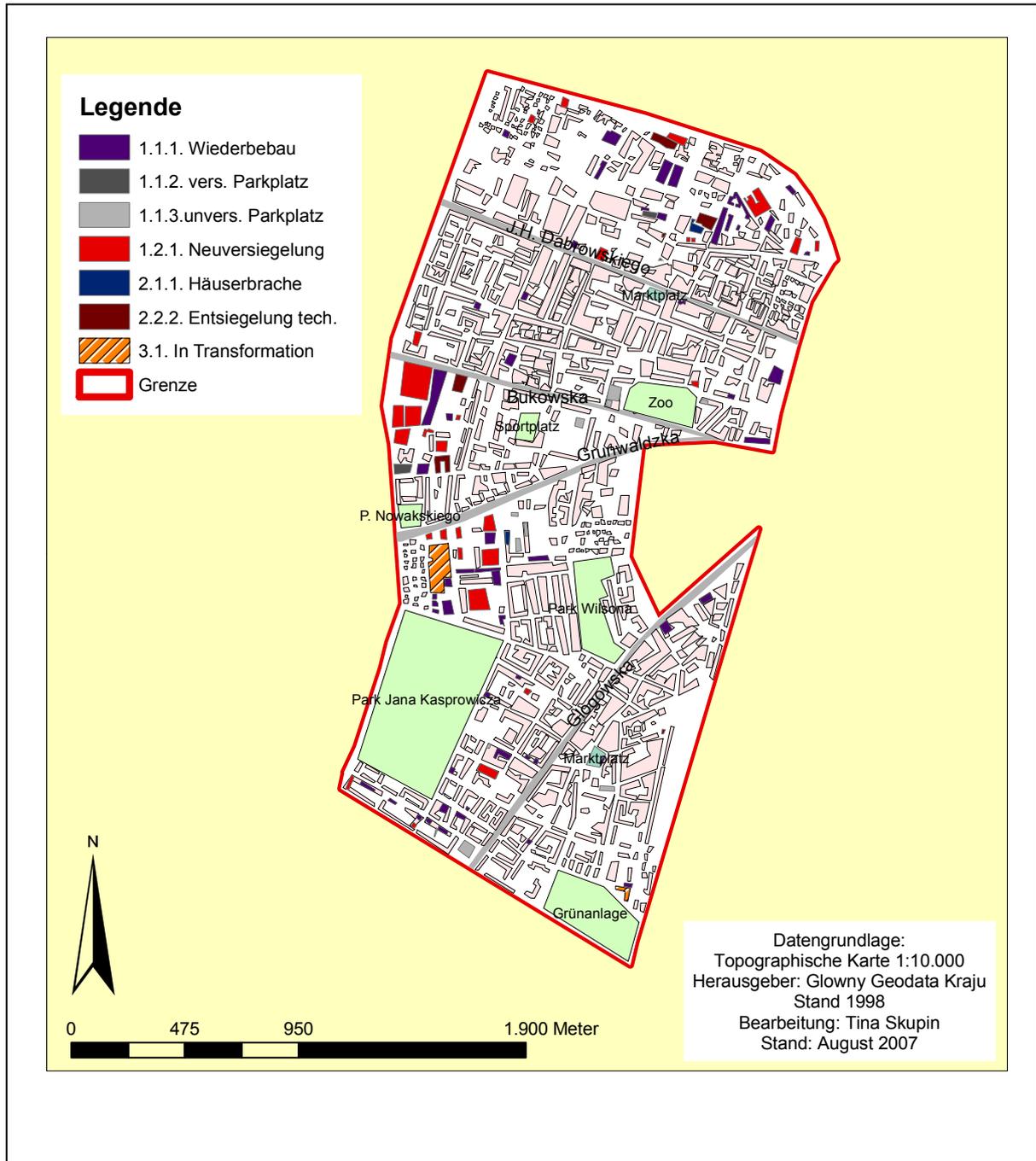


Abbildung 46: Übersichtskarte Nutzungsänderung Jezyce

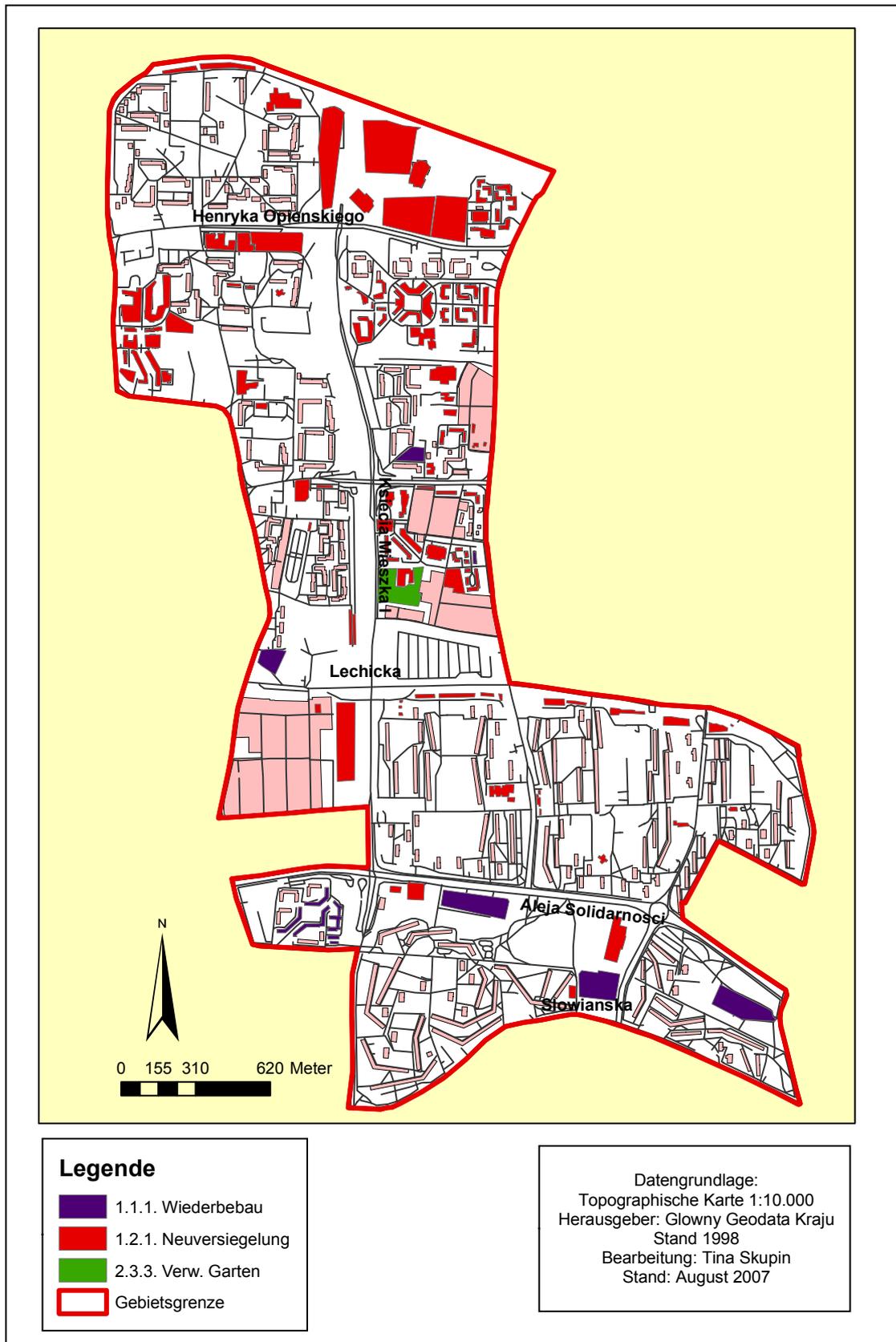


Abbildung 47: Übersichtskarte Nutzungsänderung Piatkowo