

Masterarbeit

Klimaschutzpotenzialanalyse von Dach-, Fassaden- und Straßenbaumbegrünung

Ein Beitrag zum Klimaschutzmanagement Klausenerplatz, Berlin Charlottenburg

Von

Martin Thiele

Global Change Management (M.Sc.)

Hochschule für Nachhaltige Entwicklung Eberswalde (FH)

Fachbereich Wald und Umwelt

Erstprüfer: Prof. Dr. Tobias Cremer

Zweitprüfer: Birger Prüter

Betreuer: Prof. Dr. Tobias Cremer



Vorgelegt von:

Student: Martin Thiele
Studiengang: Global Change Management M. Sc.
Hochschule: Hochschule für Nachhaltige Entwicklung Eberswalde (FH)
Matrikelnummer: 12208789
Geburtsdatum: 25.03.1989
Email: martin.thiele@hnee.de
Typ: Masterarbeit
Angestrebter Abschluss: Master of Science (M. Sc.) in Global Change Management
Thema: Klimaschutzpotenzialanalyse von Dach-, Fassaden- und
Straßenbaumbegrünung – Ein Beitrag zum
Klimaschutzmanagement Klausenerplatz, Berlin
Charlottenburg
Erstprüfer: Prof. Dr. Tobias Cremer
Zweitprüfer: Birger Prüter (Dipl. Umwelttechniker)
Betreuer: Prof. Dr. Tobias Cremer
Abgabetermin: 03.02.2015

Eberswalde, den 03.02.2015

Danksagung

Diese Masterarbeit bildet den Abschluss des internationalen Masterstudienganges Global Change Management (M. Sc.) an der Hochschule für Nachhaltige Entwicklung Eberswalde (FH).

Ich möchte die Gelegenheit nutzen, um mich an dieser Stelle bei all denjenigen zu bedanken, die mich während meines Studiums und im Verlaufe dieser Masterarbeit unterstützt haben.

In erster Linie möchte ich mich bei Dipl. Umwelttechniker Birger Prüter und Ulrich Weber vom Klimaschutzmanagement Klausenerplatz für ihre offene Zusammenarbeit und ihr beherztes Engagement bedanken.

Für die hilfreichen Anregungen zur Methodik und die eingehende Beratung danke ich insbesondere meinem Betreuer Prof. Dr. Tobias Cremer sowie Prof. Dr. Jan-Peter Mund, Prof. Dr. Manfred Köhler und Herbert Lohner (Referent für Naturschutz, BUND Berlin e.V.).

Herrn Bernd Maier, Christian Bade und Frau Corine Nitzsche danke ich für die Bereitstellung von wichtigen Arbeitsmaterialien.

Für die unermüdliche Motivation und fachkundliche Unterstützung danke ich meiner Freundin Julia.

Meinen Eltern, Peter und Gabriele Thiele, gilt mein besonderer Dank dafür, dass sie mir diesen Ausbildungsweg ermöglicht haben und mir stets mit Rat und Tat zur Seite stehen.

Zusammenfassung

Das Land Berlin hat sich das Ziel gesetzt klimaneutral zu werden. Auf kommunaler Ebene spiegelt sich dieses Ziel in vereinzelt bezirklichen Klimaschutzkonzepten wieder und wird mithilfe verschiedenster Maßnahmen verfolgt. Welches Potenzial zum Klimaschutz dabei von Begrünungsmaßnahmen ausgeht, wird am Beispiel des Klausenerplatz-Kiezes in Berlin Charlottenburg-Wilmersdorf quantifiziert. Dazu werden das Kohlenstoffbindungsvermögen sowie die CO₂-Vermeidung durch Energieeinsparungen der Dachbegrünung, Fassadenbegrünung und der Pflanzung von Straßenbäumen analysiert. Aus der Erhebung flächenbezogener Daten und der Berechnung der Klimaschutzpotenziale in zeitbezogenen Modellszenarien werden dann bezirkliche Grundrisspläne zu Potenzial- und Bestandsflächen erstellt und Empfehlungen für das Klimaschutzmanagement Klausenerplatz ausgeschrieben. Sowohl die Empfehlungen als auch die Pläne dienen dem Klimaschutzmanagement als Planungsinstrument für die Priorisierung von Begrünungsmaßnahmen und der Eingrenzung von Handlungsoptionen.

In der vorliegenden Arbeit wird aufgezeigt, dass die Begrünungsmaßnahmen allein und in Kombination sowie unter Berücksichtigung lokaler Stärken und Hemmnisse nur ein sehr geringes bis geringes Klimaschutzpotenzial im Vergleich zu anderen Klimaschutzmaßnahmen aufweisen. Bei einer realistischen Begrünung von zehn Prozent aller potentiellen Flächen und Standorte würden die Treibhausgasemissionen im Vergleich zum Jahr 2009 um eineinhalb Prozent reduziert werden. Zum einen ist dies darauf zurückzuführen, dass das Referenzgebiet bereits große Begrünungsbestände im Gesamtberliner Vergleich besitzt. Zum anderen zeigen die Modellszenarien, dass die Sanierungsgeschwindigkeit sowie Unkenntnis und Zweifel gegenüber der Gebäudebegrünung die Verbreitung der Begrünungen bislang hemmt und ausbremst, sodass die möglichen mittelhohen Klimaschutzpotenziale auf kurze Sicht nicht erreichbar sind. Im Einzelnen besitzt die Begrünung von Dächern insgesamt und im Verhältnis zu den voraussichtlichen Kosten das größte Klimaschutzpotenzial. Mit etwa der Hälfte des Gesamtpotenzials der Dachbegrünung, kann die Fassadenbegrünung immer noch einen spürbaren Beitrag zum Klimaschutz leisten. Die Potenziale zur Begrünung durch Straßenbäume hingegen, sind im Klausenerplatz-Kiez fast komplett erschöpft und besitzen das geringste Klimaschutzpotenzial.

Wenngleich diese Arbeit das geringe Klimaschutzpotenzial von Begrünungsmaßnahmen im dicht bebauten Wohnviertel suggeriert, sollte ebenso die Bedeutung des Stadtgrüns für andere klimarelevante Kenngrößen sowie die Verbesserung der Lebensqualität in der Stadt in die Priorisierung von Begrünungsmaßnahmen einfließen.

Inhaltsverzeichnis

Danksagung	i
Zusammenfassung.....	ii
Verzeichnis der Abbildungen.....	v
Verzeichnis der Tabellen	v
Verzeichnis der Abkürzungen.....	vi
1. Einleitung.....	1
1.1. Ziel dieser Arbeit.....	1
2. Kontext, Stand der Forschung und Definitionen.....	3
2.1. Kohlenstoffbindung als Klimaschutzpotenzial.....	3
2.2. Die Bedeutung von Dach-, Fassaden-, und Straßenbaumbegrünung für die Stadtentwicklung.....	3
2.3. Auswahl der Begrünungsarten	5
2.4. Die Bedeutung von Dachgrün, Fassadengrün und Stadtbäumen für den städtischen Klimaschutz.....	7
2.4.1. Stadtklima in Berlin – heute und in Zukunft	7
2.5. Die Bedeutung von „Stadtgrün“ für die Lebensqualität in der Stadt	11
2.6. Die Dachbegrünung	12
2.7. Die Fassadenbegrünung	13
2.8. Straßenbäume	14
2.9. Der Klausenerplatz-Kiez	16
2.9.1. Bau- und Sozialgeschichte	16
2.9.2. Bevölkerung, Demografie und Wohnumfeld	17
2.9.3. Der „Ökokiez 2020“ und das integrierte kommunale Klimaschutzkonzept für den Klausenerplatz-Kiez (IKKK).....	18
3. Methodik und Forschungsdesign	20
3.1. Allgemein	20
3.2. Literaturrecherche und Interviews.....	20
3.3. Datenerhebung und Kartierung.....	21
3.4. Dachbegrünung.....	22
3.4.1. Kriterien für die Flächenberechnung und Klassifizierung	22
3.5. Fassadenbegrünung.....	24
3.5.1. Kriterien für die Flächenberechnung und Klassifizierung	24
3.6. Straßenbäume	27

3.6.1.	Bestandsanalyse und Identifizierung von möglichen Baumstandorten	27
3.7.	Klimaschutzpotenzialanalyse.....	27
4.	Ergebnisse aus der Datenerhebung und Kartierung	28
4.1.	Potenzielle Dachbegrünungsflächen und Bestand	28
4.2.	Potenzielle Fassadenbegrünungsflächen und Bestand	28
4.3.	Potenzielle Straßenbaumbegrünung und Bestand.....	29
5.	Klimaschutzpotenzialanalyse	30
5.1.	Begrünungsszenarien	30
5.2.	Kohlenstoffbindung von Dachgrün.....	31
5.3.	Kohlenstoffbindung von Fassadengrün	35
5.4.	Kohlenstoffbindung von Straßenbäumen	41
6.	Schlussfolgerungen und Empfehlungen.....	44
6.1.	Klimaschutzpotenziale von Dach-, Fassaden-, und Straßenbaumbegrünung.....	44
6.2.	Klimaschutz-Kosten-Effizienz	45
6.3.	Priorisierung von Begrünungsmaßnahmen.....	46
6.4.	Empfehlungen an das Klimaschutzmanagement Klausenerplatz.....	47
6.4.1.	Empfehlungen für die Begrünung von Dächern.....	48
6.4.2.	Empfehlungen für die Begrünung von Fassaden	49
6.4.3.	Empfehlungen für die Begrünung von Straßenbäumen	50
7.	Diskussion, Kritik und Ausblick	51
7.1.	Ausblick.....	53
8.	Quellenverzeichnis	55
9.	Anhang.....	61
9.1.	Anhang 1 – Blockübersicht Klausenerplatz-Kiez.....	61
9.2.	Anhang 2 - Klimaschutzpotenzialanalyse Modellrechnungen extensive Dachbegrünung 2015 bis 2050.....	62
9.3.	Anhang 3 - Klimaschutzpotenzialanalyse Modellrechnungen bodengebundene Fassadenbegrünung 2015 bis 2050	63
9.4.	Anhang 4 – Kostengegenüberstellung und Klimaschutz-Kosten-Effizienz von Dach-, Fassaden-, und Straßenbaumbegrünung	64
9.5.	Anhang 5 – Bezirkliche Lagepläne und Legende	65
	Eidesstattliche Erklärung	88

Verzeichnis der Abbildungen

Abbildung 1 - Thermoisoplethendiagramm der maximalen Wärmeinselintensität zwischen einer städtischen und einer Umlandklimastation am Beispiel Braunschweigs für das Jahr 2012 (TU Braunschweig)	8
Abbildung 2 - typische "extensive" Dachbegrünung, übersetzt nach Sailor, 2012	12
Abbildung 3 - Arten der Fassadenbegrünung (eigene Darstellung)	14
Abbildung 4 - Lage und Karte des Klausenerplatz-Kiezes (Land Berlin 2011)	16
Abbildung 5 - Forschungsdesign (Eigene Darstellung)	20
Abbildung 6 - typisches "Berliner Dach" im Klausenerplatz-Kiez, Quelle: Google Earth, 2014.....	23
Abbildung 7 - Ausschnitt aus den ALK Berlin (SenStadtUm 2014c; Nitzsche 2014)	26
Abbildung 8 - Absolute Energieverbräuche und CO ₂ -Emissionen von 2007 bis 2009 des Klausenerplatz-Kiezes (Land Berlin, 2011)	34

Verzeichnis der Tabellen

Tabelle 1 - Trockenstresstolerante und frostresistente heimische Gehölze (Roloff 2010).....	15
Tabelle 2 - Interview- & Korrespondenzpartner	20
Tabelle 3 - Auflistung der erhobenen Daten nach Vermessungsmethodik (Eigene Angaben)	21
Tabelle 4 - Berechnungsgrundlage für Dachtypen nach Neigungsgrad (eigene Berechnungen).....	24
Tabelle 5 - Durchschnittliche Gebäudetraufhöhen je Stockwerkszahl, Klausenerplatz-Kiez	26
Tabelle 6 – Energieeinsparungspotenziale durch Dachbegrünung in Abhängigkeit vom Grad der vorhandenen Dachdämmung in Athen, Griechenland, nach Niachou et al. (2001)	33
Tabelle 7 - Auszug aus Ergebnissen der Kohlenstoffbindungspotenzialanalyse für EDB (eigene Berechnung)	35
Tabelle 8 - Berechnung der Dämmwirkungen eines zweischaligen Mauerwerks mit stehender Luftschicht mit und ohne Fassadenbegrünung (eigene Berechnung).....	39
Tabelle 9 - Auszug aus Ergebnissen der Kohlenstoffbindungspotenzialanalyse für bodengebundene Fassadenbegrünung (eigene Berechnung).....	40
Tabelle 10 - Berechnung des Klimaschutzpotenzials klimaangepasster Bäume (eigene Berechnung)	43
Tabelle 11 - Vergleich der Klimaschutzpotenziale von Dach-, Fassaden- und Straßenbaumbegrünung	44
Tabelle 12 – Kosten je Begrünungseinheit und Klimaschutz-Kosten-Effizienz nach Begrünungsarten (KKE)	46

Verzeichnis der Abkürzungen

/a	pro Jahr
AfS	Amt für Statistik Berlin-Brandenburg
AG	Arbeitsgruppe
ALK	Automatisierte Liegenschaftskarte
Argus	arbeitsgruppe gemeinwesenarbeit und stadtteilplanung
BfN	Bundesamt für Naturschutz
BHD	Brusthöhendurchmesser
BMU	Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz, Bau- und Reaktorsicherheit
BWB	Berliner Wasserbetriebe
°C	Grad Celsius
C	Kohlenstoff
CO ₂	Kohlen(stoff)dioxid
DF	Dachfläche
DIN	Deutsches Institut für Normung
DHV	Derbholzvolumen
DWD	Deutscher Wetterdienst
EDB	Extensive Dachbegrünung
FBB	Fachvereinigung Bauwerksbegrünung e.V.
FLL	Forschungsgesellschaft Landschaftsentwicklung Landschaftsbau e.V.
GF	Gebäudegrundfläche
GmbH	Gesellschaft mit beschränkter Haftung
ha	Hektar
IASP zu Berlin	Institut für Agrar- und Stadtökologische Projekte an der Humboldt-Universität zu Berlin
IKKK	Integriertes Kommunale Klimaschutzkonzept für den Klausenerplatz-Kiez
LFE	Landesforstanstalt Eberswalde
LOP	Lebensweltlich orientierter Planungsraum
LWF	Bayerische Landesanstalt für Wald und Forstwirtschaft
m ²	Quadratmeter
RBS	Regionales Bezugssystem
SenGesSoz	Senatsverwaltung für Gesundheit, Umwelt und Verbraucherschutz
SenStadtUm	Senatsverwaltung für Stadtentwicklung und Umwelt
StEP	Stadtentwicklungsplan
t	Tonnen
UHI	urban heat island, dt. Wärmeinsel
UNFCCC	United Nations Framework Convention on Climate Change
v.d.Z.	vor der Zeitrechnung
VHF	vorgehängte hinterlüftete Fassade
WDVS	Wärmedämmverbundsystem

1. Einleitung

Bis zum Jahr 2050 soll Berlin laut Landesregierung klimaneutral werden. Angelehnt an die Klimaschutzziele der deutschen Bundesregierung begegnet die Stadt Berlin dem Klimawandel auf zweierlei Art und Weise, mit der Vermeidung von Treibhausgasen und der Anpassung an die Folgen des Klimawandels. Dabei ist das oberste Ziel der Berliner Stadtentwicklung die Sicherung und Verbesserung der urbanen Lebensqualität in der Stadt. Dazu werden in dem von der Senatsverwaltung 2011 verabschiedeten Stadtentwicklungsplan Klima Maßnahmen vorgeschlagen, die die bebaute Stadt sowie ihre Grün- und Freiflächen für den Klimawandel rüsten. Neben der Erhöhung des Albedo von Dächern und der Steigerung naturhaushaltswirksamer Flächen durch Entsiegelung können zusätzliche Begrünungsmaßnahmen von Dächern, Höfen, Wänden und Straßenbäumen einen großen Beitrag zum Klimaschutz und damit auch zur Lebensqualität in Städten leisten.

Wie groß das Klimaschutzpotenzial von städtischen Begrünungsmaßnahmen genau ist, das heißt welche Begrünungsart das größte Potenzial aufweist das Treibhausgas Kohlendioxid zu speichern, soll in dieser Arbeit exemplarisch für einen Berliner Stadtteil analysiert werden. Gegenstand der Untersuchung sind drei verschiedene Begrünungsmaßnahmen, die Dachbegrünung, die Fassadenbegrünung und die Pflanzung von Straßenbäumen. Das Untersuchungsgebiet ist der Klausenerplatz-Kiez in Berlin Charlottenburg, für den seit August 2014 ein Klimaschutzmanagement eingerichtet wurde.

In einer Reihe von Begehungen und durch Auswertung von digitalen Orthophotos wurden alle im Kiez befindlichen Flächen für eine potenzielle Dach- bzw. Fassadenbegrünung begutachtet, manuell kartiert und elektronisch dokumentiert. Während der Begehung wurden Standorte für zusätzliche Baumpflanzungen identifiziert und ebenfalls kartiert. In der Datenanalyse wurden dann die flächenbezogenen Kohlenstoffbindungspotenziale der drei Begrünungsarten, ausgedrückt in Tonnen CO₂-Äquivalente, für die Zielhorizonte 2020, 2030 und 2050 hochgerechnet. Das Kohlenstoffbindungspotenzial wurde gewählt, um eine Vergleichbarkeit von Begrünungsmaßnahmen mit anderen Klimaschutzmaßnahmen herzustellen, welche im integrierten kommunalen Klimaschutzkonzept für den Klausenerplatz nach ihrem CO₂-Minderungspotenzial eingestuft wurden.

1.1. Ziel dieser Arbeit

Ziel der Klimaschutzpotenzialanalyse ist die Priorisierung von Begrünungsmaßnahmen in Abhängigkeit der verschiedenen Vegetationsformen das Treibhausgas Kohlendioxid (CO₂) zu binden bzw. einzusparen. Anhand dieser Priorisierung werden Empfehlungen an das Klimaschutzmanagement Klausenerplatz ausgeschrieben. Zudem werden Schlussfolgerungen für die Bedeutung von Begrünungsmaßnahmen im Kontext des städtischen Klimaschutzes und der nachhaltigen Stadtentwicklungsplanung getroffen. In Zusammenarbeit mit dem Bezirksamt Charlottenburg sowie dem Klimaschutzmanagement Klausenerplatz werden über den Rahmen dieser Arbeit hinaus erstmals für einen Berliner Stadtteil der Bestand an Dach-

und Fassadenbegrünung kartiert sowie mitsamt der Ergebnisse aus der Potenzialanalyse durch eine bezirkliche Kartografin elektronisch aufgearbeitet.

2. Kontext, Stand der Forschung und Definitionen

2.1. Kohlenstoffbindung als Klimaschutzpotenzial

Das Klima ist im Wandel. Der natürliche Treibhauseffekt unserer Atmosphäre, der unsere globale Durchschnittstemperatur auf angenehme 15°C reguliert, wird durch anthropogene Aktivitäten verstärkt. Kohlenstoffdioxid (CO₂) und andere Treibhausgase werden, unter anderem, durch den weltweiten Bevölkerungsanstieg vermehrt in wirtschaftlichen Prozessen und globaler Mobilität in die Atmosphäre emittiert. Die Folge vermehrter Treibhausgase ist eine reduzierte Abstrahlung von einfallender Sonnenstrahlung, welche eine Erwärmung der Atmosphäre bewirkt. Um die weitere globale Erwärmung abzuschwächen und unter einem Grenzwert zu halten, welcher die grundlegenden Bedingungen für das Leben auf der Erde gewährleistet, werden weltweit Maßnahmen unternommen, Treibhausgase zu reduzieren und so das Klima zu schützen. Dies kann entweder durch die Einsparung weiterer CO₂-Emissionen oder der Bindung von Kohlenstoff in Pflanzen geschehen.

Mittels der Photosynthese ‚atmen‘ Pflanzen Kohlendioxid, binden es zum Teil in Form von Biomasse und produzieren Sauerstoff als Nebenprodukt. Damit gehören Pflanzen neben den Ozeanen zu den weltweit größten Kohlenstoffsinken. Im Kontext des städtischen Klimaschutzes sollte dies bedeuten, dass zusätzliche Begrünungen das Potenzial besitzen Treibhausgase aufzunehmen und langfristig zu speichern. Das Klimaschutzpotenzial von Begrünungen wird sinngemäß als Kohlenstoffbindungsvermögen von Pflanzen in CO₂-Äquivalenten ausgedrückt. Die Terme werden im Folgenden synonym verwendet. Diese Definition des Klimaschutzpotenzials geht zurück auf vergleichbare Studien des UBA und BMU (UBA 2010). Während andere messbare Kennzahlen, wie etwa die Temperaturabsenkung oder Feinstaubfilterung, gleichermaßen repräsentativ sind das Potenzial von Begrünungen zur Klimaschutz darzustellen, würde dieser Ansatz jedoch den Rahmen dieser Arbeit übersteigen. Es sollte darauf hingewiesen werden, dass das Klimaschutzpotenzial vom Treibhausgaspotenzial (engl. global warming potential oder GWP) zu unterscheiden ist. Dieser Wert bemisst den relativen Einfluss von Treibhausgasen am Treibhauseffekt in Abhängigkeit von CO₂ (UNFCCC 1995).

2.2. Die Bedeutung von Dach-, Fassaden-, und Straßenbaumbegrünung für die Stadtentwicklung

Die Stadtentwicklungs- und Landschaftsplanung im Land Berlin ist vielseitig und häufig geprägt von Kompromissen. Sie wird von Gesetzen bestimmt, von Richtlinien und Strategien geleitet und muss im Planungsprozess stets Bürgerinteressen berücksichtigen. Das Wohnen, der Verkehr, die Industrie, das Gewerbe und das Klima stellen die verschiedensten Anforderungen an die limitierten Nutzflächen der Stadt. Welche Rolle das Stadtgrün, und genauer die Begrünung von Dächern, Fassaden und Straßenbäumen, heute und in Zukunft für Berlin und die einzelnen Bezirke spielt, wird in Stadtentwicklungs- und Landschaftsplänen deutlich. Diese legen Leitlinien und Handlungsmöglichkeiten im Umgang mit dem Stadtgrün fest.

Als integrierendes Leitbild für Berliner Konzepte, Planungen und Projekte diesbezüglich gilt die **Strategie Stadtlandschaft Berlin** der SenStadtUm von 2012. Sie soll die Potenziale der Berliner Grünräume „zur Lösung drängender gesellschaftlicher Herausforderungen“ wie dem Klimawandel offenlegen (S.6). Aufgrund ihrer vielen Synergien, finden Straßenbäume hier eine besondere Erwähnung. Mit der Spendenkampagne „Stadt bäume für Berlin“ der Berliner Senatsverwaltung sollen bis 2017 10.000 neue Straßenbäume in Berlin gepflanzt werden. Diese Stadtbaumoffensive muss, so sind sich Senatsverwaltung und der Bund für Umwelt und Naturschutz Deutschland einig, weiterentwickelt werden (S.70; Berliner Morgenpost 2014). Auch die Begrünung von Höfen, als oft letzte verbleibende Grünflächen in verdichteten Stadtgebieten, wird wichtiger als Klimaanpassungsmaßnahme.

Die Bedeutung der Begrünungsmaßnahmen für die Stadtentwicklung im Zeichen des Klimawandels wird besonders im **Stadtentwicklungsplan (StEP) Klima** herausgestellt. Zwei Feststellungen der Senatsverwaltung sind hier hervorzuheben. Zum einen wird der 3-teilige an Emissionsquellen und -verursacher orientierte Ansatz zum Klimaschutz Berlins, der sich für mehr Energieeffizienz, eine Senkung des Energieverbrauchs und die Nutzung Erneuerbarer Energien ausspricht, zum ersten Mal kritisch hinterfragt. Zum anderen wurden Böden und Vegetation als natürliche Treibhausgasspeicher laut Senatsverwaltung bisher zu wenig Beachtung im Klimaschutz beigemessen. In Zukunft sollen die Treibhausgasspeicher besser erhalten ausgebaut werden (S.7). Zentrale Ziele, um das Bioklima im Siedlungsbereich anzupassen, beinhalten: „Bäume an Straßen und Höfen als Schattenspender [zu] erhalten und [neu zu] pflanzen, [...] Fassaden wo immer möglich [zu] begrünen und Dächer [zu] begrünen bei Eignung“ (S.5).

Dachgrün, Fassadengrün und Straßenbäume haben im Gegensatz zu anderen Arten der Stadtbegrünung einige Vor- und Nachteile im Stadtentwicklungsprozess. Um diese zu verstehen, muss zunächst erläutert werden wie dieser Prozess abläuft. Zunächst unterscheiden sich teilweise die **Zuständigkeiten** für die Begrünungsarten.

Bei Straßenbäumen entscheiden grundlegend die Landschaftsplaner des bezirklichen Grünflächenamtes über Standort der Pflanzung, Baumart, Pflege und Fällung. Nichtsdestoweniger haben Bürgerinnen und Bürger mittels Baumspenden, -patenschaften oder öffentlichen Beteiligungsverfahren die Möglichkeit die Neupflanzung von Bäumen zu beschleunigen (vgl. Spendenkampagne „Straßenbäume für Berlin“) oder anderweitig Einfluss auf den Landschaftsplanungsprozess zu nehmen.

Da sich Dach- und Fassadenbegrünung unmittelbar auf Gebäude und damit sowohl auf private als auch öffentliche Gebäude beziehen, hängt die Entscheidung und das Ausmaß dieser Begrünung zum größten Teil vom Besitzer ab. Im Hinblick auf die Verteilung von Besitztum in Deutschland, betrifft dies in erster Linie private Eigentümer und im Gesamtkontext wenige öffentliche Verwaltungen, die für öffentliche Liegenschaften verantwortlich sind. Hauptanliegen bei der Entscheidung zur Dach- und Fassadenbegrünung sind vor allem Kosten sowie einige städtebauliche Vorlagen und rechtliche Rahmenbedingungen. Wie Flächen genutzt werden dürfen, kann von der

Bezirksverordnetenversammlung (BVV) vorgeschlagen und durch das Bezirksamt in **bezirklichen Bebauungsplänen** (B-plänen) nach §9 des Baugesetzbuches (BauGB) verbindend festgesetzt werden. Dazu zählen unter anderem auch Verpflichtungen bezüglich der Fassadenbegrünung (FLL S.9), die bisher allerdings wenig Anwendung erfuhren. Zudem sind Genehmigungen für die Begrünungen lediglich bei Baudenkmalern, bei zusätzlicher Flächenentsiegelung oder in Gebieten mit entsprechenden Gestaltungssatzungen erforderlich (*ibid.*). Der rechtliche Aufwand für die Dach- und Fassadenbegrünung beläuft sich also auf ein Minimum.

Eine wichtige städtebauliche Vorgabe in Bezug auf die Grünflächen in der Stadt ist der **Biotopflächenfaktor** (BFF). Dieser Faktor wurde im Zuge der „behutsamen Stadterneuerung“ Mitte der 1980er Jahre als ökologische Planungskenngröße für Bauleitpläne entwickelt und bemisst grundstücksbezogen das Verhältnis von naturhaushaltswirksamer Fläche eines Grundstückes zur gesamten Grundstücksfläche (Becker und Mohren 1990, S.2). Der BFF soll in Landschaftsplänen festgesetzt werden, um dem Verdichtungsprozess in der Innenstadt entgegenzuwirken und Ökosystemdienstleistungen, wie z.B. den Rückhalt von Niederschlagswasser, zusätzliche Verschattung oder die Senkung von Temperaturextremen, zu sichern und weiterzuentwickeln. Auch die Funktionsfähigkeit von Flächen als Lebensraum für Tiere und Pflanzen findet Berücksichtigung in der Berechnung des BFF. Je nach Überbauungsgrad variiert der Ziel-BFF zwischen mindestens 0,3 und 0,6. Bei Grundstücken mit einer Grundflächenzahl von 0,5, was einer Flächenversiegelung von 50% der gesamten Grundstücksfläche entspricht, würde laut Gutachten zum Biotopflächenfaktor ein Ziel-BFF von 0,3 verlangt werden, was eine 30%ige Begrünung des restlichen Grundstücks bedeutet. Liegt der Anteil naturhaushaltswirksamer Flächen unter diesem Wert, muss der Eigentümer die Differenz mit Flächen einer höheren ökologischen Wertigkeit kompensieren bis der Ziel-BFF gewährleistet ist. Nicht alle Kompensationsflächen werden zu 100% dem BFF angerechnet. Laut Senatsverwaltung erhalten bei der Gestaltung der Vergrößerung von Grünflächen die Vegetationsflächen am Boden Vorrang (Becker und Mohren 1990). Die Begrünung von Dächern hat mit einem Anrechnungsfaktor von 0,7 – das sind 70% der begrünten Fläche – eine hohe ökologische Wertigkeit. Ebenso kann mit der Vertikalbegrünung von fensterlosen Giebelwänden die Hälfte der begrünten Fläche, oder einem Anrechnungsfaktor von 0,5, dem BFF zugerechnet werden. Ein Vorteil dieser Arten der Begrünung ist demnach, dass sie den Grundstücks- und Gebäudeeigentümern je nach Fassaden- und Dachtyp zwei kostengünstige und einfache Optionen geben ihre privaten Grünflächen gemäß des BFF zu gestalten und abzusichern, ohne andere überbaute Flächen mit großem rechtlichen und finanziellen Aufwand freizumachen.

2.3. Auswahl der Begrünungsarten

Bei Berücksichtigung öffentlich sowie privat genutzter Flächen in der Stadt, ist die Liste der möglichen zusätzlichen Begrünungsmaßnahmen lang. Sowohl die öffentliche Verwaltung als auch Bürger/innen und Eigentümer/innen privater Grundstücke und Hauseigentümer/innen haben die Möglichkeit das Berliner Wohnumfeld mit Grün zu gestalten und dieses für den Klimawandel zu rüsten. Neben den öffentlichen Grünanlagen

unterhält und pflegt das bezirkliche Grünflächenamt weitere Frei- und Grünflächen des öffentlichen Gebrauchs. Dazu gehören Friedhöfe, Gartendenkmäler, Grünflächen auf Spielplätzen und Straßenbäume. Zudem erlebt Berlin durch neue Formen der Bürgerbeteiligung zur Nutzung und Gestaltung öffentlicher Grün- und Freiflächen, wie dem Bürgerentscheid zur Kleingartenanlage Oeynhausen oder dem Volksentscheid zum Tempelhofer Feld, seit den vergangenen Jahren eine neue Welle der Demokratisierung von Stadtgrün. Lange Zeit war es des bürgerlichen Ehrenamtes zu verdanken, dass Baumscheiben begrünt oder das bezirkliche Grünflächenamt in Neupflanzungsaktionen unterstützt wurde (Land Berlin 2011). Dank neu entfachtem Willen zu einer aktiveren bürgerlichen Mitgestaltung der Stadtlandschaft, beweisen immer mehr Einzelfälle, dass die in Bebauungsplänen nicht festgesetzten Flächen, wie z.B. ungenutzte Baulücken, renaturiert, von Bürgern/innen begrünt oder als städtische Gärten nutzbar gemacht werden. Neben den Bürger/innen hat auch der/die einzelne Grundstücks- bzw. Hauseigentümer/in das Recht – und nach einigen baurechtlichen Gesetzen und Normen auch die Verpflichtung – privat genutzte Flächen zu begrünen. Dies schließt die Begrünung von Dächern, Fassaden, Kleingärten, Vorgärten, Innenhöfen, Balkonen und sogar Wohninnenräumen ein. Welche dieser vielen Begrünungsmaßnahmen letztendlich in die Klimaschutzpotenzialanalyse aufgenommen wurden, ergab sich maßgeblich aus Empfehlungen im StEP Klima und den lokalen Besonderheiten des Kiezes.

Im Fachgutachten zum StEP Klima von Herwarth und Holz (2010) wurden die Klimaanpassungspotenziale von Einzelmaßnahmen für verschiedene Stadtstrukturtypen bewertet. Faktoren wie die potenzielle Temperaturregulierung durch Rückstrahlung oder Kühlwirkung und die Verbesserung der Versickerung und Wasserspeicherung finden Einzug in die Modellrechnungen. Für die Stadtstrukturtypen „Blockbebauung der Gründerzeit mit Seiten- und Hintergebäuden“ bzw. „Blockrandbebauung der Gründerzeit mit wenigen Seiten- und Hintergebäuden“, nach denen sich der Klausenerplatz-Kiez klassifizieren lässt, werden neben der Erhöhung des Albedo und der Flächenentsiegelung auch Begrünungsmaßnahmen empfohlen. Dem Fachgutachten zufolge haben die Pflanzung von Bäumen ein geringes, die Begrünung von Dächern ein mittleres, und die Fassadenbegrünung ein mittleres bis hohes Anpassungspotenzial (S.98). Dies spricht für eine genauere Untersuchung von **Dach- und Fassadenbegrünung** in der Klimaschutzpotenzialanalyse. Trotz des geringen Klimaschutzanpassungspotenzials von **Straßenbäumen** qualifiziert sich diese Begrünungsmethode für die Klimaschutzpotenzialanalyse, da basierend auf Studien zur Kohlenstoffbindung von Bäumen von einem mittleren bis hohen Potenzial für den Klimaschutz ausgegangen wird. Auch kombinierte Maßnahmen wie z.B. die Hofbegrünung haben nach Einschätzung der Landschaftsplaner eine „besonders hohe Wirkung“ (S.v). Nach sorgfältiger Recherche muss diese Maßnahme jedoch aus der Klimaschutzpotenzialanalyse ausgeschlossen werden. Aufgrund der vielen verschiedenen Pflanzzusammenstellungen in der Hofbegrünung, von einfachem Rasengrün über Sträuchern bis hin zu Bäumen, kann auf keine einheitliche Definition von Hof- oder Gartenbegrünung und somit auf keine eindeutige Berechnungsgrundlage für die Kohlenstoffbindung dieser Begrünungsart geschlossen

werden. Weiterhin grenzen die limitierten Kapazitäten im Rahmen dieser Arbeit die Analyse auf die Betrachtung von drei Begrünungsmaßnahmen ein.

2.4. Die Bedeutung von Dachgrün, Fassadengrün und Stadtbäumen für den städtischen Klimaschutz

2.4.1. Stadtklima in Berlin – heute und in Zukunft

Berlin befindet sich in der Übergangszone von maritimem und kontinentalem Klima. Mit einer Durchschnittstemperatur von 9,5°C und einer Niederschlagsmenge von 591mm (DWD 2010), besitzt Berlin ein Klima typisch für das der gemäßigten Breiten. Wenngleich die geringen Höhenunterschiede innerhalb der Stadt für ein sonst homogenes Stadtklima sorgen, führt die dichte Bebauungsstruktur mit einer großen Oberflächenversiegelung durch künstliche Materialien besonders im Stadtzentrum zu deutlichen Temperaturunterschieden im Vergleich zum Berliner Umland, welches von vielen landwirtschaftlich genutzten Flächen geprägt ist. Weitere Faktoren, wie die lufthygienischen und thermischen Veränderungen durch Verkehr, Gewerbe und Industrie und die Reduzierung von Vegetationsflächen führen in Berlin zu den mikroklimatischen Besonderheiten, die typisch für ein Großstadtklima geworden sind. Im Vergleich zum nicht bebauten Umland, erhöhen sich in Städten die Gegenstrahlung und Niederschläge um bis zu 10 Prozent und die maximalen Temperaturunterschiede um bis zu 10 Kelvin (Landsberg 1981; Kuttler 1987). Des Weiteren reduzieren sich die Windgeschwindigkeiten über das Jahr um ein Viertel bis zur Hälfte, was den bodennahen atmosphärischen Luftaustausch verhindert (Soriano et al. 2001). Die relative Luftfeuchtigkeit sinkt um 6 Prozent und die Verdunstungsleistung sogar um 30-60 Prozent (Landsberg 1981; Kuttler 1987). Laut dem ersten Bericht zum Klimawandel in Berlin der Senatsverwaltung für Gesundheit und Soziales von 2009 stieg in der Region Berlin-Brandenburg die Jahresmitteltemperatur um 1°C. Diese Entwicklung wird sich nach neuen Berechnungen des Max-Planck-Instituts für Meteorologie in Hamburg fortsetzen und mit einer globalen Erhöhung bis Ende des Jahrhunderts um voraussichtlich 2,3°C verschärfen (SenGesSoz 2009). Für Berlin beträgt dieser Wert im Jahresmittel etwa 1,9 – 2,9°C und im Winter rechnet man sogar mit einer Erhöhung um ganze 2,6 – 3,9°C. Das Potsdam Institut für Klimafolgenforschung rechnet über denselben Zeitraum mit einer deutlichen Zunahme von Sommertagen und heißen Tagen, mit einer maximalen Temperatur von jeweils über 25°C und 30°C, sowie einer ähnlich starken Abnahme von Niederschlägen und Niederschlagstagen (ibid. S.6). So drückt sich die erhöhte Vulnerabilität (Anfälligkeit) Berlins für die Folgen des Klimawandels aus. Typisch für die mikroklimatischen Veränderungen des Stadtklimas im Zuge des Klimawandels, sind das verstärkte Abfließen von Niederschlagswassern, die geringere Luftfeuchtigkeit, sowie die vergleichsweise hohen Spurenstoffkonzentration der Luft. Dies alles sind Faktoren, die das verstärkte Auftreten des **Wärmeinseleffekts** beeinflussen. Im Folgenden werden der Wärmeinseleffekt und die Faktoren, die ihn bedingen, genauer beleuchtet und die klimatischen Einzelauswirkungen von Dach- und Fassadenbegrünung sowie Stadtbäumen auf jene Faktoren dokumentiert. Diese Darstellung soll neben der Klimaschutzpotenzialanalyse lediglich einen Überblick über sonstige

quantifizierbare Klimaauswirkungen der Begrünungsarten liefern. Aufgrund dieser auf ausschließlich theoretischen Studien begrenzten Dokumentation, werden diese Klimaauswirkungen jedoch nicht in die auf das Untersuchungsgebiet angepasste Beurteilung des Klimaschutzpotenzials der Begrünungsarten einfließen.

2.4.1.1. Der Wärmeinseleffekt

Die urbane Wärmeinsel, im Englischen als „urban heat island“ (UHI) bekannt, bezeichnet die höhere Wärmestrahlungsabsorption und –speicherung städtischer Oberflächen im Vergleich zum weniger verdichteten Umland. Es ist ein zumeist nächtliches Wetterphänomen, welches unter „sommerlichen Hochdruckwetterlagen mit hoher Einstrahlung und niedriger Windgeschwindigkeit“ entsteht und wegen der thermischen Eigenschaften von Baumaterialien eine Abkühlung städtischer Räume verhindert (FLL 2013). Auf der einen Seite besitzen viele in der Stadt verwendeten Baumaterialien, wie z.B. Asphalt und Beton, ein geringes Rückstrahlvermögen (Albedo), wodurch mehr sensible Wärmeenergie absorbiert wird. Zugleich sorgt eine hohe

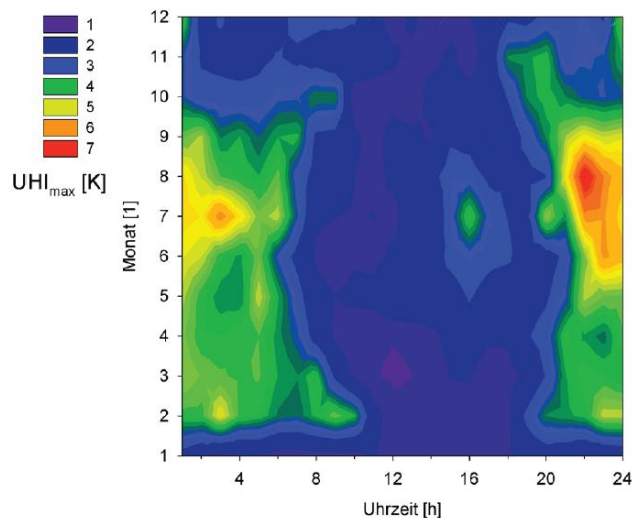


Abbildung 1 - Thermoisoplethendiagramm der maximalen Wärmeinselintensität zwischen einer städtischen und einer Umlandklimastation am Beispiel Braunschweigs für das Jahr 2012 (TU Braunschweig)

Wärmekapazitätsdichte dieser Stoffe für die langsame Abkühlung der Stadt in der Nacht. In Abbildung 1 ist am Beispiel der Stadt Braunschweig zu sehen, dass die maximalen Temperaturunterschiede zwischen Stadt und Umland während 21 und 04 Uhr über 5°C und maximal 7°C betragen können.

2.4.1.2. Einfluss der Begrünungen auf Temperatur und Evapotranspiration

Der Wärmeinseleffekt kann nach Meinung von Weber und Kuttler (2006) mittels eines höheren Vegetationsanteils, mehr Grünzügen und Kaltluftschneisen eingegrenzt werden. Die Dach- und Fassadenbegrünung kann hier einen besonderen Beitrag leisten. Verschiedene Modellrechnungen für klimatisch mit Berlin vergleichbaren Regionen, wie New York und Chicago, ermitteln bei großflächigen Installationen von extensiver Dachbegrünung eine Abschwächung des Wärmeinseleffekts in unmittelbarer Umgebung um 0,2°C bis 0,9°C (Rosenzweig et al. 2006.; Peng und Jim 2013). Zugleich weisen Gründächer an heißen Tagen in hochverdichteten Innenstadtbereichen eine um bis zu 17°C kühlere Oberflächentemperatur als Referenzdächer auf (Heusinger 2013) und verfügen über die höchste Albedo (Gras: 0,25 – 0,3) im Vergleich zu anderen Bodenoberflächen. Diese Ergebnisse lassen jedoch bisher wenige Schlussfolgerungen zu, dass allein Dachbegrünung unmittelbar nachweisbare Auswirkungen auf eine statistisch bedeutsame Temperaturabsenkung in Bodennähe hat. Bezüglich des Wasserrückhalts ist wiederum

bewiesen, dass Extensivbegrünung auf Dächern etwa 30 bis 70 Prozent des Jahresniederschlags in Vegetation und Substrat speichern, bei einer Intensivbegrünung sogar bis zu 99 Prozent (Köhler 2012, S.56). Einerseits führt dies zu Einsparungen bei der Abwassersteuer. Das Niederschlagswasserentgelt schlägt nach Angaben der Berliner Wasserbetriebe mit 1,74€ pro m² entwässerte Grundfläche in den jährlichen Betriebskosten von Gebäuden zu Buche (2015). Bei Kommunen mit einer geteilten Abwasserrechnung, für Abwasser und Niederschlagswasser, kann bei Wegfallen des Kanalanschlusses damit eine Gebührenfreiheit erwirkt werden. Andererseits bewirkt extensives Dachgrün auch eine höhere Umgebungsfeuchtigkeit durch die gesteigerte Verdunstungsleistung der Dachoberfläche von 41 bis 48 Prozent des Jahresniederschlags (Harlaß 2008).

Fassadenbegrünung kann einen noch größeren Einfluss auf den Wärmeinseleffekt nehmen. Wong et al. (2010) haben bewiesen, dass die lokale Lufttemperatur vor fassadengebundener und bodengebundener Fassadenbegrünung um jeweils 1,3°C und 0,8°C kühler ist, als vor unbegrüntem Fassaden. Eine Messung der Temperaturverhältnisse mit ähnlichem Versuchsaufbau wurde 1987 in einem Wohnviertel in Berlin Moabit durchgeführt. Hier wurden von Bartfelder und Köhler festgestellt, dass Innenhöfe mit begrünten Fassaden weniger Lufttemperaturschwankungen im Tagesverlauf ausgesetzt sind als unbegrünte, und zwar im Mittel mit einer Amplitude von 1,9°C bis 3,4°C anstelle von Schwankungen um bis zu 9,6°C (S.119). Dies führen die Autoren unter anderem auf die besseren Wärmeabstrahlungsbedingungen von Pflanzen gegenüber der einfachen Fassadenoberfläche zurück. Bisher gibt es keine verwertbaren Angaben zum Wasserrückhalt von Kletterpflanzen. Ein Projekt mit Kletterpflanzen aus Kübeln am Physikinstitut der Humboldt Universität in Berlin Adlershof ermittelte eine durchschnittliche tägliche Verdunstungsleistung von 10-15l/m² Kübeloberfläche. Das ist vergleichbar mit einer Verdunstungskühlung von 280 kWh pro Fassade und Tag (Köhler 2008; SenStadt 2010, S.36).

Bäume haben einen ebenso großen Einfluss auf das städtische Bioklima wie die Dach- und Fassadenbegrünung. Einerseits verdeutlichen mehrere Modellrechnungen und Fallbeispiele, dass die Luft direkt unter Bäumen um bis zu 10 Grad und selbst im Umfeld von Bäumen noch etwa 1 bis 3 Grad kühler ist (Herwarth und Holz 2010; Ng et al. 2012; Armson et al. 2012). So bewertet das Fachgutachten zum StEP Klima von Herwarth und Holz Straßenbaumalleen zusammen mit der Erhöhung der Albedo in einem Modellgebiet in Berlin Charlottenburg, welches dem Stadtstrukturtyp des Klausenerplatz-Kiezes entspricht, als „wirksamsten Beitrag“ die Lufttemperatur in Bodennähe zu senken (SenStadtUm 2011, S.37).

Trotz der Vorteile dieser Begrünungsarten die Temperaturextreme in innerstädtischen Gebieten einzuschränken, sollten die klimatischen Einflüsse dennoch im Gesamtkontext nicht überschätzt werden. Während ihrer zwölfjährigen Erfahrung mit einer Begrünungsutopie konstatieren die Landschaftsarchitekten Köhler und Schmidt (1997), dass sowohl „die Art und Anordnung von Gebäuden [als auch] offene und geschlossene Belüftungsbahnen“ häufig größere klimatische Effekte erzielen können als durch Bepflanzung (S.124).

2.4.1.3. Einfluss der Begrünungen auf die städtische Luftqualität

Täglich erfahren Ballungsräume höhere Luftbelastungen durch Kraftfahrzeugverkehr, Gewerbe, Industrie und Hausbrand. Die Immissionskonzentrationen an Stickstoffoxiden (NO_x), Schwefeldioxid (SO_2), Kohlenmonoxid (CO) und Feinstaub (SST) übersteigen in Städten oft die doppelte Konzentrationsmenge als im städtischen Umland. Laut Umweltbundesamt war 2013 die Konzentration von Stickstoffdioxid in Berlin mit $20\mu\text{g}/\text{m}^3$ (Jahresmittel) etwa 4-mal so hoch wie in Brandenburg (UBA 2015). Im Luftreinhalteplan 2011 – 2017 des Landes Berlin wird jedoch betont, dass zwischen 2005 und 2012 an allen verkehrsnahen Luftmessstationen der Jahresmittelgrenzwert von $40\mu\text{g}/\text{m}^3$ überschritten wurde (S. 7). Ähnlich verhält es sich mit Messwerten zum Feinstaub. Auch wenn der gleiche Jahresmittelgrenzwert für Feinstaub $\text{PM}_{2,5}$ – das sind Staubpartikel mit einem Durchmesser unter 2,5 Mikrometer – nicht überschritten wurde, so ist dieser Wert dennoch dreimal so groß wie im Brandenburger Umland (*ibid.*). Das führt an Tagen mit austauscharmen Wetterlagen zu Temperaturinversion und Smog. Bei Nacht wird die Abstrahlung dann durch die erhöhte Gegenstrahlung der in der Stadtatmosphäre enthaltenen Aerosole und Abgase verringert und somit der Wärmeinseleffekt verstärkt (Roloff 2013). Zudem belegen wissenschaftliche Studien eine direkte Korrelation zwischen der Erhöhung dieser gefährlichen Staubpartikel in der Stadt und einem erhöhtem Auftreten an Atemwegs- und Herz-Kreislauf-Erkrankungen (UBA 2015).

Die Filterung der Luft von Kohlendioxid und Anreicherung mit Sauerstoff geschieht bei Pflanzen im Atmungsprozess durch die Photosynthese. Die Schadstofffilterung sämtlicher Grünstrukturen in der Stadt, ob von Bäumen, Sträuchern oder Moos, hängt hingegen maßgeblich von der Windströmung, der vorhandenen Blattoberfläche und der Porosität der Blattstrukturen ab, d.h. der Fähigkeit von Blättern bei Kontakt mit Feinstaub, diese an sich zu binden. Generell gilt: je größer die Blattoberfläche und Porosität der Blätter, desto weniger Feinstaub. Die Pflanzen für die Dachbegrünung haben sehr unterschiedliche Feinstaubbindungspotenziale, gemessen an der Depositionsgeschwindigkeit. Mit der 30-fachen Oberflächenvergrößerung im Vergleich zur Unterlage weist Moos eine 15-mal höhere Feinstaubbindung als Gräser auf. Obwohl es keine genauen flächenbezogenen Daten dazu gibt, schätzt Köhler (2008, S.428) das Feinstaubbindungspotenzial von Dachbegrünungen höher ein als das von Fassadengrün.

Kletterpflanzen, wie etwa *Hedera helix*, besitzen auf einen Quadratmeter Pflanzenfläche eine Gesamtblattoberfläche von acht Quadratmetern (Ökokauf Wien 2013, S.16). In einer Straßenschlucht mit beidseitiger Begrünung der Fassaden errechneten Pugh et al. (2012) eine 60 prozentige Reduktion der Feinstaub PM_{10} -Konzentration sowie eine 40 prozentige Filterung von Stickstoffdioxid.

Bäume, und besonders jene, die als Straßenbegleitgrün eingesetzt werden, haben einen zweigeteilten Einfluss auf die Luftqualität in der Stadt. Bei Annahme einer moderaten Emissionsrate, so schlussfolgern Pugh et al. (2012), haben Straßen mit Bäumen im Gegensatz zu baumlosen Straßen durch die Ablagerung von Partikeln auf dem Blattwerk (Deposition)

einen positiven Effekt auf die Qualität der Luft. Bereits 1966 wurde von Bernatzky in Frankfurt (am Main) in Straßen mit Bäumen im Gegensatz zu baumlosen Straßen eine dreimal geringere Schmutzpartikelkonzentration gemessen (S.23ff.). Heutige Daten relativieren diese Messung jedoch. Die Filterungsleistung von Feinstäuben PM₁₀ kann laut Thönnessen und Hellack (2005) bei Straßenbäumen zwischen 1 und 20 Prozent betragen. Dennoch können Straßenbäume in den Sommer- und Übergangsmonaten die Durchlüftung in dicht bebauten Stadtvierteln durch ihre Baumkronen hemmen. In einer Messung von Taha et al. (1991) wurde eine Reduzierung der Windgeschwindigkeiten um bis zu 50 Prozent festgestellt. Demnach muss bei schmalen Häuserschluchten zwischen der Effektivität einzelner Begrünungen hinsichtlich der Luftfilterung abgewägt werden.

Die Vorteile von Dach-, Fassaden-, und Straßenbaumbepflanzungen sind laut wissenschaftlicher Studien messbar und wirken bis auf eine Ausnahme sehr positiv auf die Anpassung des Stadtklimas an den Klimawandel.

2.5. Die Bedeutung von „Stadtgrün“ für die Lebensqualität in der Stadt

Bereits 2007 lebten 75 Prozent aller Europäer in urbanen Räumen. Laut Prognose der Vereinten Nationen wird dieser Anteil bis 2050 weiter auf 84 Prozent ansteigen (2008). Dieser Trend ist auch in Berlin und vielen Berliner Bezirken zu verzeichnen. Nach dem Nachkriegsbevölkerungstiefstand im Jahre 1978 von 3'038'689 Einwohnern, leben heute wieder 3'421'829 Menschen in der Hauptstadt (Stand 2013, AfS 2014). Ebenso stieg die Bevölkerung im Bezirk Charlottenburg-Wilmersdorf von 284'257 (1981) um mehr als 6 Prozent auf 302'313 (2013). In einer Bevölkerungsprognose der SenStadtUm in Zusammenarbeit mit dem AfS von 2012 wird für den Bezirk Charlottenburg-Wilmersdorf in der mittleren Variante der Prognose bis zum Jahr 2030 von einem anhaltenden Bevölkerungsanstieg von 6,4 Prozent mit stetig sinkenden Wachstumsraten gerechnet (SenStadt 2012, S.22f.). Mit dem Bevölkerungsanstieg gehen in der Regel eine höhere Flächeninanspruchnahme und Flächenversiegelung einher. Ein Indikator hierfür ist der Anstieg an Wohn-, Industrie- und Verkehrsflächen, welche in Berlin seit der Jahrtausendwende bis 2009 um fast 8 Prozent gestiegen sind (Kabisch und Haase 2011, S.58). Grün- und Freiflächen werden in diesem Prozess unweigerlich verdrängt. Diese Flächen haben jedoch nachweislich einen positiven Einfluss auf die Gesundheit der Menschen.

Laut einer Studie des BMU & BfN (2014) zum Naturbewusstsein steht Natur für 93 Prozent der Bevölkerung in unmittelbarem Zusammenhang mit Gesundheit und Erholung. Obwohl „Stadtgrün“ oder „StadtNatur“ per Definition nicht mit „Natur“ gleichzusetzen ist, so lässt sich doch eine deutliche Befürwortung von Natur in der Stadt daraus ableiten (S.49). Über das empfundene Wohlbefinden hinaus, liefern einige internationale Studien empirische Beweise für eine gesteigerte seelische und körperliche Gesundheit durch die Nähe zu einem natürlichen und grünen Wohnumfeld (De Vries et al. 2003; Wells und Evans 2003). Mit der Entfernung zur nächsten Grünfläche nimmt laut Grahn und Stigsdotter (2003) auch das Stressempfinden von Anwohnern ab. Besonders Kinder profitieren von einer grünen

Umgebung. Weniger Stress und Konflikte in der Schule sind die Folge (Wells und Evans 2000). Allein der Blick ins Grüne erhöht sowohl die Denk- als auch die Aufnahmefähigkeit von Kindern (Wells 2000). Ähnliches kann bei der Zufriedenheit und Konzentration von Büroangestellten festgestellt werden. Arbeitsplätze mit Grünpflanzen, im Gegensatz zu unbegrüntem Büroräumen, steigern die Produktivität von Angestellten um bis zu 15 Prozent (Nieuwenhuis 2014). Das oberste Ziel der Stadtplanung ist laut Senatsverwaltung die Verbesserung der Lebensqualität der Menschen. Die obigen Studien beweisen folgerichtig, dass dies durch mehr Begrünung erreicht werden kann.

2.6. Die Dachbegrünung

Die Begrünung von Dächern ist kein neuer Trend, sie wurde bereits um 900 v.d.Z. im Vorderen Orient praktiziert. Unter anderem waren intensiv genutzte Dachgärten und Dachterrassen bei den Römern nach historischer Überlieferung sehr verbreitet. Die wohl bekanntesten altertümlichen Dachgärten sind die „Hängenden Gärten“ der Semiramis, eines der sieben Weltwunder der Antike (Kleeberg 1985, S.7). Seit neuerer Zeit findet man Anwendungen der Dachbegrünungen in kalten Klimaregionen wie Island und Skandinavien, wo Grasdächer aufgrund ihrer hohen Wärmedämmwirkung angelegt werden. Traditionell sind Grasdächer in Deutschland nur bekannt bei Köhlerhütten, die seit einigen Jahrhunderten als kegelförmige Konstruktionen gebaut wurden und als temporäre Werkstätten oder Unterschlupfe genutzt wurden (Minke 1984). Erst in der Mitte der 70er Jahre verbreiteten sich in Deutschland langsam Dachgärten auf Tiefgaragen, Unterführungen und künstlerischen Vorzeigebauten. Populär wurde diese Nutzung von Dächern durch die Ideen und Ideale von Architekten und Künstlern wie Le Corbusier, Walter Gropius und Friedensreich Hundertwasser. Neben den intensiv genutzten Dachgärten wurden Anfang der 1980er Jahre mehr extensive Begrünungssysteme entworfen, die günstiger herzustellen und aufgrund ihrer wasser- und nährstoffarmen Pflanzen weniger pflegeaufwendig waren. Nach diesem Muster, intensive und extensive Begrünung, lassen sich die vielen verschiedenen

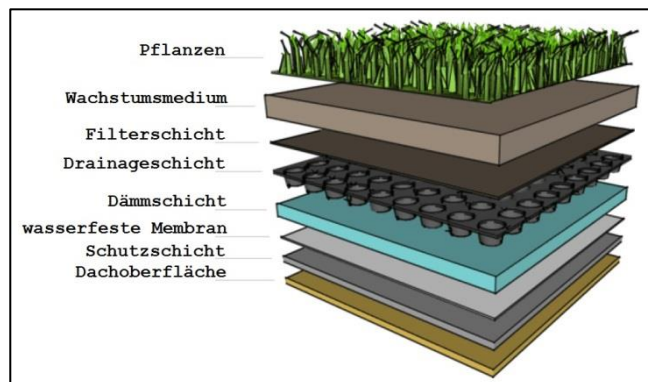


Abbildung 2 - typische "extensive" Dachbegrünung, übersetzt nach Sailor, 2012

Pflanzenszusammenstellungen grob unterscheiden. So findet man bei der extensiven Begrünung hauptsächlich Sedum-, Gräser-, Kräuter- und Moosarten, wohingegen die intensive Begrünung vorwiegend Gräser, Stauden und Gehölze aufweist. Je nach Bestimmung der Dachfläche dienen intensiv begrünte Dächer als zusätzliche Wohnraum- und Erholungsflächen, Produktionsflächen oder Begegnungsstätten, während Dächer mit extensiver Begrünung zum größten Teil nicht genutzt oder vereinzelt zusammen mit Solarflächen aufgebaut werden. Mit unterschiedlichen Ansprüchen an Nutzungsart und Pflanzenszusammenstellung kommen

auch grundverschiedene Anforderungen an die Tragfähigkeit der Dachkonstruktion, den Pflegeaufwand sowie die Kosten.

Nach heutigem Stand der Technik wird die Begrünung durch mehrere Schichten von der Dachoberfläche getrennt. Auf der Dachoberseite werden zunächst ein bis zwei Schutzschichten, eine wasserdichte Membran und Isolationsschicht aufgebracht. Darauf folgt eine Drainageschicht, welche durch eine weitere Filterschicht das darunterliegende Material und besonders das Dach vor Durchwurzelung, Schmutz und Wasser aus der darüber liegenden Substratschicht schützt. Die Pflanzen werden je nach Art und Tragfähigkeit der Dachkonstruktion in eine Substratschicht eingepflanzt, die 8-15cm bei extensiver Begrünung und 20 bis über 80 cm bei intensiver Begrünung dick sein kann (Köhler 2012, S.42). Damit entspricht das Gewicht extensiver Gründächer mit ca. 60 bis 200 kg/m² dem Gewicht eines Kiesdachs. Durch Bäume und mehr Substrat kann das Gewicht der intensiven Begrünung schnell 200 bis 500 kg/m² überschreiten und setzt daher z.B. bei Tiefgaragendächern eine Gesamtflächenlast von bis zu 1 t/m² voraus (S.42). Mit ca. 60€/m² ist die Intensivbegrünung mehr als doppelt so teuer als die Extensivbegrünung (20-30€/m²; FBB 2010a). Weiterhin sollten jedoch die höheren laufenden Kosten für das regelmäßige Wässern, Düngen und den Rückschnitt von Unkraut bei intensiv genutzten Dächern beachtet werden. Eine Liste dieser und weiterer Unterschiede beider Dachbegrünungsarten befinden sich im Anhang 4.

2.7. Die Fassadenbegrünung

Kletterpflanzen finden ebenso wie die Dachgärten bereits in Dokumenten des Altertums wie der Bibel Erwähnung. Besonders vom Weinstock ist bekannt, dass er bereits um 3500 bis 4000 v.d.Z. in Ägypten kultiviert und zu gleicher Zeit als Verzierung an Laubengängen und Häuserwänden fungierte (Kleeberg 1985, S.7). Durch Karl den Großen (742 bis 814 n.d.Z.) verbreiteten sich hierzulande auch Kletterpflanzen in Nutzgärten. In Kloster- und Burggärten des Mittelalters waren Kletterpflanzen schon bald fester Bestandteil der ästhetischen Gestaltung. Auch wenn die Kletterpflanze im 20. Jahrhundert oft als „Bindeglied zwischen Architektur und Natur“ im Bau von Villen und Landhäusern gesehen wurde, so setzten sich mehr und mehr neue Bauformen wie die amerikanische Gartenkunst mit ihren weiten Rasenflächen und monokulturellen Bepflanzungen durch. In Zeiten zunehmender Bodenversiegelung und der Verdrängung von Grünflächen durch Urbanisierung gewann die Begrünung von Fassaden, wie in Berlin seit Anfang der 1980er Jahre, immer mehr an Zuspruch. Nicht nur aus ästhetischen und psychologischen Gründen ist für viele Berliner eine begrünte Fassade interessant, sondern auch wegen der Kosteneinsparungen durch Wärmedämmung und Regenwasserrückhalt und spürbarer klimatischer Effekte auf das umgebende Bioklima (Minke 1985, S.202).

In der Literatur zur Gebäudebegrünung werden Kletterpflanzen nach ihrer Fähigkeit mit oder ohne Kletterhilfe vertikal zu wachsen in **Gerüstkletterpflanzen** und **Selbstklimmer** unterteilt. Zur ersten Kategorie gehören Schlinger (z.B. Blauregen, lat. *Wisteria sinensis*), Ranker (z.B. Echter Wein, lat. *Vitis*) und Spreizklimmer (z.B. Kletter-Hortensie, lat. *Hydrangea petiolaris*).

Zu den Selbstklimmern gehören Wurzelkletterer (z.B. Efeu, lat. *Hedera helix*) sowie Haftscheibenranker wie die Dreispitzige Jungfernrebe (lat. *Parthenocissus tricuspidata*), auch Wilder Wein genannt. Zwei Voraussetzungen, welche die Pflanzenwahl maßgeblich beeinflussen sowie über die Notwendigkeit von zusätzlichen Strukturelementen für die Fassade entscheidet, sind der Fassadentyp, die sich daraus ergebende Traglast und die mögliche Bodenversiegelung vor Fassaden. So kann man erneut zwischen **bodengebundenen** und **fassadengebundenen Begrünungssystemen** unterscheiden (Im Folgenden werden diese als BB- oder FB-Systeme abgekürzt). Wie der Name sagt, zeichnen sich BB-Systeme dadurch aus, dass Kletterpflanzen direkten Kontakt zum Boden vor der Fassade haben. Bei FB-Systemen hingegen werden Kletterpflanzen in Kübeln oder in speziellen Wandmodulen ohne Kontakt zum Boden direkt an die Hausfassade montiert.

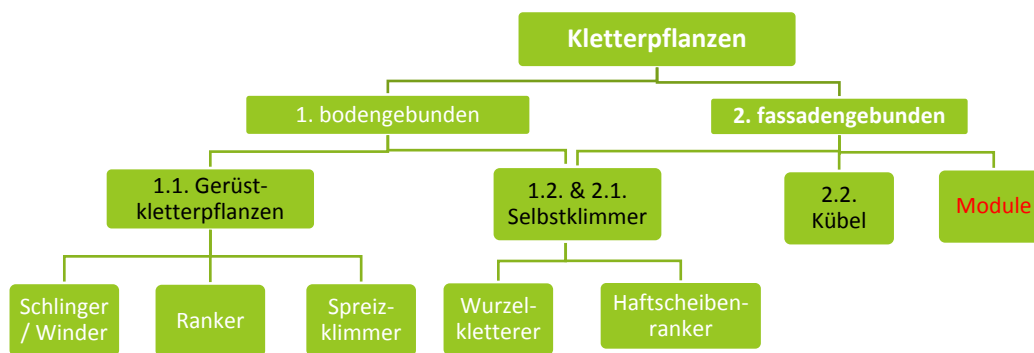


Abbildung 3 - Arten der Fassadenbegrünung (eigene Darstellung)

Weitere Kriterien für die Pflanzenwahl sind der Lichtanspruch (Sonne, Halbschatten oder Schatten), die gewünschte Wüchsigkeit, der damit verbundene Pflegeaufwand und natürlich auch die Ästhetik. Zum Zweck der späteren Analyse werden jedoch lediglich der Versiegelungsgrad vor der Fassade sowie der Fassadentyp als Hauptkriterien einer Fassadenbegrünung herangezogen, um über das mögliche Pflanzmedium (Boden oder Kübel) und zusätzliche Klettervorrichtungen zu entscheiden. Der Vorteil dieser Unterteilung ist, dass diese Kriterien eine erste Abschätzung der Kosten je Einheit pro Quadratmeter erlaubt, was ein Hauptkriterium für die Gebäudeeigentümer im Hinblick auf eine zukünftige Fassadenbegrünung ist. Laut FBB betragen diese je Quadratmeter begrünter Fassadenfläche inklusive Unterhaltung und Pflege 15-35€ (FBB 2010b).

2.8. Straßenbäume

Das bezirkliche Grünflächenamt ist für die Pflege und Unterhaltung aller Bäume verantwortlich, die sich an innerstädtischen Straßen befinden. Nach der Kartierung der Straßenbäume und einem alljährlichen Kontrollgang durch einen Bauminspektor wird über Pflegemaßnahmen, Fällungen und Neupflanzungen entschieden (SenStadtUm 2014b).

Straßenbäume sind in der Stadt – im Vergleich zu anderen Lebensräumen – erhöhten Gefahren ausgesetzt. Nährstoff- und Wassermangel durch versiegelte Böden oder Schäden durch Baumaßnahmen und Autoverkehr wirken sich daher negativ auf die Lebenserwartung von Bäumen aus. Zudem erfordern Leitungsarbeiten, Baumaßnahmen sowie Krankheiten oder altersbedingtes Absterben die Fällung von Bäumen. In der Regel werden gefälltete Bäume durch Neupflanzungen kompensiert, jedoch hängt dies maßgeblich von den verfügbaren Haushaltsmitteln sowie der Verkehrssicherheit und ökologischen Kriterien ab (Homepage Grünflächenamt). Baumspenden und -patenschaften von Bürgern können die anfallenden Kosten nur teilweise decken.

Der Zustand von innerstädtischen Straßenbäumen wurde zuletzt 2010 gemessen. Die Colorinfrarot-Luftbildanalyse ergab, dass rund 60 Prozent aller Straßenbäume Kronenschäden aufweisen. Insbesondere sind davon Bäume über 15 Jahren sowie einige spezielle Baumarten betroffen. So kann bereits seit Ende der 1980er Jahre ein deutlicher Zuwachs von Schadeinwirkungen bei Platanen und Rosskastanien festgestellt werden. Das bedeutet eine Verschlechterung des Zustands von Straßenbäumen gegenüber 2005 (SenStadtUm 2015). Während die Ursachen für die gesunkene Vitalität in der Analyse nicht herausgestellt werden konnten, weisen immer mehr Studien auf den wachsenden Einfluss des Klimawandels als kritischen Faktor.

Um Straßenbäume im Zuge des Klimawandels anzupassen, können von vornherein Baumarten für Neupflanzungen berücksichtigt werden, welche den harschen Standortbedingungen des zukünftigen Stadtklimas Berlin gewachsen sind. Der StEP Klima nimmt hier Bezug auf die Studien von Andreas Roloff (2010, 2013), der 230 heimische Gehölze nach ihrer Trockenstresstoleranz und Winterhärte evaluierte. Nur 9 Baumarten mit einer Wuchshöhe über 10 Metern wurden für beide Voraussetzungen als ‚sehr geeignet‘ kategorisiert:

Tabelle 1 - Trockenstresstolerante und frostresistente heimische Gehölze (Roloff 2010)

Deutscher Name	Botanischer Name
1. Feld-Ahorn	<i>Acer campestre L. subsp. campestre</i>
2. Grau-Erle	<i>Alnus incana (L.) Moench</i>
3. Sand-Birke	<i>Betula pendula Roth</i>
4. Gewöhnlicher Wacholder	<i>Juniperus communis L. subso. communis</i>
5. Wald-Kiefer	<i>Pinus sylvestris L. var. sylvestris</i>
6. Vogel-Kirsche	<i>Prunus avium (L.) L. var. avium</i>
7. Echte Mehlbeere	<i>Sorbus aria (L.) Crantz</i>
8. Badische Mehlbeere	<i>Sorbus badensis Düll.</i>
9. Thüringer Mehlbeere	<i>Sorbus x thuringiaca (Ilse) Fritsch</i>

Für zwei dieser neun Baumarten werden in der späteren Analyse die Klimaschutzpotenziale ausgerechnet. Das Mittel dieser Werte wird modellhaft für die möglichen Baumneupflanzungen verallgemeinert.

2.9. Der Klausenerplatz-Kiez

Der Klausenerplatz-Kiez wurde als geschlossenes Wohnquartier für Arbeiter, Beamte und Angestellte zwischen 1880 und 1918 im Berliner Bezirk Charlottenburg-Wilmersdorf erbaut. Das Altbauquartier wird im Norden durch den Spandauer Damm, im Osten durch die Schloßstraße, im Süden durch den Kaiserdamm sowie im Westen durch die Sophie-Charlotten-Straße begrenzt. Wenn im Folgenden vom Klausenerplatz-Kiez die Rede ist, wird damit dieses in 19 Böcken unterteilte Untersuchungsgebiet gemeint. Eine Übersichtskarte sowie detaillierte Blockgrundrisspläne können den Anhängen 1 und 5 entnommen werden.



Abbildung 4 - Lage und Karte des Klausenerplatz-Kiezes (Land Berlin 2011)

Jegliche Angaben zum Sanierungsstand im Kiez nehmen Bezug auf das ehemalige Sanierungsgebiet Klausenerplatz, auch „Nordkiez“ genannt, welches auf südlicher Seite durch die Knobelsdorffstraße begrenzt wird. Das Einwohnermelderegister des Amtes für Statistik Berlin-Brandenburg arbeitet außerdem mit sogenannten „Lebensweltlich orientierten Planungsräumen“ (LOP). Der LOP Klausenerplatz umfasst demnach den Klausenerplatz-Kiez zuzüglich der Wohnblöcke westlich der Sophie-Charlotten-Straße. Angaben zur Einwohnerzahl beziehen sich somit auf den LOP Klausenerplatz.

2.9.1. Bau- und Sozialgeschichte

„Stell den Blumentopf ins Fenster – ick will ins Grüne gucken“. So beschrieb der Maler und Fotograf Heinrich Zille als Anwohner im Klausenerplatz-Kiez die Sehnsucht nach dem fehlenden städtischen Grün.

Vom zweiten Weltkrieg hat das Gebiet bis auf wenige zerbombte Gebäude in der Garde-du-Corpes-Straße sowie am Spandauer Damm kaum Schaden genommen. Jedoch hat es während des Wiederaufbaus bis Anfang der 60er Jahre kaum Investitionen in den Erhalt, geschweige denn die Verbesserung der Bausubstanz gegeben. Eine städtebauliche Untersuchung von 1965 führte zutage, dass 70 Prozent der Wohnungen nur über eine Außentoilette und nur acht Prozent über ein Bad verfügen. Aufgrund des schlechten

Zustands der Häuser wurde das Quartier oberhalb der Knobelsdorffstraße, „Nordkiez“ genannt, 1963 vom Berliner Senat als Sanierungsgebiet ausgewiesen. Es beginnt eine wechselvolle Bau- und Sozialgeschichte, die den Kiez bis heute prägt (Kiezbündnis Klausenerplatz e.V. 2012).

Geplant war eine Kahlschlagsanierung, also der Abriss von Gründerzeitgebäuden und Stadterneuerung ähnlich wie der in den Arbeiterwohnquartieren von Wedding, Neukölln und Kreuzberg. Die Zeichen für einen Kahlschlag standen jedoch schlecht. Im Zusammenhang mit dem Wiederaufbau des Schlosses Charlottenburg sollte die historische Blockrandbebauung im Quartier erhalten bleiben. Durch den Abriss preiswerter Wohnungen und Verzögerungen in der Fertigstellung teurerer Unterkünfte kam es zu Siedlungsdruck. Zwischen 1961 und 1986 verlassen von den ehemals 15.410 Anwohnern mehr als ein Drittel die Gegend. In der Zwischenzeit steigt die Zahl der nicht-deutschen Einwohner im Viertel von 4 Prozent (1967) auf 17,5 Prozent (1973). Die schlechte wirtschaftliche Lage sorgte unterdessen für weniger Steuereinnahmen und auch die Sanierungspolitik der Stadt mit ihren Kahlschlägen und Mieterhöhungen traf zunehmend auf aktive Bürgerproteste. Eine kostengünstige und beteiligende Alternative musste her. 1972 wurde Hardt-Waltherr Hämer als Gutachter für die Sanierung am Klausenerplatz bestellt. Hier praktizierte der Architekt und Hochschulprofessor in Zusammenarbeit mit der 1973 neu gegründeten ersten Berliner Mieterinitiative eine „behutsame Stadterneuerung“ (ibid S.8). Sowohl Mieterinteressen als auch Aspekte des Denkmalschutzes fanden Berücksichtigung in der Sanierungsplanung. Vorderhäuser wurden erhalten, Blockinnenbereiche entkernt und das soziale Gefüge intakt gehalten, indem Mieter ihre Wohnungen behalten konnten oder ihre Wohnung nach Abschluss der Sanierungsarbeiten zurückbekamen. Nach aktuellen Angaben der argus GmbH, welche seit 1981 für die Sanierung zuständig war, sind etwa 80 Prozent aller Wohnungen Altbau sowie 20 Prozent älterer bzw. neuer Sozialer Wohnungsbau. Von den Altbauwohnungen wurden 61 Prozent in öffentlichen Förderprogrammen modernisiert, 8 Prozent ohne Zuschüsse modernisiert, 13 lediglich instandgesetzt und etwa 18 Prozent sind während der Gebietsfestlegung nicht erneuert worden (Bernd Maier 2014). Nachdem die Sanierung formal 1995 abgeschlossen war, gründete sich 1999 aus Anwohnern und Gewerbetreibenden das Kiezbündnis Klausenerplatz e.V., um das Wohngebiet aktiv mit zu gestalten. Heute werden von den 251 Gebäuden mit etwa 4.560 Wohnungen im Nordkiez 131, knapp 52 Prozent, von der GEWOBA Wohnungsbau-Aktiengesellschaft Berlin verwaltet.

2.9.2. Bevölkerung, Demografie und Wohnumfeld

Die Bevölkerungszahlen im Klausenerplatz-Kiez stiegen innerhalb der letzten 5 Jahre, wie auch im gesamten Berliner Kontext, um 5 Prozent (AfS 2014). Ende 2013 waren 10.300 Menschen mit Erstwohnsitz im LOP Klausenerplatz registriert. Laut Einwohnermelderegister sind 46 Prozent davon Migranten oder Deutsche mit Migrationshintergrund, ein Alleinstellungsmerkmal für den Kiez im Vergleich zu Berlin (26 Prozent) und dem Bezirk Charlottenburg-Wilmersdorf (37 Prozent) (ibid.). Während einige Innenhöfe bereits begrünt sind (Seeling-, Nehring-, Schloss- und Neue Christstraße), könnte es aus Sicht der Anwohner

„noch grüner sein“ (Land Berlin 2011, S.12). Neben den Grünflächen am Klausenerplatz sowie am Sophie-Charlotte-Platz, welche vom Grünflächenamt unterhalten werden, engagierten sich Bewohner in der AG Wohnumfeld des Kiezbündnisses für den Bau und die Pflege von kleineren Grünflächen und grünen Blumenkästen am Kläre-Bloch-Platz sowie der Neuen Christstraße. Die Verkehrs AG setzte sich unterdessen für die Verkehrsberuhigung in der Knobelsdorffstraße ein.

2.9.3. Der „Ökokiez 2020“ und das integrierte kommunale Klimaschutzkonzept für den Klausenerplatz-Kiez (IKKK)

Der Klausenerplatz-Kiez zeichnet sich seit Jahren durch ein hohes Engagement der Anwohnerschaft für den Klimaschutz aus. Auf einer Kiezkonferenz im Sommer 2008, veranstaltet durch das Kiezbündnis Klausenerplatz e.V., bekundeten die Bewohner des Viertels ihr Interesse an mehr energie-, umwelt-, und verkehrspolitischen Themen. Infolgedessen entstand das Modellprojekt „Ökokiez 2020“. Ziel dieses Projekts ist es unter anderem die energieeffiziente und dezentrale Energieversorgung zu fördern, die energieeffiziente Gebäudesanierung voranzubringen, Energiesparberatungen anzubieten und den Verkehr im Kiez zu reduzieren. Als erster Schritt zur Umsetzung des Modellprojekts konnte das Bezirksamt Charlottenburg-Wilmersdorf als Projektträger gewonnen werden. Im Anschluss wurde die Beratungs- und Servicegesellschaft Umwelt mbH (B.&S.U.) mit der Erstellung eines integrierten kommunalen Klimaschutzkonzeptes für den Klausenerplatz (IKKK) dank entsprechender Fördermittel des Bundesministeriums für Umwelt (BMU) beauftragt.

Die B.&S.U. erstellte eine erste Energie- und CO₂-Bilanz des Kiezes, identifizierte dabei die Treibhausgasemissionen nach Energieträgern und Sektoren, und entwarf einen Maßnahmenkatalog. Letzteres enthält 42 Vorschläge, wie unter verschiedenen Entwicklungsszenarien die ambitionierten Klimasziele der Bundesregierung auf kommunaler Ebene realisiert werden können. Aufgrund der geringen wirtschaftlichen Infrastruktur, d.h. wenig Gewerbe und keine Industrie, sind die Haushalte mit 62 und der Verkehr mit 30 Prozent des Energieverbrauchs die Hauptverursacher von CO₂-Emissionen im Kiez (Land Berlin, 2011). Folglich stehen die Gebäudesanierung, der Ausbau der Erneuerbaren Energien und Energieeinsparungsmaßnahmen im Mittelpunkt des IKKK. 2009 lagen die Pro-Kopf-Emissionen aus Haushalten, Wirtschaft, Verkehr und kommunale Gebäude bei **4,29 tCO₂/a** (ohne Konsum und Ernährung). Die B.&S.U. riet von einem Vergleich der Pro-Kopf-Emissionen zu Berlin ab, da die meist relevanten Stromverbräuche aus dem Industriesektor fehlen. Die Gesamtemissionen beliefen sich in 2009 auf **38.841 tCO₂** und sind damit vergleichbar mit den Emissionen der beiden Vorjahre. Nach Ziel der Bundesregierung 40 Prozent weniger Treibhausgase gegenüber 1990 zu emittieren, müssten demnach etwa 10.000 tCO₂ durch die ausgeschriebenen Maßnahmen eingespart oder gespeichert werden (*ibid*, S.51).

Insbesondere eine Maßnahme mit „hoher Priorität“ betrifft den „Erhalt und Ausbau [des Kiezgrüns] mit bürgerschaftlichem Engagement“ (Land Berlin 2011, S.125). In den

Ausführungen des IKKK wird bereits darauf hingewiesen, dass der Klausenerplatz-Kiez eine stärkere Begrünung im Gesamtberliner Vergleich aufweist. Dennoch sollen Kühlungseffekte erzielt und CO₂ durch Biomasse gebunden werden. Verwiesen wird auf die Möglichkeiten der Begrünung von Gebäudefassaden und –dächern, die Reaktivierung von Baumscheiben und Wiederherstellung ehemaliger Vorgärten. In diesem Prozess sollen Bürger und Naturschutzverbände, wie der BUND, NABU, die Grüne Liga oder das Ökowerk Unterstützung leisten. Während die Priorität dieser Maßnahme von der Steuerungsgruppe des IKKK als „hoch“ eingestuft wurde, werden weder lokalspezifischen CO₂-Minderungspotenziale noch genaue wissenschaftlich fundierte Handlungsempfehlungen ausgeschrieben. Diese Arbeit soll das ändern.

3. Methodik und Forschungsdesign

3.1. Allgemein

Die Ausschreibung von Empfehlungen für das Klimaschutzmanagement bedarf der Anwendung und Verwendung verschiedener Methoden und Quellen, welche die Wissenschaftlichkeit der gewonnenen Ergebnisse garantieren und Ableitungen daraus für den kommunalen Klimaschutz erlauben (vgl. Abbildung 1).



Abbildung 5 - Forschungsdesign (Eigene Darstellung)

3.2. Literaturrecherche und Interviews

Zur Vorbereitung der Datenerhebung, Kartierung und Potenzialanalyse wurden Experteninterviews durchgeführt und Fachliteratur recherchiert. Dies ermöglichte:

1. die Erstellung eines Kriterienkatalog für die Auswahl von potenziellen Dach- und Fassadenflächen;
2. die Wahl einer konsequenten Methodik zur Flächenberechnung; und
3. die Berechnung der flächenbezogenen Kohlenstoffbindung verschiedener Begrünungsarten (Dachgrün, Fassadengrün, Straßenbäume).

Tabelle 2 - Interview- & Korrespondenzpartner

Tätigkeitsbereich	
Christian Bade	AG Wohnumfeld (Kiezbündnis Klausenerplatz e.V.)
Tobias Cremer	Dipl. Forstwirtschaft und 1. Betreuer der Masterarbeit (HNEE)
Christian Hönig	Fachreferent für Baumschutz (BUND Berlin e.V.)
Manfred Köhler	Prof. Landschaftsarchitektur/ Ökologie (Hochschule Neubrandenburg), Präsident World Green Infrastructure Network
Herbert Lohner	Referent für Naturschutz (BUND Berlin e.V.)
Bernd Maier	Argus GmbH

Jan-Peter Mund	Prof. GIS und Remote Sensing (HNEE)
Corine Nitzsche	freiberufliche Dipl. Geografin (Kartenerstellung aus Datenbeständen)
Birger Prüter	Dipl. Umwelttechniker (Klimaschutzmanager Klausenerplatz-Kiez), 2. Betreuer der Masterarbeit
Peter Thiele	Dipl. Bauingenieur & Sachverständiger
Ulrich Weber	Bundesfreiwilligendienstler (Klimaschutzmanagement Klausenerplatz-Kiez)

3.3. Datenerhebung und Kartierung

Zunächst dienten öffentlich zugängliche Luftbilder vom 30.03.2014 aus dem Geodatenkatalog der Senatsverwaltung für Stadtentwicklung mit einer Bildauflösung von 0,20m für eine erste Observierung der im Kiez vorherrschenden Dachstrukturen. Diese wurden mit den 3D-Kartendaten der GeoBasis-DE/BKG von 2014 via Google Earth verglichen und lieferten einerseits erste gebäudespezifische Hinweise bezüglich des Dachtypes und der möglichen Dachneigung, und andererseits Bestätigung über den Bestand an vorhandener Dachbegrünung.

Zwischen dem 03. November und 12. Dezember 2014 wurden an 12 Begehungsterminen mit Hilfe visueller Begutachtung und Laservermessung folgende Daten erhoben:

Tabelle 3 - Auflistung der erhobenen Daten nach Vermessungsmethodik (Eigene Angaben)

Betreff	Messinstrument	Erhobene Daten
Gebäudehöhe	Lasermessgerät	Ermittlung von Durchschnittswerten der Gebäudetraufhöhen von 41 Gebäuden in Bezug auf deren Stockwerksangaben
Fensterfläche	Lasermessgerät	Ermittlung der Fensterfläche anteilig an der Fassadenfläche 10 zufällig gewählter Gebäude
Dachbegrünung (potenzielle Flächen)	Visuelle Begutachtung	Bestätigung/ Widerruf der Hinweise zur Dachneigung einzelner Gebäude aus der Luftbildanalyse
Dachbegrünung (Bestand)	Visuelle Begutachtung	Bestätigung/ Widerruf der Hinweise zur Dachbegrünung aus der Luftbildanalyse
Fassadenbegrünung (potenzielle Flächen)	Visuelle Begutachtung	Klassifizierung von Fassadentypen und potenziellen Begrünungsarten
Fassadenbegrünung (Bestand)	Visuelle Begutachtung	Ermittlung des Begrünungsgrades und Art der Begrünung
Straßenbäume (potenzielle Neupflanzungen)	Visuelle Begutachtung	Bestätigung vorgeschlagener und Identifizierung neuer Baumstandorte

Während der Datenerhebung im Kiez wurden die Ergebnisse auf 17 Blockgrundrissplänen des bezirklichen Stadtplanungsamtes im Maßstab 1:600 beziehungsweise 1:650 handschriftlich dokumentiert. Im Anschluss wurden die erhobenen Daten den bezirklichen Gebäudedaten zugeordnet, welche mir vom Umweltamt Charlottenburg zur Verfügung gestellt wurden. Die Grundflächenberechnungen des Bezirksamtes werden nach dem Regionalen Bezugssystem aufgeschlüsselt, welches sämtliche 512 Gebäude und Gebäudeteile einem Block, einer Straße, einer Hausnummer sowie einem Zusatz im Untersuchungsgebiet zuordnet. So konnten die erhobenen Daten zu Dachform, Begrünungsart (und Begrünungsgrad) begrünter bzw. potenzieller Dach- und Fassadenflächen direkt zur elektronischen Weiternutzung für das Umweltamt Charlottenburg dokumentiert werden.

Die Erhebung flächenbezogener Daten musste ausschließlich für die Dach- und Fassadenbegrünung unternommen werden. Die Identifizierung von Standorten für Straßenbäume wurde nach Mengenangaben definiert und bedurfte keiner flächenbezogenen Betrachtung in der Klimaschutzpotenzialanalyse.

3.4. Dachbegrünung

3.4.1. Kriterien für die Flächenberechnung und Klassifizierung

Das Ziel der Analyse ist die Quantifizierung bereits begrünter sowie potenziell begrünbarer Dachflächen im Untersuchungsgebiet. Während der Bestand an Dachbegrünung mittels Luftbildauswertung und visueller Begutachtung ermittelt werden kann, bedarf es bei der Auswahl potenziell begrünbarer Dächer einer auf die Größe des Untersuchungsgebiets angepasster Vorgehensweise. Neben den Dachabdichtungsnormen (DIN 18531 und DIN 18195), liefert die FLL-Dachbegrünungsrichtlinie von 2008 Auswahl- bzw. Ausschlusskriterien für die Begrünung bereits abgedichteter Dächer. Im Einzelfall werden (1) die Dachneigung (von 0 bis 45°); (2) die Dachkonstruktion (Kalt-, Warm- oder Umkehrdach); (3) die zusätzliche Flächenlast; und (4) die Dachwärmedämmung (mit oder ohne) betrachtet, um die Möglichkeit einer Dachbegrünung zu beurteilen (FLL 2008). Die letzten drei Kriterien können ohne weitere Informationen der Einzelgebäude zur Statik und Materialbeschaffenheit des Daches weder visuell vor Ort noch durch Luftbildauswertung beurteilt werden. Dennoch haben sowohl Unterschiede in der Dachkonstruktion als auch eine mögliche Dachwärmedämmung lediglich Auswirkungen auf die Wahl der Begrünungsart, nicht aber den Ausschluss von Dächern als potenzielle Begrünungsfläche zur Folge. Die Dachneigung hingegen kann mitunter sehr akkurat während der Begehung eingeschätzt werden und dient somit als Hauptausschlusskriterium für die Dachbegrünung. Somit muss zugunsten einer Betrachtung auf Blockebene die Annahme getroffen werden, dass die Flächenlast als unbekannte Variable keinen statistisch signifikanten Einfluss auf die Analyse hat.

Dächer werden anhand ihrer Dachneigungen klassifiziert in 0°-Dächer, Flachdächer mit Gefälle (2 bis 5°), leicht geneigte Dächer (5 bis 10°), Schrägdächer (10 bis 20°) und Steildächer (20° bis 35°, in Ausnahmefällen auch bis maximal 45°) (Köhler 2012). Aufgrund

fehlender Kapazitäten zur genauen Bestimmung gebäudespezifischer Dachneigungsgrade, wird für die Flächenberechnung eine Unterteilung in Flachdächer (0 bis 2°), Teil-flachdächer (2 bis 10°), Schrägdächer (10 bis 45°) und Steildächer (10 bis 45°) vorgenommen. Dachneigungen über 15° hinaus sind nach Auffassung von Experten der Fachvereinigung für Bauwerksbegrünung e.V. (2010) bereits mit größeren Problemen und Kosten verbunden, wie z.B. zusätzlichen konstruktiven Maßnahmen zur Schubsicherung und Absturzsicherung. Obwohl eine Begrünung bei Steildächern mit einer Neigung zwischen 45 und 90° durch spezielle Fachfirmen technisch möglich ist, werden diese aufgrund der kostenintensiven und somit unwahrscheinlichen Begrünung von der Analyse ausgeschlossen. Zudem wurden die Erfahrungen aus einer vorangegangenen vergleichbaren Studie von 1987 in Berlin-Moabit miteinbezogen, welche Dächer mit Neigungen über 45° für potenzielle Dachbegrünungen ebenso als ungeeignet klassifizierten (Bartfelder und Köhler 1987, S.20).

Die Grundlage für die anschließende Berechnung der Dachflächen bilden die Angaben zu den Gebäudegrundrissen in m² aus den bezirklichen Grundrissplänen. Es ist daher anzunehmen, dass die Gebäudefläche der potenziell begrünbaren Dachfläche grundsätzlich entspricht. Somit werden Variablen, wie der Dachüberstand an den Traufen und Giebeln, die zu einer größeren Dachfläche führen würden, sowie freizuhaltende Funktionswege und Sicherheitsabstände, die zu einer kleineren Dachfläche führen würden, aus der Analyse aus, wengleich diese den Wert für die Dachflächen wahrheitsgemäßer beschreiben würden. Da bei den einbezogenen Dachneigungen von bis zu 45° die potenzielle Begrünungsfläche um maximal 41 Prozent im Vergleich zur Grundfläche steigt, werden für die jeweiligen Dachneigungsklassen mittels Faktoren ($F_2 < 1$ Prozent; $F_{10} = 1,54$ Prozent; $F_{45} = 41,42$ Prozent) Mindest- und Maximalwerte ausgerechnet.

Eine weitere Ausnahme in der Flächenberechnung wird durch das „Berliner Dach“ formuliert, welche die Ergebnisse ohne eine genaue Flächenbetrachtung verfälschen würde. Mit fast 28 Prozent besitzt die Mehrheit aller Gebäude im Untersuchungsgebiet diese asymmetrische Dachform, welche in der Dachmitte eine geringe Neigung von bis zu 10° aufweist, jedoch dem Betrachter zu Straßenseite – in manchen Fällen zusätzlich auch zur Hofseite – durch eine Steilabschrägung eine Satteldachform vortäuscht. Das Berliner Dach, im Folgenden auch als Teil-flachdach bezeichnet, kann aufgrund seiner verschiedenen Dachneigungen nur in der Dachmitte, nicht aber an den Steilabschrägungen begrünt werden. Mit einer Berechnung der potenziell begrünbaren Fläche in Beziehung zur Grundfläche wird anhand von 10 randomisierten Berliner Dächern ein Faktor errechnet mit welchem anhand der Grundfläche auf die potenziell begrünbare Fläche annähernd wahrheitsgemäß geschlossen werden kann. Die Beispieldächer variierten zwischen einem Flachdachanteil von 40 Prozent bis 68 Prozent. Es



Abbildung 6 - typisches "Berliner Dach" im Klausenerplatz-Kiez, Quelle: Google Earth, 2014

konnte festgestellt werden, dass das Berliner Dach im Durchschnitt einen potenziell begrünbaren Anteil von 55,15 Prozent besitzt ($X_{BD} = 0,5515$).

Tabelle 4 - Berechnungsgrundlage für Dachtypen nach Neigungsgrad (eigene Berechnungen)

Dachtyp (nach Dachneigung)	Neigungsgrad	Berechnung
1. Flachdach	0 – 2°	Min.: $GF = DF$ Max.: $GF + (GF * F_2)$
2. Teil-Flachdach (Berliner Dach)	2 – 10°	Min.: $X_{BD} (GF + (GF * F_2))$ Max.: $X_{BD} (GF + (GF * F_{10}))$
3. Steildach	10 – 45°	Min.: $GF + (GF * F_{10} 1,54)$ Max.: $GF + (GF * F_{45} 41,42)$
4. Steildach	> 45°	Min.: $GF + (GF * F_{45} 41,42)$

3.5. Fassadenbegrünung

3.5.1. Kriterien für die Flächenberechnung und Klassifizierung

Um den Bestand an Fassadengrün zu dokumentieren wurden die gleiche Klassifizierung von Begrünungsarten und die gleiche Vorgehensweise gewählt wie bei der Ermittlung potenzieller Fassadenflächen. Da jede begrünte Fassade in verschiedenem Ausmaß begrünt ist, musste eine Vorgehensweise gewählt werden, wonach sich diese Ausbreitung des Fassadengrüns mittels visueller Begutachtung im Rahmen der Möglichkeiten klassifizieren lässt. Gewählt wurde eine Klassifizierung von einem bis 5 Grad(en) der Begrünung, nach denen die sichtbare Begrünung in Schritten von 20 Prozent zwischen 20 und 100 prozentiger Begrünung eingestuft wird. So kann die vorhandene Begrünung in Quadratmetern bzw. Hektar mit einer Genauigkeit von ± 10 Prozent bestimmt werden.

Für die Erstellung bezirklicher Planungskarten wurden in Zusammenarbeit mit der Dipl. Geografin Corine Nitzsche Symbole zur Unterscheidung der 4 Fassadenbegrünungsarten entwickelt, die anhand einer Farbskala die Grade der Begrünung oder die Verfügbarkeit als potenzielle Fläche kennzeichnen.

Wie bei der Dachbegrünung ist das Ziel der Analyse den Bestand an vorhandener Fassadenbegrünung zu dokumentieren sowie die potenziell zu begrünenden Fassadenflächen zu kartieren.

Da die Entscheidung zur Begrünung von Gebäudefassaden dem Hauseigentümer obliegt, zählt diese Art der Begrünung nicht zu den öffentlichen Grünflächen, welche vom Grünflächenamt kartiert und unterhalten werden. Für das Klimaschutzmanagement gewinnt die Fassadenbegrünung jedoch an Bedeutung, besonders im dicht besiedelten Altbauquartier, wo wohnungsnaher Grünflächen knapp sind. Aus diesem Grund wird für eine

erste Bestandsaufnahme eine Kartierungsmethodik entwickelt, welche in einfacher und eindeutiger Form Aufschluss über die Begrünungsart und das Ausmaß vorhandenen Fassadengrüns liefert, wie auch die Standorteignung, potenzielle Fassadenfläche und Kosten berücksichtigt.

„Grundsätzlich kann jede intakte Fassade begrünt werden“, meint Prof. Dr. Manfred Köhler von der Hochschule Neubrandenburg (2014). Der Landschaftsarchitekt und Ökologe ist Mitbegründer des World Green Infrastructure Network und versichert auf dem 7. FBB-Fassadensymposium, dass die Begrünung von Fassaden lediglich eine Frage der Kosten, des Pflegeaufwands und auch der Akzeptanz sind (Köhler 2014). Die Ausnahme bilden Gebäudehüllen mit bestehenden Schäden. Bei Rissen, Abplatzungen, Aussandungen und Ablösen des Anstrichs wird von einer Begrünung ohne vorherige Reparatur abgeraten (Ökokauf Wien 2013).

Es gibt zwei Voraussetzungen, welche die Planung der Fassadenbegrünung maßgeblich beeinflussen, 1) der (/die) Fassadentyp(en) des Gebäudes, und 2) ob der Boden vor der Fassade versiegelt ist. Bei einer Flächenversiegelung vor der Fassade, wird eine fassadengebundene Begrünung aus Pflanzkübeln, Pflanztrögen oder modularen Fassadensystemen mit vertikal montierten Kleinboxen empfohlen. Diese Option kann gegenüber einer bodengebundenen Begrünung mitunter bautechnisch sehr herausfordernd, sehr teuer und pflegeintensiv sein. Die bodengebundene Begrünung hingegen ist baurechtlich meist unproblematisch, deutlich günstiger und erfordert weniger Pflege (Köhler 2012).

Als weiteres Planungserfordernis setzt die Bauweise der Fassade voraus, ob eine, und wenn ja, welche Art der Kletterhilfe die Pflanzen zum Schutz der Fassade benötigen. Eine zusätzliche Kletterhilfe ist ein nicht zu missachtender Kostenfaktor. Zur Eingrenzung werden in dieser Analyse ausschließlich drei Fassadentypen beschrieben, die der Bauweise anderer Fassaden in den Grundzügen entsprechen und hauptsächlich im Untersuchungsgebiet vorkommen. Sowohl vorgehängte hinterlüftete Fassaden als auch Außenwand-Wärmedämm- Verbundsysteme benötigen zusätzliche Konstruktionen zur Rank- und Kletterhilfe von Pflanzen aufgrund der Freihaltung der Luftschächte (im Falle von VHF) oder fehlender Vertikaltraglasten (bei WVDS). An Massivwänden, wie etwa Mauerwerksverbände oder Betonwände mit geschlossenen Fugen, kann auf Kletterhilfen verzichtet werden. So erhält man für die Unterscheidung von potenzieller Fassadenbegrünung vier Kategorien:

bodengebundene Begrünung ohne Kletterhilfe	bodengebundene Begrünung mit Kletterhilfe
fassadengebundene Begrünung ohne Kletterhilfe	fassadengebundene Begrünung mit Kletterhilfe

Da eine Einzelbetrachtung der 512 Gebäude bzw. Gebäudeteile aus Kapazitätsgründen nicht möglich ist, muss die Flächenberechnung für potenzielle Begrünungsflächen und den

Bestand von vorhandener Fassadenbegrünung für den Klausenerplatz-Kiez angepasst werden. Um potenziell begrünbare Fassadenflächen (A_{FBpot}) zu berechnen benötigt man Angaben zur Fassadenlänge ($L_{Fassade}$), Höhe vom Gebäudesockel bis zur Dachtraufe bzw. des Dachgiebels (h_{Traufe}), sowie die entfallende Fläche aufgrund von Fenstern ($A_{Fenster} = n_{Fenster}(L_{Fenster} * h_{Fenster})$). Gebäudevorsprünge wie etwa Balkone, insofern als dass diese nicht konform mit der gesamten vertikalen Falllinie der Fassade verlaufen, finden keine Berücksichtigung in der Vermessung der Gebäudelänge.

Tabelle 5 - Durchschnittliche Gebäudetraufhöhen je Stockwerkszahl, Klausenerplatz-Kiez

Stockwerkszahl	Traufhöhe (in m)
I	3,55
II	6,57
III	9,77
IV	13,24
V	18,75
VI	19,66
VII	21,42

Die Kartendaten der SenStadtUm liefern Angaben zu Gebäude- und Vegetationshöhen. Jedoch sind die Messkategorien in Einheiten von bis zu 10 Metern sehr ungenau für die Berechnung von Fassadenflächen. Alternativ gehen aus den bezirklichen Grundrissplänen gebäudespezifische Angaben zur Grundfläche und Stockwerksanzahl hervor. Laut Vermessungsamt Charlottenburg unterliegen den Stockwerkszahlen jedoch keine realen Messwerte zur Gebäudehöhe. Aus diesem Grund werden spezielle Messdaten für das Untersuchungsgebiet mittels eines DISTO Classic Hand Lasermeters der Leica Geosystems AG ermittelt. Zunächst wurden für jede Stockwerkszahl (von „I“ bis „VII“) – insofern möglich – 10 Gebäude zufällig ausgewählt an denen Laservermessungen der Gebäudetraufhöhen vorgenommen wurden. Aus diesen 10 Messungen ergab sich für jede Stockwerkszahl ein realer Durchschnittswert, der für alle Gebäude im Untersuchungsgebiet generalisiert wurde, siehe Tabelle 5 und Abbildung 7.



Abbildung 7 - Ausschnitt aus den ALK Berlin (SenStadtUm 2014c; Nitzsche 2014)

So konnte eine vorläufige Fassadenfläche aus Gebäudelänge und zugehöriger Traufhöhe gebildet werden. Im Anschluss wurden für 10 zufällig gewählte Gebäude die Anteile der Fensterfläche an

der Fassadenfläche erhoben, aus welchen ein Durchschnittswert für sämtliche im Kiez befindlichen Fassaden errechnet wurde. Fensterlose Giebelwände wurden im Einzelnen nicht differenziert und unterliegen somit der gleichen Berechnungsgrundlage wie alle Fassaden. Die Berechnung der potenziell begrünbaren Fassadenfläche erfolgte nach der Formel:

$$A_{FBpot} = (L_{Fassade} * h_{Traufe}) - n_{Fenster}(L_{Fenster} * h_{Fenster})$$

3.6. Straßenbäume

3.6.1. Bestandsanalyse und Identifizierung von möglichen Baumstandorten

Der Bestand an Straßenbäumen ist dem bezirklichen Grünflächenamt bereits bekannt. Bestandsbäume wurden im Zuge ihrer Pflanzung nummeriert, kartiert und werden jährlich inspiziert und gepflegt. Daher ist keine weitere Dokumentation des Baumbestandes im Rahmen dieser Arbeit notwendig. Wie viele Straßenbäume theoretisch neu gepflanzt werden könnten, wurde im Sommer 2014 durch Dierck Müller und Christian Bade der AG Wohnumfeld des Kiezbündnisses Klausenerplatz e.V. eingeschätzt. Dazu wurden leere Baumscheiben und fehlende sowie abgestorbene Bäume im gesamten Klausenerplatz-Kiez dokumentiert. Während zweier Begehungstermine im Dezember 2014 und Januar 2015 wurde die Liste des Kiezbündnisses auf Richtigkeit überprüft. Einige bisher identifizierte Bäume mussten aus der Liste entfernt werden, da sie nicht innerhalb der Kiezzgrenzen lagen. Vereinzelt konnten jedoch auch neue Baumstandorte identifiziert werden, die durch Entsiegelung im Fußgängerbereich erschlossen werden können.

3.7. Klimaschutzpotenzialanalyse

Eine Analyse zur Ermittlung der flächenbezogenen Kohlenstoffbindungskapazitäten von Straßenbäumen, Dach- und Fassadenbegrünung soll offenlegen, welches Potenzial diese Begrünungen im Klausenerplatz-Kiez haben zum Klimaschutz beizutragen. Die Ergebnisse der Potenzialanalyse geben Aufschluss über die gebietsspezifischen Kapazitäten der Begrünungen das Treibhausgas Kohlendioxid zu binden. Um Aussagen über das Ausmaß des Klimaschutzpotenzials zu liefern, werden die errechneten CO₂-Äquivalente der Begrünungen mit den CO₂-Mindungspotenzialen von den Klimaschutzmaßnahmen verglichen, die bereits 2011 im integrierten kommunalen Klimaschutzkonzept für den Klausenerplatz-Kiez vorgeschlagen wurden. So lässt sich zum einen die Bedeutung der ausgewählten Begrünungsmaßnahmen im Kontext des Untersuchungsgebiets evaluieren und zum anderen Empfehlungen an das Klimaschutzmanagement Klausenerplatz-Kiez ausschreiben.

4. Ergebnisse aus der Datenerhebung und Kartierung

4.1. Potenzielle Dachbegrünungsflächen und Bestand

Von den 512 Gebäudedächern lassen sich 143 (27,93 Prozent) als „Berliner Dach“ charakterisieren, die häufigste Dachform im Klausenerplatz-Kiez. Mehr als jedes vierte Dach (25,39 Prozent, 130 Dächer) ist ein Steildach mit einer Neigung von mehr als 45 Grad und wurde somit als unpassend für eine Dachbegrünung deklariert. Es gibt 118 Flachdächer (23,05 Prozent) und 117 Schrägdächer (22,66 Prozent) mit einer Neigung unter 45 Grad.

Im Durchschnitt können fast 3 von 4 Dächern oder noch 56,17 Prozent der gesamten Dachfläche potenziell begrünt werden. Das sind mit insgesamt 11,4 ha (Standardabweichung vom Mittel $\pm 6,9$ Prozent zwischen 10,6 und 12,2ha) genau das Zehnfache der bereits begrünter Dachfläche im Kiez (1,14ha).

Im Mittel weisen 5,67 Prozent der gesamten Dachfläche im Kiez, das sind 18 Dächer, eine extensive Dachbegrünung auf. Davon sind 13 Flachdächer, 4 Berliner Dächer und ein Schrägdach. Bis auf eine Dachterrasse von 50m² weist keine im Kiez befindliche Dachstruktur eine intensive Dachbegrünung auf. Mit diesem geringen Anteil an der Gesamtdachfläche im Untersuchungsgebiet ist die intensive Dachbegrünung jedoch statisch nicht signifikant genug und kann im weiteren Verlauf der Flächenberechnung außer Acht gelassen werden.

4.2. Potenzielle Fassadenbegrünungsflächen und Bestand

Die komplette Fassadenfläche im Klausenerplatz-Kiez abzüglich der Fensterfläche beträgt 30,46 ha. Fast 8 Prozent dieser Fläche ist bereits begrünt. Der Hauptflächenanteil von 26,47ha (87 Prozent) ist potenziell begrünbare Fläche, das heißt an 447 von 512 Gebäuden lässt sich mindestens eine Fassadenfläche begrünen. Nur etwas mehr als 5 Prozent aller Flächen sind nicht für eine Begrünung geeignet. Gebäudefassaden, die im Einzelfall zusätzlich durch den Denkmalschutz abgesichert werden und somit keine Fassadenbegrünung ermöglichen, werden in diesem Anteil nicht berücksichtigt. Das Verhältnis von potenzieller Fassadenfläche zur Grundfläche liegt laut Berechnung bei 9:16 und legt damit nahe, dass die Annahme aus einer vorangegangenen vergleichbaren Studie, welche das Verhältnis der Fassaden- zur Grundfläche in Berlin Moabit mit 1:2 bemaß (Bartfelder und Köhler 1987, S.20), zu großzügig war.

Mit 4122m² weist Block 128, auf dem sich der Ziegenhof befindet, den großflächigsten Bestand an Fassadenbegrünung innerhalb eines Blockes auf. Prozentual an der Größe eines Blocks gemessen besitzt Block 145 südlich der Knobbelsdorfstraße jedoch die größte zusammenhängende Begrünung. Hier sind mehr als ein Fünftel der Blockfassadenfläche bereits begrünt. Westlich davon befindet sich Block 144, der seinerseits als einziger Block im Kiez keine Fassadenbegrünung hat.

Das größte Begrünungspotenzial haben in absteigender Reihenfolge die Blöcke 129, 128 und 117. Zusammengenommen sind hier schon 7,2 ha Fassaden begrünbar. Zugleich eignen sich die Mehrheit der Gebäude dieser Blöcke für eine kostengünstige Begrünung bodengebundener Systeme ohne Kletterhilfe. Hervorzuheben sind außerdem die Blöcke 103,

118, 129, 143, 145 und 147, wo jeweils mehr als 99 Prozent aller Fassadenflächen exklusive der begrünten Bestandsflächen noch begrünbar sind. Das flächenbezogen geringste Begrünungspotenzial liegt im Block 113 mit 0,8 ha. Insgesamt können fast 1,6 ha aller Fassaden im Kiez nicht begrünt werden. Die Hälfte davon befindet sich in den Blöcken 144 und 148, deren gemeinsame Fassadenfläche zu fast einem Viertel ungeeignet für eine Begrünung ist. Weitere Angaben hierzu finden sich unter Abschnitt 6.4.2.

4.3. Potenzielle Straßenbaumbegrünung und Bestand

Mit 43.871 Straßenbäumen besitzt der Bezirk Charlottenburg-Wilmersdorf genau 10 Prozent aller Straßenbäume in Berlin. Im Durchschnitt sind das 107 Bäume je Straßenkilometer. Damit hat Charlottenburg-Wilmersdorf die höchste Straßenbaumdichte aller Bezirke. Rund 75.000 weitere Bäume befinden sich in den Grünanlagen des Bezirks (SenStadtUm 2014b). Allein im Klausenerplatz-Kiez stehen **864 Bäume** an Straßen (*ibid.*). Im Rahmen der Spendenkampagne „Stadtbäume für Berlin“ der SenStadtUm wurden in der 6. Pflanzperiode im Frühjahr 2015 bisher für 7 Bäume, davon 5 Baumhaseln (*lat. Corylus Colurna*), die erst 2014 gepflanzt wurden, und 2 Mehlbeeren (*lat. Sorbus intermedia*) gespendet. Lediglich 29 Bäume können noch im Untersuchungsgebiet gepflanzt werden. Davon können 26 Baumscheiben reaktiviert werden und drei neue Flächen durch Entsiegelung gewonnen werden. Insbesondere zwischen den Blöcken 111 und 116 in der Christstraße befinden sich 5 leere Baumscheiben sowie ein potenzieller Baumstandort, der durch Entsiegelung erschlossen werden kann. Nördlich und nordwestlich des Blockes 148 sind ebenfalls 3 potenzielle Baumstandorte in der Wundtstraße und 3 weitere am Eingang der Knobelsdorffstraße identifiziert worden. Der Klausenerplatz (Block 102) ist bereits die meistbegrünzte Fläche im Kiez. Dennoch wurden auch hier 5 mögliche Baumstandorte gesichtet.

5. Klimaschutzpotenzialanalyse

5.1. Begrünungsszenarien

Eine Potenzialanalyse von Begrünungen macht nur Sinn, wenn sie im Kontext äußerer Gegebenheiten und realitätsnaher Voraussetzungen betrachtet wird. Des Weiteren wird die Entwicklung von Szenarien durch den aktuellen Stand der Forschung und den engen Zeitrahmen einschränkt. Dazu werden im Folgenden die Voraussetzungen für die Klimaschutzpotenzialanalyse gesetzt.

Referenzjahr und Szenarien: Als Referenzjahr wird das Jahr 2015 angesetzt, da noch in diesem Jahr die ersten Begrünungen mit Hilfe des Klimaschutzmanagements umgesetzt werden könnten. Um die Vergleichbarkeit mit dem Klimaschutzpotenzial anderer Maßnahmen herzustellen, werden zusätzlich zu den Gesamtpotenzialen die Potenziale in einem kurz-, mittel- und langfristigen Szenario bis jeweils 2020, 2030 und 2050 berechnet.

Zielbegrünung von 10 Prozent aller potenziellen Flächen: „Alle verfügbaren Flächen werden wir eh nicht umsetzen können. Ich würde mich freuen, wenn wir zehn Prozent von den verfügbaren Flächen [begrünen] könnten. [...] Zehn Prozent finde ich einen realistischen Wert“ (Prüter 2015). So schätzt der Klimaschutzmanager vom Klausenerplatz die Möglichkeiten der Begrünung im Kiez ein. Der Diplom-Umwelttechniker leitet seit August 2014 das Klimaschutzmanagement des Stadtteils und muss aus den 42 Maßnahmenvorschlägen des IKKK in Zusammenarbeit mit dem Umwelt- und Naturschutzamt Charlottenburg-Wilmersdorf jene Maßnahmen auswählen, die es gilt in den ersten drei Jahren der Förderperiode für das Klimaschutzmanagement zu priorisieren.

Begrünungen im Rahmen von Sanierungsarbeiten: Weil die Entscheidung zur Dach- und Fassadenbegrünung, im Gegensatz zur Straßenbaumpflanzung, nicht der öffentlichen Verwaltung, sondern den Gebäudeeigentümern überlassen ist, muss jedes mögliche Szenario die jährliche Sanierungsrate und den Willen der Eigentümer miteinbeziehen. Laut der GEWO BAG als Haupteigentumsgesellschaft im Kiez betrug die Sanierungsrate vor 2009 noch jährlich 3 Prozent. Berücksichtigt man, dass nur etwa jedes zehnte Sanierungsvorhaben – eine konservative Schätzung des Klimaschutzmanagements - auch eine Dach- oder Fassadenbegrünung durchführt, so wären frühestens 2047 zehn Prozent aller potenziellen Flächen begrünt.

Keine Klimamodellierung: Wie in Abschnitt 2.4.1. angesprochen, verändert sich bis 2050 zusehends das Stadtklima Berlins. Das hat Einfluss auf die Wachstumsbedingungen von Pflanzen. Aufgrund der zum Teil ungewissen Auswirkungen des Klimas auf die Kohlenstoffbindung von Stadtgrün und limitierter Kapazitäten werden diese Wechselwirkungen nicht in die Berechnung der zeitbezogenen Klimaschutzpotenziale einfließen.

Oderirdische und zum Teil unterirdische Biomasse: Pflanzen binden Kohlenstoff nicht nur in Form oberirdischer Biomasse, sondern auch in Wurzeln, im Boden oder Substrat. Einige Studien zeigen, dass der Anteil von unterirdisch gebundener Biomasse im Substrat der

Dachbegrünung die der oberflächlichen (lebenden) Biomasse in Blättern, Blattstielen, Früchten, Jungtrieben und Holz um einiges übersteigt und in die Analyse miteinbezogen werden sollte. Durch fehlende Forschungsergebnisse der unterirdischen Biomasseproduktion bleibt dieser Wert für Fassadenpflanzen und Straßenbäume bisher unbekannt.

Zusätzlichkeit: Wie üblich bei der CO₂-Bilanzierung, steht das Element der ‚Zusätzlichkeit‘ im Mittelpunkt der Analyse. Während neben der Dokumentation und Kartierung potenzieller Begrünungsflächen auch der Bestand – mit Ausnahme von Straßenbäumen - von Dach- und Fassadengrün dokumentiert und kartiert wurde, bleibt die CO₂-Speicherung von vorhandenen Straßenbäumen und bisheriger Dach- und Kletterpflanzen von der Potenzialanalyse ausgeschlossen.

5.2. Kohlenstoffbindung von Dachgrün

Aufgrund der niedrigen Kosten, dem geringen Pflegeaufwand und ihrer Anpassbarkeit an den Klimawandel werden extensive Pflanzenarten als Referenz für die Modellrechnung zum Klimaschutzpotenzial von Dachbegrünungssysteme ausgewählt. Zu den möglichen extensiven Vegetationsformen gehören Sedumarten, Gräser und Moose, die in verschiedenen Verhältnissen zueinander angepflanzt werden. Grundsätzlich gilt, je mehr Biomasse produziert wird, desto mehr Kohlenstoff wird als Trockenmasse in der Vegetation gebunden.

2012 untersuchte das Institut für Agrar- und Stadtökologische Projekte an der Humboldt-Universität zu Berlin die Kohlenstoffbindungspotenziale verschiedener Kombinationen von Vegetationsformen und Substraten. Aus dem Bericht des IASP geht hervor, dass in den ersten drei Wachstumsjahren 0,7 kg CO₂/m² bei einer Gras-Kraut-Begrünung bis maximal 1,2 kg CO₂/m² für Moos-Sedum-Kombinationen in oberirdischer Biomasse gebunden wird (IASP 2012). Wieviel mehr Kohlenstoff unterirdisch, in Wurzelwerk und Boden, gebunden wird, wurde exemplarisch für Sedumarten in einer Studie von Getter et al. gemessen. Die Auswertung einer zweijährigen Dachbegrünung in Michigan zeigt, dass bei einer 6cm dicken Substratschicht im Durchschnitt 4,33 kgCO₂/m² und damit sieben Mal mehr Kohlenstoff im Substrat als in der Vegetation gebunden wird (2009). Diese Ergebnisse zeigen auf, dass unterirdische Biomasse und Substrate einen weit größeren Beitrag zum Kohlenstoffeintrag bei Dachbegrünungen leisten als oberirdische Biomasse. Daher sollte diese Biomasse ebenso in die Modellberechnung einfließen. Zusammen ergibt sich aus einer 6cm dicken Substratschicht und einer Moos-Sedum-Kombination der Vegetation eine Kohlenstoffbindung von 5,53 kgCO₂/m², welche im Folgenden als Referenzwert für Dachbegrünungen dient.

Die obigen Ergebnisse stammen aus Studien, die einen schnellen Biomassezuwachs über ein bis drei Wachstumsperioden suggerieren. Es ist jedoch zu beachten, dass die Wachstumsleistung von extensiven Vegetationsformen nach den ersten drei Jahren abnimmt und CO₂ zusätzlich durch Verrottungsprozesse wieder freigesetzt wird. So ist die CO₂-Bilanz in den Folgejahren fast ausgeglichen (Köhler 2012). Wie stark das Wachstum extensiver

Pflanzenarten abnimmt bzw. wieviel Kohlenstoff tatsächlich jährlich gebunden werden kann, hängt vorrangig von den klimatischen Standortbedingungen ab. Für jegliche Begrünungsszenarien können demnach keine jährlichen Prognosen schlussgefolgert werden, insofern keine Forschungsergebnisse aus Langzeitstudien vorliegen. Nichtsdestoweniger kann eine Betrachtung der Dachbegrünung über die gesamte Nutzungsdauer erfolgen. Getter und Rowe (2006, 2009) rechnen für den gesamten Lebenszyklus extensiver Dachbegrünung – von etwa 50 bis 60 Jahren - samt Substrat aus Sedumarten mit einer Kohlenstoffbindung von $23,6\text{kgCO}_2/\text{m}^2$. Es lässt sich demnach eine zweite Prognose unabhängig vom jährlichen C-Bindungswert erstellen (siehe Tabelle 7).

Bei einer flächendeckenden Begrünung aller potenziell begrünbaren Dächer könnten so über den gesamten Lebenszyklus bis zu **2670 tCO₂** in Form von Biomasse gebunden werden. Da jedoch jährlich etwa drei Prozent aller Gebäude im Klausenerplatz-Kiez saniert werden und vom Klimaschutzmanagement geschätzt wird, dass bei jeder zehnten Sanierung auch eine Begrünung der Dachoberfläche vorgenommen werden könnte, relativiert sich das gesamte Kohlenstoffbindungspotenzial auf 0,3 Prozent der potenziellen Dachfläche pro Jahr. Bis 2020 werden demnach voraussichtlich mehr als 2.000m^2 (1,8 Prozent) und bis 2050 mehr als 12.000m^2 (10,8 Prozent) Dachfläche begrünt sein. Mit den Angaben zur CO₂-Bindung der ersten drei Wachstumsjahre muss die Anrechnung der Kohlenstoffbindung mit einer Wachstumsverzögerung von drei Jahren ab 2015 geschehen. So zeigt die Potenzialanalyse eine CO₂-Bindung von **5,63 tCO₂** bis 2020 und fast **61 tCO₂** bis 2050 (vgl. Tabelle 7).

Im Gegensatz zu Straßenbäumen, leisten die Dach- und Fassadenbegrünung neben ihrer Fähigkeit Kohlenstoff zu binden einen weiteren nicht zu missachtenden Beitrag zum Klimaschutz durch ihre Dämmwirkung von Gebäuden. Im Rahmen laufender Sanierungsarbeiten im Klausenerplatz-Kiez wirkt sich die Begrünung von Fassaden und Dächern positiv auf den Energieverbrauch in Form von Wärme und Strom von Gebäuden aus. Wird weniger Energie durch Kühlungsstrom im Sommer und Heizungswärme im Winter verbraucht, können weitere Treibhausgase durch die Bereitstellung von Wärme und Strom zur Klimatisierung von Räumen eingespart werden. Dieser Aspekt CO₂ zu vermeiden fließt in die Klimaschutzpotenzialanalyse mit ein.

Für ein normalgedämmtes Einfamilienhaus gehen rund 20 Prozent des Energiebedarfs über das Dach verloren (Köhler und Malorny 2006). Dachbegrünungen können je nach Dicke der Substratschicht und Größe der Dachoberfläche im Verhältnis zur Gebäudeflächenzahl unterschiedlich große Einflüsse auf die Energieeinsparung haben. In einer Studie von Köhler und Malorny (2006) beispielsweise wurde die Dämmwirkung extensiven Dachgrüns bei verschiedener Substratstärke gemessen. Im Vorher-Nachher-Vergleich konnte eine sommerliche Energieeinsparung von drei bis acht Prozent festgestellt werden. Auch andere Studien mit vergleichbaren Häusern und unter vergleichbaren klimatischen Verhältnissen bekräftigen diese Tendenz zur Dämmwirkung von extensivem Dachgrün. Niachou et al. untersuchten 2001 die potenziellen Energieeinsparnisse durch Dachbegrünung in

Abhängigkeit der vorhandenen Gebäudedämmung (vgl. Tabelle 6) und stellten eine jährliche Energieeinsparung von mindestens zwei Prozent bei gut gedämmten Häusern, etwa drei bis sieben Prozent bei einer moderaten Dämmung und sogar bis zu 44 Prozent bei Gebäuden mit geringer bis gar keiner Gebäudedämmung fest. Da die Studie in Athen durchgeführt wurde, wird aufgrund milderer klimatischen Bedingungen im Klausenerplatz-Kiez davon ausgegangen, dass die zu erwartenden Energieeinsparungen geringer ausfallen werden.

Tabelle 6 – Energieeinsparungspotenziale durch Dachbegrünung in Abhängigkeit vom Grad der vorhandenen Dachdämmung in Athen, Griechenland, nach Niachou et al. (2001)

Gebäudedämmung	Jährliche Energieeinsparungen (in %) durch Heizen	Jährliche Energieeinsparungen (in %) durch Kühlung	Jährliche Gesamtenergieeinsparungen
Gute Dämmung	8 – 9	0	2
Moderate Dämmung	13	0 – 4	3 – 7
Keine Dämmung	45 – 46	22 – 45	31 – 44

Die Modelluntersuchungen von Sailor (2008) sind diesbezüglich am relevantesten, da sie auf die gleiche Tendenz wie Niachou et al. weisen, aber klimatisch vergleichbarer sind, denn sie ergeben eine jährliche Stromeinsparung von mindestens zwei Prozent und eine neun bis elf prozentige jährliche Einsparung von Wärme aus Gas. Im Modell ergibt sich daraus eine CO₂-Vermeidung von 2,58kgCO₂, oder 702 g Kohlenstoff, je Quadratmeter Gründachfläche pro Jahr. Kolb (2002) kam zu einem ähnlichen Schluss und verglich das jährliche Einsparpotenzial jedes Quadratmeters begrünter Dachfläche mit einem Liter weniger Heizöl. Laut CO₂-Emissionsfaktoren für die Bereitstellung von Heizöl, entspricht das einer CO₂-Einsparung von 2,98kg CO₂/m² (813gC/m²) begrünter Dachfläche (UBA Österreich 2015).

Für die Anwendung dieser Daten in der Modellrechnung, also der Berechnung der jährlichen Einsparpotenziale je m² begrünter Dachfläche, müssen die obigen Ergebnisse gezielt auf das Untersuchungsgebiet angewandt werden. Dazu liefert das IKKK in der Energie- und CO₂-Bilanz für den Klausenerplatz-Kiez Angaben zu den realen Endenergieverbräuchen nach Energieträgern sowie nach Verbrauchssektoren, wie in Abbildung 8 zu sehen ist.

		2007		2008		2009	
		Energie [MWh/a]	CO ₂ [t CO ₂ /a]	Energie [MWh/a]	CO ₂ [t CO ₂ /a]	Energie [MWh/a]	CO ₂ [t CO ₂ /a]
Gesamt		126.718	38.358	127.202	38.182	128.239	38.841
Energieträger	Erdgas	71.341	16.244	71.341	16.304	71.478	16.276
	Diesel	11.230	3.275	11.230	3.318	12.372	3.608
	Benzin	16.577	5.012	16.577	5.069	16.989	5.137
	Strom	18.386	11.215	18.386	10.904	18.293	11.232
	Kerosin	9.186	2.612	9.092	2.586	9.107	2.590
Verbrauchs- sektoren	Wirtschaft	3.155	1.552	3.552	1.657	3.606	1.678
	Haushalte	78.971	22.123	79.072	21.917	79.075	22.180
	Verkehr	38.137	11.597	38.379	11.651	38.379	12.042
	Komm. Gebäude	6.456	3.087	6.199	2.958	5.938	2.942

Abbildung 8 - Absolute Energieverbräuche und CO₂-Emissionen von 2007 bis 2009 des Klausenerplatz-Kiezes (Land Berlin, 2011)

Das Jahr 2009 dient als Referenzjahr der Berechnung. Die Wärmeenergie der Verbrauchssektoren Wirtschaft, Haushalte und kommunale Gebäude (E_W) setzt sich aus dem Verbrauch der Energieträger Erdgas und Kerosin zusammen. Der Energieträger Strom (E_S) bezieht sich bereits auf die genannten Verbrauchssektoren und kann direkt verrechnet werden. Aus dem flächenbezogenen Anteil an Wärme und Strom aller potenziell begrünbaren Gebäude im Kiez (74,61 Prozent) ergibt sich durch die zusätzliche Dämmwirkung von Dachbegrünungen eine theoretisch mögliche CO₂-Gesamteinsparung von **1575 t pro Jahr** für die Begrünung aller potenziellen Dachflächen. Würden alle potenziell begrünbaren Dachflächen hypothetisch begrünt werden, entspräche dies einer mindestens 4 prozentigen Reduzierung der Treibhausgase im Untersuchungsgebiet. Mit Berücksichtigung der jährlichen Sanierungsrate von 3 Prozent und im Wissen, dass lediglich 10 Prozent aller Sanierungen eine zusätzliche Dachbegrünung umsetzen, lassen sich CO₂-Einsparungspotenziale von fast **170 tCO₂** bis 2050 erzielen. Die gesamte Kohlenstoffbindung und -Vermeidung durch Biomasseproduktion und zusätzliche Dämmwirkung betragen annähernd **34 tCO₂** bis 2020 und **231 tCO₂** bis 2050.

Die Betrachtung jährlicher Mittelwerte erscheint aufgrund des nichtlinearen Wachstums von extensiven Dachpflanzen als nicht praktisch. Dennoch lässt sich in diesem sehr konservativen Modellszenario ein Trend gegenüber vergleichbaren Klimaschutzmaßnahmen im Untersuchungsgebiet ablesen. Mit einem jährlichen Durchschnittswert für die Kohlenstoffbindung und -vermeidung von **6,59 tCO₂** hat die Begrünung von Dächern einen relativ geringen Anteil an der Reduzierung der Treibhausgasemissionen im Klausenerplatz-Kiez. Dieser Wert entspricht einer Kompensation der jährlichen Pro-Kopf-Emissionen von gerade einmal eineinhalb Anwohnern des Untersuchungsgebiets (vgl. Land Berlin 2011, S.36). Für detaillierte Angaben der Modellberechnung, siehe Anhang 2.

Tabelle 7 - Auszug aus Ergebnissen der Kohlenstoffbindungspotenzialanalyse für EDB (eigene Berechnung)

Klimaschutzpotenzial Dachbegrünung			
potenziell begrünbare Dachfläche (Ø)		113'129 m ²	
C-Bindung extensiver Dachbegrünung (gesamt) nach 3 Wachstumsperioden, in [kgCO₂/m²]		5,53 kg	
C-Bindung extensiver Dachbegrünung über den Nutzungszeitraum von 50 Jahren, in [kgCO₂/m²]		23,6 kg	
CO₂-Einsparung extensiver Dachbegrünung durch Dämmwirkung je m²		13,9kg	
Flächenbezogener Anteil von potenziell begrünbaren Gebäuden an allen Gebäuden im Kiez		74,61%	
Angaben in [tCO₂]	C-Bindung	CO₂-Einsparung durch Dämmung	Klimaschutz- potenzial gesamt
gesamte potenziell begrünbare Dachfläche im Untersuchungsgebiet	2669,84	1575,19	4245
10% potenziell begrünbarer Dachfläche im Untersuchungsgebiet	266,98	157,52	424,5
Kohlenstoffbindungspotenzial mit Wachstumsdynamik bis 2020	5,63	28,30	33,94
Kohlenstoffbindungspotenzial mit Wachstumsdynamik bis 2030	24,40	75,48	99,88
Kohlenstoffbindungspotenzial mit Wachstumsdynamik bis 2050	61,93	169,83	231,76

5.3. Kohlenstoffbindung von Fassadengrün

Wie bei der Dachbegrünung können Kletterpflanzen nicht nur durch die Kohlenstoffbindung in ihrer Biomasse zum Klimaschutz beitragen, sondern auch CO₂-Emissionen durch eine erhöhte Dämmwirkung vermeiden. Die Pflanzenart und die klimatischen Umstände bedingen maßgeblich die Kohlenstoffspeicherung. Experimentelle Untersuchungen von Fassadenbegrünungen wurden bereits zu Beginn des Hofbegrünungsprogrammes Anfang der 1980er Jahre in Berlin durchgeführt und dokumentieren so unter klimatisch vergleichbaren Voraussetzungen die Biomasse und Stoffproduktion, sowie klimatische Kenngrößen von Kletterpflanzen. Für die Untersuchungen wurden sowohl immergrüne Pflanzenarten wie der Gemeine Efeu (*lat. Hedera helix*) als auch laubabwerfende, sommergrüne Arten verwendet, wie die Dreispitzige Jungfernebe (*lat. Parthenocissus tricuspidata*) und die Selbstkletternde Jungfernebe (*lat. Parthenocissus quinquefolia*), die beide auch gemeinhin als Wilder Wein bezeichnet werden. Die flächendeckende Begrünung über zwei Wachstumsperioden förderte Ergebnisse mit zum Teil großen Wachstumsunterschieden je nach

Kletterpflanzenart zutage. Pro Hektar potenziell begrünbarer Fassaden-/Wandfläche haben die Landschaftsplaner 7.36 – 30.84 t Biomasse gemessen. Gemessen auf die Jahresbiomasseproduktion ergeben sich somit bis zu 23 t/ha/a (Bartfelder und Köhler 1987, S.419). Das Frischgewicht der Biomasse abzüglich des Wassergehalts ergibt das Trockengewicht in g/dm², welches bei allen verwendeten Pflanzenarten bei 45 bis 52 Prozent des Frischgewichtes lag. Das Trockengewicht liegt somit bei 1,04 bis 1,2 kg/m²/a. Während das Trockengewicht generell mit dem Kohlenstoffgehalt der Pflanze vergleichbar ist, nimmt die Blattzahl und –dichte je Quadratmeter über weitere Wachstumsperioden zu und muss somit für ein Langzeitszenario höher liegen. Genauere Angaben zur Gesamtwuchsleistung von *Hedera Helix* ‚Wörner‘ stammen von Schröder (2009). Die Ermittlung der CO₂-Bindung einer 1000m² großen und 20 cm tiefen Wandbegrünung ergaben im Durchschnitt 2,3 kg CO₂/m². Dieser Wert wird auch in einem FLL-Bericht als Referenz für die Kohlenstoffbindung von Fassadenpflanzen aufgeführt und gilt als repräsentativ für die folgende Kohlenstoffberechnung.

Wie bisher gelten bei der Modellrechnung von 2015 bis 2050 eine Sanierungsrate von drei Prozent und die Annahme, dass zehn Prozent aller Sanierungen eine Fassadenbegrünung durchführen. Nach diesen Voraussetzungen wird jedes zehnte Gebäude im Untersuchungsgebiet, das bisher noch nicht begrünt ist und potenziell dafür in Frage kommt, bis 2048 begrünt sein. Denn für jeden Hektar begrünete Fassadenfläche verstreichen zwölfteinhalf Jahre. Folgt man dieser Entwicklung werden realistisch bis 2020 etwa **10 tCO₂** in Form von Biomasse gespeichert. Bis 2050 sind dies immerhin schon fast **62 tCO₂**. Während Kletterpflanzen nur etwas mehr als die Hälfte des Kohlenstoffs je Fläche binden als die extensive Dachbegrünung, wird dies durch die mehr als doppelt so große Fassadenfläche im Vergleich zu potenziellen Dachflächen im Kiez ausgeglichen. Entsprechend ist die Kohlenstoffbindung beider Gebäudebegrünungen bis 2050 genau gleich groß.

Als zweite Komponente des Klimaschutzpotenzials von Fassadenbegrünung wird die Vermeidung weiterer Treibhausgase durch Energieeinsparungen von Fassadengrün als zusätzliche Dämmschicht berechnet. Wenngleich die Dämmwirkung einer flächendeckenden Fassadenbegrünung und die damit verbundenen Energieeinsparungen vonseiten vieler Fachexperten bestätigt wird (Minke und Witter 1983; Bartfelder und Köhler 1987; Hagentoft, 2003; Köhler 2005, 2012; Eumorfopoulou und Kontoleon 2008), mangelt es in der Literatur stark an vergleichbaren Zahlen aus der Praxis. Zudem beschränken diese Studien entweder auf die Wechselwirkungen von einer Reihe Begrünungssystemen mit verschiedenen Fassadenoberflächen oder beziehen sich auf spezifische theoretische Computermodelle sowie zu enge Zeitrahmen, als das die Ergebnisse generalisierbar sind. Diesen Einschränkungen zum Trotz lassen sich dennoch theoretische Messwerte aus der Bauphysik heranziehen, die es uns erlauben einen Annäherungswert für die verbesserte Energiebilanz von Gebäuden zu formulieren.

In Abwesenheit praxisbezogener Forschungsergebnisse zu realen Energieeinsparungspotenzialen von Fassadenbegrünungssystemen in Wechselwirkung mit verschiedenen

Wandkonstruktionen, werden von vielen Bauplanern alternativ Messungen der Wärmeleitfähigkeit (λ) in $W/(m \cdot K)$ oder der Wärmedurchlasswiderstände (R) in $m^2 \cdot K/W$ durchgeführt. Im Verlauf der Modellberechnung werden diese Daten später aufgegriffen.

Neben diesen Kenngrößen zur Dämmwirkung von Fassadengrün, werden auch Wärmestrahlungsmessungen mittels Infrarot und Energiebilanzen durchgeführt, die sich lediglich auf Oberflächentemperaturen und den Strahlungshaushalt von Fassaden beziehen. Wenngleich diese Instrumente keine Energieeinsparungen messen, können sie diese aber erklären. Nach Minke und Witter (1982) wird zum Beispiel die eingehende Strahlung der Sonne durch die Blattoberfläche zu etwa 18 Prozent reflektiert, zu 22 Prozent adsorbiert, zu 30 Prozent emittiert und zu weiteren 30 Prozent in latente Wärme oder Verdunstungskühlung umgewandelt. Dies bedeutet, dass nur etwa ein Fünftel der eingehenden Strahlung an die Fassadenoberfläche weitergeleitet wird. Im Gegensatz zu unbegrünten Fassaden in Sommer reduziert dies nachweislich den Stromverbrauch für die Kühlung von begrünten Gebäuden um einige Prozent (Köhler 2012, S.110ff.).

Wieviel Energie in Form von Wärme und Strom unter realistischen Bedingungen in der Stadt eingespart werden können, hängt stark von den klimatischen Gegebenheiten, der Pflanzenwahl, der Sonnenexposition von Wänden und dem Nährstoff- und Wasserangebot ab. Die Liste der Einflüsse ist lang und längst nicht erschöpft. Um folglich einen theoretischen Annäherungswert für die Energieeinsparung zu erhalten, müssen Annahmen nach der Auswertung qualitativer Meinungen von Experten, und quantitativer Messdaten getroffen werden:

1. **Bodengebundene Begrünungssysteme, sowie Kletterpflanzen aus Pflanzkübeln besitzen dieselbe Dämmwirkung.** Die Fassadenbegrünung in modularer Bauweise wird aufgrund der unwahrscheinlichen Pflanzung wegen hoher Anschaffungskosten, dem hohen Pflegeaufwand und denkmalgeschützten Fassadenstrukturen nicht in die folgende Analyse integriert. Andere fassadengebundene Begrünungssysteme, wie die Begrünung aus Pflanzkübeln, kann mit Pflanzenarten durchgeführt werden, die in Wachstum und Dämmwirkung mit bodengebundenen Kletterpflanzen vergleichbar sind. Die erhöhte Dämmwirkung aufgrund einer zusätzlichen (nicht abgeschlossenen) Luftschicht durch die Verwendung von Kletterhilfen ist nicht wissenschaftlich belegt. Daher kann für alle im Untersuchungsgebiet wahrscheinlichen Formen der Fassadenbegrünung ein gemeinsamer Dämmwert formuliert werden.
2. **Die Art der vorhandenen Wandkonstruktion** beeinflusst wieviel zusätzliche Energie durch eine zusätzliche Fassadenbegrünung eingespart wird. Welche Gebäude- und Fassadentypen demnach im Untersuchungsgebiet dominieren, **beeinflusst die Berechnung der Energiebilanz aller Gebäude im Kiez deutlich.** Da es sich bei der Mehrheit der Gebäude im Klausenerplatz-Kiez (zwei von drei) um Altbaugebäude der Gründerzeit handelt, die im Zuge der Sanierung der 1960er bis 1980er Jahre modernisiert oder instandgesetzt wurden, kann mit einem vergleichsweise hohen Einsparungswert gerechnet werden. Laut Heizkostenspiegel 2009 und den

Energieverbrauchsdaten je Gebäude aus dem IKKK ist der Gesamtenergieverbrauch im Untersuchungsgebiet im Durchschnitt mit 172,24 kWh/m²/a „erhöht“ (co2online 2009). Vergleichbar ist diese Dämmwirkung in Bezug auf die durchschnittliche Wohnraumfläche mit einem Wandaufbau eines zweischaligen Mauerwerks mit dazwischenliegender Luftschicht (Köhler 2012, S.112).

3. **Die Veränderung der Wärmeleitfähigkeit von Fassaden** durch Begrünung gibt in Ermangelung praktischer Forschungsergebnisse und durch Verwendung einer gemein gültigen Faustregel Aufschluss über die zu erwartenden Heizenergieeinsparungen (Krusche et al. 1982; Köhler 1993, S.40).

Da während der Begehungen der Fassadentyp ausschlaggebend für die Wahl der nötigen Kletterhilfe war, lässt sich zurückverfolgen - jedoch im Einzelfall nicht sicherstellen – welches Gebäude welche Art der Wandkonstruktion aufweist. Die Berechnung der genauen Dämmwirkung macht jedoch nur Sinn, wenn ein für den Kiez typischer Wandaufbau gefunden wird. Laut einer Hochrechnung der GEWOBAG beträgt die Gesamtnutzfläche aller Gebäude im Kiez 415.000m². Bei einem Gesamterdgasverbrauch von 71.478 MWh/a werden so 172,24 kWh/m²/a Erdgas als Heizenergiebedarf gebraucht. Bei diesem erhöhten Verbrauch empfiehlt sich eine energetische Modernisierung der Gebäude (co2online 2014). Die damit verbundene Dämmwirkung entspricht einem zweischaligen Mauerwerk mit dazwischenliegender Luftschicht (Köhler 2012, S.112) und wird so als Modellfassadentyp für den Klausenerplatz-Kiez fungieren.

Laut einer Faustregel lässt sich in den gemäßigten Breiten „je Quadratmeter Wandfläche überschlägig das Zehnfache des [Wertes für die Wärmeleitfähigkeit] als Jahresheizölbedarf“ berechnen. Diese Faustregel findet sich in zwei unabhängigen Publikationen aus den 1980er und 90er Jahren wieder. Berücksichtigt man, dass die Sanierung des Gebäudebestands im Untersuchungsgebiet bereits zwei Jahrzehnte zuvor begonnen hatte, lässt sich diese Faustregel als theoretischer Annäherungswert für die Energieeinsparung im Kiez verwenden. Die theoretische Wärmeleitfähigkeit (U_T -Wert) steigt und setzt sich zusammen aus den Wärmewiderständen [$\lambda = W/m^2K$] einzelner Dämmschichten. Wenn der Wärmewiderstand der Wärmeleitfähigkeit dank zusätzlicher Dämmwirkung durch Fassadengrün steigt, sinken zugleich der Wärmedurchgang und damit der Energiebedarf in Abhängigkeit des vorangegebenen Wärmewiderstands der Fassade ohne Begrünung. Die Einsparungen in Liter Heizöl lassen sich mithilfe des Heizkostenspiegels 2014, Angaben des Umweltbundesamtes zu den Treibhausgasemissionen verschiedener Energieträger sowie des Erdgasverbrauchs je Quadratmeter Gesamtnutzfläche des Klausenerplatz-Kiezes umrechnen in CO₂-Einsparungen von Erdgas je m² begrünter Fassadenfläche, siehe Tabelle 8.

Tabelle 8 - Berechnung der Dämmwirkungen eines zweischaligen Mauerwerks mit stehender Luftschicht mit und ohne Fassadenbegrünung (eigene Berechnung)

	Fassade mit Begrünung	Fassaden ohne Begrünung	Quelle
Gegeben: Wärmedurchgangskoeffizient ($U_T=W/m^2*K$)	0,66	0,57	(Köhler 2012,S.112)
Wärmedurchgangswiderstand ($R_T=m^2K/W=1/U$)	1,51	1,75	
Heizenergiebedarf in Liter Heizöl je m² ($E_{l/m^2} = 10R_T$)	15,15	17,54	(Krusche et al. 1982) (Köhler 1993,S.40)
Umwandlung Heizöl → Erdgas ($l/m^2 = kWh/m^2$)	149,56	173,18	(co2online 2014) (Umweltbundesamt 2015b)
CO₂ aus Bereitstellung von Erdgas (in kgCO ₂ /kWh/m ²)	34,06	39,43	(Umweltbundesamt 2015b)
CO₂-Einsparung (in kgCO ₂ /m ² begrünter Fassadenfläche)		5,37	
CO₂-Einsparung durch Fassadenbegrünung (in %)		13,62%	

Bevor eine Energieeinsparung an Gebäuden mit dem angegebenen durchschnittlichen thermischen Widerstand zu verzeichnen ist, muss eine Fassade komplett begrünt sein. Laut unabhängiger Studien in Berlin kann dies je nach Sonnenexposition, Pflanzenart und Fassadentyp mindestens fünf, aber im Durchschnitt etwa zehn Jahre in Anspruch nehmen (Köhler 1993; Köhler und Schmidt 1997). Daher wird die Dämmwirkung nach zehn Jahren der Erstpflanzung, also erst ab 2025 angerechnet. Die Modellrechnung für die Dämmwirkung von bodengebundenen Kletterpflanzen ergibt ab 2025 eine jährliche CO₂-Einsparung von **4,02 tCO₂**. Trotz dieser langen Dämmwirkungsverzögerung werden ab 2025 mehr als die doppelte Menge an Treibhausgasen eingespart als in der Vegetation in gleicher Zeit gebunden werden kann. 2050 beträgt dieser Wert bereits jährlich über **104 tCO₂** im Vergleich zum Modellreferenzjahr 2015.

Tabelle 9 - Auszug aus Ergebnissen der Kohlenstoffbindungspotenzialanalyse für bodengebundene Fassadenbegrünung (eigene Berechnung)

Klimaschutzpotenzial Fassadenbegrünung			
potenziell begrünbare Fassadenfläche (Ø)	249'262m ²		
C-Bindung bodengebundener Fassadenbegrünungssysteme je m ²	2,3kgCO ₂		
CO ₂ -Einsparung bodengebundener Fassadenbegrünungssysteme durch Dämmwirkung je m ²	5,37kgCO ₂		
Flächenbezogener Anteil von potenziell begrünbaren Gebäuden an allen Gebäuden im Kiez	86,82%		
	C-Bindung	CO ₂ -Einsparung durch Dämmung	Klimaschutzpotenzial gesamt
gesamte potenziell begrünbare Fassadenfläche im Untersuchungsgebiet	573,30	1338,53	1911,83
10% potenziell begrünbarer Dachfläche im Untersuchungsgebiet	57,33	133,85	191,18
Kohlenstoffbindungspotenzial mit Wachstumsdynamik bis 2020	10,32	-	10,32
Kohlenstoffbindungspotenzial mit Wachstumsdynamik bis 2030	27,52	24,13	51,64
Kohlenstoffbindungspotenzial mit Wachstumsdynamik bis 2050	61,92	104,55	166,47

Fassadenbegrünung kann im Sommer nachweislich die Umgebungstemperatur in Gebäudenähe durch Verdunstungskühlung senken. So reduzieren Kletterpflanzen bei Gebäuden mit Kühlungssystemen neben der Heizenergie auch den Stromverbrauch. Diese Angaben sind aber im Hinblick auf die geringen Forschungsergebnisse aus der Praxis nicht quantifizierbar und werden nicht in die Klimaschutzpotenzialanalyse integriert. Leider mangelt es in der Literatur zudem an Ergebnisse zur Dämmwirkung bei gleichzeitiger Begrünung von Dach und Fassaden. Daher muss angenommen werden, dass sich die gemeinsamen Dämmeffekte, wie aus der Literatur bezogen, ohne gegenseitige Beeinflussung, addieren lassen. Wären demnach 10 Prozent aller potenziell begrünbaren Dächer und Fassaden im Untersuchungsgebiet begrünt, würden **191 tCO₂** durch die Bereitstellung von Wärme und Strom (bei der Dachbegrünung) eingespart werden. Dies entspricht einer Reduzierung der Treibhausgasemissionen aus Erdgas, Strom und Kerosin für den ganzen Kiez um fast einen Prozent im Vergleich zu 2009. Würden alle Häuser begrünt werden, die potenziell dafür in Frage kämen, sinken die CO₂-Emissionen von allen Haushalten im Kiez um 8,6 Prozent. Da dieses Szenario jedoch sehr unwahrscheinlich ist,

belaufen sich die Einsparungen durch Dach- und Fassadenbegrünung in Anlehnung an die Umsetzungskriterien bis 2050 nur auf 0,43 Prozent oder **166tCO₂** und liegen bis 2020 sogar nur in einem statistisch nicht signifikanten Bereich. Weitere Informationen bezüglich der Modellberechnung können dem Anhang 3 entnommen werden.

5.4. Kohlenstoffbindung von Straßenbäumen

In der langen Geschichte der Forstwirtschaft und ihrer Wissenschaften wurden viele Studien zu Wachstumsbedingungen und Biomasseproduktionsvermögen von Baumbeständen einzelnen Baumarten erstellt. So lieferten schon 1975 die Ertragstabellen von Schober wichtige praxisnahe Daten zur gesamten Wuchseistung (GWL) von Baumbeständen vom Zeitpunkt der Pflanzung bis zur Holzernte (Erretkamps 2009). Gemessen wird die GWL in Festmetern (fm), wobei 1 fm einem Kubikmeter fester Holzmasse entspricht. Die Anzahl der Festmeter über den Wachstumszeitraum im Vergleich zur Baumanzahl des Anfangsbestandes gibt Aufschluss über die genutzte Holzmenge innerhalb des Wachstumszeitraums und den weiterhin bestehenden Holzvorrat. Mittels dieser Daten erstellen Forstwirte Prognosen über das gewonnene Holzvolumen je Hektar Bestandsfläche (*ibid.*). Weiterhin besitzt jede Baumart eine unterschiedliche Rohdichte von trockenem Holz, welche als Darrdichte bezeichnet wird und Aufschluss über die Kohlenstoffmenge eines Bestandes gibt. Da sich in der Forstwirtschaft alle Daten zum erwirtschafteten Holzvolumen je Flächeneinheit auf das abgeerntete Holz konzentrieren wird im gleichen Zuge die Kohlenstoffbindung von Bäumen im Wurzelwerk außer Acht gelassen. Aus diesem Grund wird lediglich die oberirdisch produzierte Biomasse inklusive eines Faktors für den gesamten Biomassezuwachs in die Klimaschutzpotenzialanalyse integriert.

Wieviel Kohlenstoff ein einzelner Baum im Laufe seines Lebens im Gegensatz zu einem Baumbestand binden kann, hängt jedoch von vielen Faktoren ab, die aufgrund ihrer verschiedenen Wechselwirkungen kaum vergleichende Voraussagen ermöglichen. Die wichtigsten Standortfaktoren für Bäume, die das Wachstum bedingen, sind wohl die Ansprüche an den Boden, wie etwa das Nährstoffangebot, der Zugang zu Wasser oder der pH-Wert. Die wichtigsten Messgrößen für die Ermittlung des Kohlenstoffgehalts eines Baumes sind die Baumhöhe, der BHD (Brusthöhendurchmesser auf 1,3m Höhe) und die Darrdichte der spezifischen Baumart (LWF 2011). Anhand dieser Daten entwickelte die Bayerische Landesanstalt für Wald und Forstwirtschaft baumartspezifische Schätztabelle, welche diese Daten einem CO₂-Gehaltswert mit Spielraum zuordnet. Zum Beispiel besitzt eine 25m hohe Eiche mit einem BHD von 40cm etwa zwei Tonnen CO₂. Wieviel Kohlenstoff ein Baum in Form von Biomasse bindet ist außerdem zu unterscheiden von Angaben zum Verbrauch von CO₂ für die Pflanzenatmung. Als Beispiel dient eine 80-100 Jahre alte Birke mit einem Kronendurchmesser von 15m und einer Gesamtblattoberfläche von 1600m². Diese Birke produziert täglich genügend Luft für 10 Menschen, nämlich stündlich etwa 1,71kg. Dabei verbraucht sie im selben Zeitraum 2,4kg CO₂ (Bernatzky 1969).

Zu den Wachstumsbedingungen von verschiedenen Baumarten in der Stadt ist bisher wenig bekannt. Sind Bäume in Monokulturen zunehmend von Klimaschäden oder baumartspezifischen Krankheiten befallen, so sind Stadt- und Straßenbäume in Berlin ganz anderen Arten von Gefahren ausgesetzt, wie z.B. Schäden durch Verkehr und Baustellen, zunehmende Trockenheit und Schadstoffe (SenStadtUm 2015). Daher kommt es zu Wachstumsunterschieden zwischen Stadt- und forstwirtschaftlich genutzten Bäumen, die bislang noch nicht genau quantifiziert wurden. Auf lange Sicht wird dennoch angenommen, dass sich die Vor- und Nachteile von Stadtbäumen gegenüber Bäumen aus Forstbeständen ausgleichen. Die Informationen zur Wuchsleistung von Bäumen werden im Folgenden auf Stadtbäume angewandt.

Die Berechnung der Kohlenstoffbindung pro Baum und Jahr (oder Tag) wurde anhand der oben genannten Daten zur GWL beispielhaft von der Organisation *I Plant A Tree* für eine Buche durchgeführt. Diese Rechenmethode würde im Kontext einer Modellberechnung für das jährliche C-Bindungsvermögen jedoch nicht das nichtlineare Wachstum von Bäumen berücksichtigen. Um diesen Fehler zu umgehen, wird die Rechenmethode abstrahiert und die Kohlenstoffbindung von Bäumen in Bezug auf ihre gesamte Lebenszeit betrachtet.

Die Berechnung des Kohlenstoffgehalts wird für zwei der neun klimaangepassten Baumarten nach Roloff (2010) vorgenommen und als Referenzwert für alle zukünftigen Neupflanzungen gemittelt. In der Liste klimaangepasster Baumarten wird die Sand-Birke (*lat. Betula pendula Roth*) als Laubbaum und die Gemeine Kiefer (*lat. Pinus sylvestris L.*) repräsentativ für die Wald-Kiefer als Nadelbaum ausgewählt. Mithilfe der Ertragstabellen der Landesforstanstalt Eberswalde (2004) lassen sich je nach Alter eines Baumbestandes der jeweiligen Baumart die Bestandsmittelhöhen, die Stammzahl und das Derbholumen (DHV) des verbleibenden Bestandes, klassifiziert nach Bonitätsfächern (Ertragsniveaus) herausfinden. Vorausgesetzt wird ein mittleres Ertragsniveau mit einer Bestandsmittelhöhe von 28 Metern bei einem Bestockungsgrad von 1,0 für *Pinus sylvestris* und 2,0 für *Betula pendula* (Cremer, 2015). Die Formel für die Berechnung der durchschnittlichen Kohlenstoffbindung je klimaangepassten Baum nach 100 Jahren der Pflanzung ist wie folgt:

$$C_{Baum} = F_{CO_2} \left(\frac{F_{BZ}(V_{DH}) * r_0}{n_{Stämme}} \right)$$

In Tabelle 10 sind die Voraussetzungen und Berechnungsgrundlagen der Klimaschutzpotenzialanalyse nach Quellen dokumentiert. Es zeigt sich, dass mit jedem neugepflanzten Baum im Kiez nach 100 Jahren seit Pflanzung mit einer durchschnittlichen Kohlenstoffbindung von **3,64 tCO₂** gerechnet werden kann. Werden alle nicht besetzten Baumscheiben sowie die zusätzlich identifizierten potenziellen Baumstandorte mit einer klimaangepassten Baumart begrünt, können nach 100 Jahren etwa **105 tCO₂** gespeichert werden.

Tabelle 10 - Berechnung des Klimaschutzpotenzials klimaangepasster Bäume (eigene Berechnung)

Angaben zu verbleibenden Bestand	<i>Pinus sylvestris</i> (Kiefer)	<i>Betula pendula</i> Roth (Sandbirke)	Quelle
Voraussetzungen:			
• Bestandsalter: 100 Jahre			Cremer, 2015
• Ertragsniveau: mittel			LWF, 2011
• CO ₂ -Umrechnungsfaktor: $F_{co2} = 3,67 C$			Erretkamps, 2009
• Ø Faktor gesamter Biomassezuwachs zum Derbholzvolumen: $F_{BZ} = 1,33$			Bade, 2014
• Anzahl möglicher Baumstandorte: 29			
Bestandsmittelhöhe (in m)	28	28	
Bestockungsgrad	1,0	2,0	
Stammzahl $n_{Stämme}$ (in Anzahl Bäume)	300	215	LFE, 2004
Derbholzvolumen V_{DH} (in m ³ /ha)	520	215	
Ø Darrdichte r_0 (in t/m ³)	~0,485 (0,46 – 0,51)	~0,645 (0,61 – 0,68)	Sell, 1997 Wagenführ, 1999
C-Bindung je Baum (in tCO₂e)	4,11	3,16	
Ø C-Bindung je klima-angepasster Baum C_{Baum} (in tCO ₂)		3,64	
CO₂-Bindung Straßenbaumbegrünung gesamt (in tCO₂)		105,41	

6. Schlussfolgerungen und Empfehlungen

6.1. Klimaschutzpotenziale von Dach-, Fassaden-, und Straßenbaumbegrünung

Ziel der vorangegangenen Klimaschutzpotenzialanalyse war es, ein Planungsinstrument für das Klimaschutzmanagement Klausenerplatz zu entwickeln, um die Maßnahmenvorschläge zur Begrünung des Stadtgebiets im Hinblick auf ihren Beitrag zu den ambitionierten Klimaschutzziele zu evaluieren und zu priorisieren. Die Vermeidung und Speicherung von Treibhausgasen ist dabei ein klimatischer Aspekt, der wie viele andere stadtplanerische Faktoren in den Entwicklungs- und Klimaanpassungsprozess des Landes Berlin und der einzelnen Bezirke integriert werden muss. Die Empfehlungen an das Klimaschutzmanagement beziehen sich daher ausschließlich auf diesen einen klimatischen Faktor. Zu Beginn dieser Arbeit wurden die Auswirkungen der Dach-, Fassaden-, und Straßenbaumbegrünung auf weitere klimatische Faktoren, wie die Abschwächung des Wärmeinseleffekts, durch bekannte Forschungsergebnisse und Studien beschrieben. Während die sonstigen klimatischen Veränderungspotenziale der Begrünungen je nach Bedeutung für die Stadtplanung einen gleichen oder höheren Stellenwert als die Reduzierung von Treibhausgasen haben können, nehmen sie keinen Einfluss auf die folgenden Schlussfolgerungen und Empfehlungen. Die Ergebnisse der Klimaschutzpotenzialanalyse können der Tabelle 11 entnommen werden.

Tabelle 11 - Vergleich der Klimaschutzpotenziale von Dach-, Fassaden- und Straßenbaumbegrünung

	Dach- begrünung	Fassaden- begrünung	Straßenbaum- begrünung	kombiniert
Gesamte begrünbare Fläche (in m ²) bzw. potenzielle Baumpflanzungen (in # Bäumen)	113,129	249,262	29	-
Gesamte begrünbare Flächen (in % Gesamtfläche Kiez)	76,41	86,82	3,25	-
Klimaschutzpotenzial (in tCO ₂)	4345	1912	105,41	6362,41
Klimaschutzpotenzial bei Begrünung von 10% potenziell begrünbarer Flächen (in tCO ₂)	434,5	191,2	10,9 (3 Bäume)	636,6
Klimaschutzpotenzial Szenario 2020	33,94	10,32	k.A.	44,26
Klimaschutzpotenzial Szenario 2030	99,88	51,64	k.A.	151,52
Klimaschutzpotenzial Szenario 2050	231,73	104,55	k.A.	336,28

Insgesamt zeigt die Analyse, dass die Dachbegrünung mit extensiven Sedum-Moos-Arten das größte Potenzial besitzt CO₂ zu binden und einzusparen. Werden 10 Prozent aller potenziell begrünbaren Flächen begrünt werden bis zu **434 tCO₂** im Vergleich zum Referenzjahr gespeichert. Dies ist zum größten Teil auf die Energieeinsparungen durch die zusätzliche

Dämmwirkung von Dachbegrünungssystemen zurückzuführen. Kurz- und mittelfristig gesehen werden durch die Dachbegrünung rund doppelt so viel Treibhausgase gebunden und eingespart als bei der Fassadenbegrünung. Die Fassadenbegrünung hat mit **191 tCO₂** nur ein fast halb so großes Begrünungspotenzial wie die Dachbegrünung. Nichtsdestoweniger sind fast 87 Prozent aller Fassaden im Kiez auf irgendeine Weise begrünbar. Das sind fast 25 Hektar.

Wie zu Beginn erwähnt wurde sind Charlottenburg und der Klausenerplatz-Kiez durch die hohe Anzahl von Straßenbäumen bereits grüner im Vergleich zu anderen Stadtteilen. Das Potenzial der Straßenbaumbegrünung ist mit nur 3,25 Prozent aller offenen und belegten Straßenbaumstandorte sehr klein. Würden dennoch die verbleibenden offenen Baumscheiben belegt werden, könnten insgesamt über **105 tCO₂** bezogen auf eine Lebensdauer von 100 Jahren in Bäumen gespeichert werden. Kombiniert man alle Maßnahmen und erreicht damit eine zehnjährige Begrünung aller potenziellen Flächen und Standorte, würden knapp **637 tCO₂** im Vergleich zum Referenzjahr gespeichert oder eingespart werden. Das ist eine Reduzierung der Treibhausgasemissionen von 2009 um mehr als eineinhalb Prozent. Im Klimaschutzkonzept für den Klausenerplatz ist dies vergleichbar mit der Maßnahme, dass etwa 8 Prozent aller Anwohner Ökostrom beziehen würden. Da dieses Ziel aber erst nach 2050 erreicht werden kann, besitzen alle Begrünungsmaßnahmen zusammengenommen ein geringes Klimaschutzpotenzial.

Wegen der zeitlichen Verzögerungen durch das Pflanzenwachstum und die verspätete Dämmwirkung bei Fassadengrün, können durch alle Maßnahmen auf kurze Sicht nur **44 tCO₂** gespeichert werden. Das bedeutet eine Reduzierung der CO₂-Emissionen im Vergleich zu 2009 um gerade mal 0,1 Prozent. Als alleinige Maßnahmen haben alle Begrünungsmaßnahmen auf kurze Sicht also ein sehr geringes Klimaschutzpotenzial.

6.2. Klimaschutz-Kosten-Effizienz

Ein Kriterium, welches im Rahmen des Klimaschutzmanagements dennoch einen großen Effekt auf die Priorisierung von Begrünungsmaßnahmen haben wird, sind die voraussichtlichen Kosten je Begrünungseinheit. Im Zuge sinkender Haushaltsmittel für Umwelt- und Klimaschutzprogramme sollte somit gewährleistet werden, dass Maßnahmen zur Reduzierung von Treibhausgasen auch im Rahmen der finanziellen Umsetzbarkeit liegen beziehungsweise eine hohe CO₂-Reduzierung je Kosteneinheit aufweisen. Nachfolgend wird dies als Klimaschutz-Kosten-Effizienz beschrieben und in €/kgCO₂ ausgedrückt. Dieser Kennwert soll Aufschluss darüber geben, welche Begrünungsmaßnahme bezogen auf das Gesamtklimaschutzpotenzial im Durchschnitt am meisten Treibhausgase je investierten Euro bindet oder einspart. Weiterführende Informationen diesbezüglich können der Tabelle 12 und dem Anhang 4 entnommen werden.

Tabelle 12 – Kosten je Begrünungseinheit und Klimaschutz-Kosten-Effizienz nach Begrünungsarten (KKE)

	Dachbegrünung	Fassadenbegrünung	Straßenbäume
Kosten/Einheit	extensiv: 20-30€/m ² intensiv: 60€/m ²	bodengeb.: 15-35€/m ² fassadengeb.: >400€/m ²	1200€/Baum/erste 3 Jahre (9€/Baum/Jahr ab 4. Jahr *Inflationsrate: 1,5%)
Klimaschutz-Kosten-Effizienz	extensiv: 0,53-0,80€/kgCO₂	bodengebunden: 1,05-2,48€/kgCO₂	Alter von 100 Jahren vorausgesetzt: 0,33-0,75€/kgCO₂

Mit nur 0,33 – 0,75€ können Straßenbäume die höchste Klimaschutz-Kosten-Effizienz vorweisen, wenngleich das Gesamtklimaschutzpotenzial für sie gering ausfällt. Die Pflege und Unterhaltung durch das bezirkliche Grünflächenamt sind im Gegensatz zu den hohen Kosten der ersten drei Jahre nach Pflanzung in den Folgejahren sehr gering. Auch die extensive Dachbegrünung ist mit 0,53 – 0,80€ eine ebenso kostengünstige Klimaschutzmaßnahme, insofern der Begrünung nicht eine sehr kostenintensive Anpassung der Dachkonstruktion vorausgeht. In diesem Fall können die Kosten sehr hochausfallen. Die bodengebundene Fassadenbegrünung erscheint mit 1,05 – 2,48€ in erster Linie als teuer, zeichnet sich jedoch durch ihre Fähigkeit aus, bei korrekter Ausführung und Pflege weitere Kosten einzusparen, z.B. durch Langlebigkeit der Fassade durch Strahlungsschutz.

6.3. Priorisierung von Begrünungsmaßnahmen

Sowohl in der Analyse des gesamten Kohlenstoffbindungspotenzials als auch in den Modellszenarien konnte unter realistischen Voraussetzungen festgestellt werden, dass die extensive Dachbegrünung von Gebäuden im Klausenerplatz-Kiez das größte Potenzial der drei Begrünungsarten für die Reduzierung der Treibhausgase besitzt. Gleichermäßen weist die extensive Begrünung von Dächern nach den Straßenbäumen die vergleichsweise höchste Klimaschutz-Kosten-Effizienz auf. Da der Klimaschutzmanager lediglich Gebäudeeigentümern bzw. Eigentumsgesellschaften im Kiez als Motivator und Berater zur Seite stehen kann, empfiehlt es sich zu allererst Gebäudeeigentümer über verschiedene Kommunikationskanäle anzusprechen, für die eine potenzielle Dachbegrünung maximale Energieeinsparungen bei minimalem Kostenaufwand bedeuten würde. Dies betrifft in erster Linie Gebäude der GEWO BAG mit einem Flachdach, z.B. Kiesdach. Weiterhin sind private Eigentümer, die selbst in unmittelbarer Nähe zu begrünten Gebäuden wohnen laut Studien eher dazu geneigt im Laufe einer Sanierung eine Gebäudebegrünung anzustreben (BfN 2014). Daher sind Gebäude in Anbindung von grünen Straßenzügen und Hinterhöfen mit Begrünungsbestand, siehe z.B. Ziegenhof Block 128, eher dazu geneigt, ebenfalls eine Dach- oder Fassadenbegrünung gutzuheißen.

Die Fassadenbegrünung besitzt das zweitgrößte Klimaschutzpotenzial der Begrünungen. Während fast 9 von 10 Fassaden für eine Begrünung geeignet sind, sind hingegen nur 3 von 4 Dächern begrünbar. Vergleicht man die Vorbereitung, die Pflanzung und die Pflege der Begrünungsarten, so muss bei der bodengebundenen Fassadenbegrünung am wenigsten Aufwand betrieben werden. Dies zusammen mit den niedrigen Vorlaufkosten und dem

großen Flächenpotenzial macht die Fassadenbegrünung zu der einfachsten Begrünungsmethode für Gebäudeeigentümer. Trotzdem gibt es weiterhin viele Vorurteile gegenüber der Begrünung von Fassaden, allem voran Beschädigungen an der Fassade und Ungezieferereintrag. Eine Aufklärungskampagne zum ökologischen, ökonomischen und gesundheitlichen Nutzen von Fassadengrün kann diese Vorurteile aus dem Weg räumen. Die Einbeziehung von Anwohnern und deren Erfahrungen mit grünen Fassaden kann zudem die Hemmschwelle ihrer Nachbarn für eine Pflanzung von Kletterpflanzen senken.

Das Potenzial Straßenbäume zu pflanzen ist im Kiez größtenteils ausgereizt. Lediglich 29 von 893 Baumstandorten sind nicht besetzt. Zudem schränken Straßenbäume in engen Straßenschluchten, so wie sie im Klausenerplatz-Kiez gefunden werden können, die Durchlüftung ein. Dabei sind Kühlluftschneisen gerade in dicht bebauten Stadtvierteln wichtig, um den Abtransport von sommerlicher Wärmestrahlung zu gewährleisten. Dennoch stellen Straßenbäume ein einfach zu erreichendes Ziel für das Klimaschutzmanagement dar, denn die Entscheidung über die Begrünung obliegt dem bezirklichen Grünflächenamt. Die Kosten für die Neupflanzung und Pflege aller potenziellen Bäume der ersten drei Jahre von insgesamt 34'800€ sind hoch. Nichtsdestoweniger sind die Folgekosten auf die voraussichtliche Lebenszeit jedes Stadtbaums bezogen sehr niedrig. Um die Beziehung der Kiezbewohner mit ihrem Stadtgrün weiter auszubauen und die Anstrengungen des Kiezbüros zu ehrenamtlichen Engagement zu unterstützen, sollte die Spendenkampagne für Baumspenden und Baumpatenschaften ausgeweitet werden. Eine größere Beteiligung der Anwohnerschaft trägt damit gleichermaßen zur Akzeptanz weiterer Klimaschutzmaßnahmen bei, die möglicherweise einen Eingriff in die Privatsphäre darstellen würden, z.B. der Wechsel zu Ökostrom oder nachhaltigem Konsumverhalten.

6.4. Empfehlungen an das Klimaschutzmanagement Klausenerplatz

Im Folgenden werden generelle und blockspezifische Empfehlungen aufgelistet, die sich aus der Literaturrecherche, den Ergebnissen zur Kartierung und der Klimaschutzpotenzialanalyse ergeben. Detaillierte Informationen zu den Potenzialen und Beständen einzelner Blöcke finden sich in Anhang 5.

6.4.1. Empfehlungen für die Begrünung von Dächern

Allgemein:

- Aufklärungskampagne zum ökologischen, ökonomischen und gesundheitlichen Wert von Dachgrün
- Beratung und Förderung für Gebäudeeigentümer mit Flachdächern (schnelle Amortisierung der Kosten)
- Beratung und Förderung für Gebäudeeigentümer mit großer Dachoberfläche im Verhältnis zur Wohnnutzfläche (hohe Energieeinsparungspotenziale)
- Beratung und Förderung für Gebäudeeigentümern, die Gebäude mit Dachbegrünungen in der Nachbarschaft haben (Nachahmungseffekte)
- Prüfung der Möglichkeiten geteilter Abwasserrechnung bei den BWB für den Kiez

Blockspezifisch:

- Größtes Begrünungspotenzial (in % aller Dachflächen): Block 112 (88%; 0,86ha)
- Größtes flächenbezogenes Begrünungspotenzial:
 1. Block 129: 1,58ha; 82%
 2. Block 130: 0,93ha; 85%
 3. Block 128: 0,9ha; 76%
- Größtmöglichen Nachahmungseffekte: Block 116 (60% aller Dachflächen sind Bestandsflächen)
- Kleinstes Begrünungspotenzial:
 1. Block 145: 0,69ha (2/3 aller Dachflächen)
 2. Block 144: 0,68ha (1/2)
 3. Block 143: 0,65ha (5/6)

6.4.2. Empfehlungen für die Begrünung von Fassaden

Allgemein:

- Aufklärungskampagne zum ökologischen, ökonomischen und gesundheitlichen Wert von Fassadengrün
- Beratung und Förderung für Gebäudeeigentümer mit großem Potenzial für bodengebundene Fassadenbegrünung ohne Kletterhilfe (geringe Kosten, geringer Pflegeaufwand)
- Beratung und Förderung für Gebäudeeigentümer, deren Gebäude zur Straßenseite Möglichkeiten der bodengebundenen Fassadenbegrünung aufweisen (Sichtbarkeit)
- Beratung und Förderung für Gebäudeeigentümer, die Gebäude mit sichtbarer Fassadenbegrünung in der Nachbarschaft haben (Nachahmungseffekte)
- Prüfung zur schnelleren Bewilligung von Flächenentsiegelungsanträgen an Straßenschluchten für bodengebundene Fassadenbegrünung

Blockspezifisch:

- Größtes prozentuales Begrünungspotenzial: Block 103, 118, 129, 143, 145, 147 (je >99% aller Fassadenflächen sind begrünbar)
- Größtes flächenbezogenes Begrünungspotenzial (alle Fassadenflächen außer Bestandsflächen)
 1. Block 128: 2,46ha; 98,2%
 2. Block 129: 2,20ha; 99,6%
 3. Block 117: 1,93ha; 94,9%
- Größtmöglichen Nachahmungseffekte:
 1. Block 145 (0,37ha; 20,68% Bestandsflächen)
 2. Block 143 (0,17ha; 15,73% Bestandsflächen)
 3. Block 128 (0,41ha; 14,15% Bestandsflächen)
- Kleinstes Begrünungspotenzial:
 1. Block 148: 0,38ha (23,39% aller Flächen nicht begrünbar)
 2. Block 144: 0,36ha (19,15% aller Flächen nicht begrünbar)

6.4.3. Empfehlungen für die Begrünung von Straßenbäumen

Allgemein:

- Beantragung von Haushaltsmitteln für die Neupflanzung von Bäumen auf leeren Baumscheiben (siehe Karten Anhang 5)
- Ausbau der Spendenkampagne „Straßenbäume für Berlin“ auf Kiez-ebene

Blockspezifisch:

- Block 111/116: Fünf leere Baumscheiben und eine weiterer Baumstandort durch Entsiegelung (vor Christstraße 25)
- Block 148: Drei potenzielle Baumstandorte in der Wundtstraße, 3 weitere am Eingang der Knobelsdorffstraße
- Block 102: Fünf mögliche Baumstandorte am Klausenerplatz

In Abwägung der gewünschten Effekte von Begrünungen, z.B. Ästhetik, Gesundheit, Klimaanpassung, sollte das Klimaschutzmanagement jedoch weitere relevante Faktoren berücksichtigen, die nicht Einzug in diese Analyse gefunden haben. Ungeachtet der Bedeutung des Kohlenstoffbindungsvermögens von Begrünungen für den Klimaschutz, sollten deren Vorteile für die Klimaanpassung der Städte und der erhöhten Lebensqualität für Menschen einen größeren Stellenwert in der Bewertung von Begrünungsmaßnahmen einnehmen.

7. Diskussion, Kritik und Ausblick

Ziel dieser Arbeit war es einen Beitrag zum kommunalen Klimaschutzmanagement im Klausenerplatz-Kiez zu leisten. Durch die wissenschaftlich fundierte Analyse der Klimaschutzmaßnahme zum Erhalt und Ausbau von Kiezgrün, sollten die Handlungsoptionen für das Klimaschutzmanagement eingegrenzt werden. Die Klimaschutzpotenzialanalyse erwies sich somit als hilfreich, Begrünungsmaßnahmen nach ihrem Kohlenstoffbindungs- und -einsparungspotenzial zu priorisieren. Des Weiteren war die Dokumentation und Kartierung von Beständen sowie potenzieller Flächen und Standorte der Begrünungen ein essentielles Instrument, um Erkenntnisse über Einzelpotenziale von Straßenzügen und Blöcken zu gewinnen. Die daraus entstandenen Lagepläne werden zielführend genutzt, um einzelne Hausbesitzer oder Eigentumsgesellschaften anzusprechen und sie auf die Klimaschutz- und Energieeinsparungspotenziale aufmerksam zu machen.

Eingeschränkte Generalisierung der Ergebnisse: Der Nachteil einer sehr spezifischen Untersuchung wie der Klimaschutzpotenzialanalyse ist, dass sich ihre Ergebnisse nur schlecht generalisieren lassen und in Empfehlungen für ein Klimaschutzmanagement fassen lassen, welches neben den ökologischen auch wirtschaftliche und soziale Kriterien in die Entscheidung über Klimaschutzmaßnahmen einfließen lassen muss. Die Ergebnisse und Empfehlungen dieser Arbeit sind daher nur vor dem Hintergrund der Treibhausgasreduzierung zu bewerten. Wie zuvor bereits erwähnt, bleiben darüber hinaus auch andere klimarelevante Faktoren in der Potenzialanalyse unberücksichtigt, die einen ebenso großen oder sogar größeren Einfluss auf das zukünftige Stadtklima haben. Demnach wird dem Kohlenstoffbindungsvermögen von Begrünungen möglicherweise durch den Begriff des Klimaschutzpotenzials zu viel Bedeutung für den Klimaschutz beigemessen.

Grenzen der Methodik: Ein weiterer kritisierfähiger Aspekt der vorliegenden Arbeit betrifft die Auswahl der Begrünungsmaßnahmen und die begrenzte Methodik, mit der diese Begrünungen untersucht wurden. Die Begrünung von Dächern, Fassaden und Baumscheiben stellen längst nicht alle Möglichkeiten der Begrünung der Stadt dar. Die Analyse der Begrünung von Hinterhöfen, Kleingärten und Innenräumen wurde ebenso geprüft, musste aber aufgrund von fehlender Forschungsergebnisse und begrenzter Kapazitäten aus der Analyse ausgeschlossen werden. Nichtsdestotrotz sollten diese Arten der Begrünung nicht in ihrem Klimaschutzpotenzial unterschätzt werden in zukünftigen Studien analysiert werden. Naturschutzorganisationen wie der BUND Berlin e.V., die Grüne Liga Berlin e.V. oder der NABU weisen bereits mit Kampagnen und Beratungstätigkeiten auf die klimaschutzrelevanten Aspekte dieses Stadtgrüns hin. Bezüglich der Grenzen der Methodik muss darauf hingewiesen werden, dass die errechneten Ergebnisse aus der Klimaschutzpotenzialanalyse Durchschnittswerte mit zum Teil großen Standardabweichungen sind. Dies kann von möglichen Fehlern bei der visuellen Begutachtung und Vermessung (z.B. Fassadentyp, Dachneigung) oder den theoretischen Berechnungsgrundlagen (z.B. keine Berechnung der C-Bindung im Wurzelwerk) herrühren. Da es sich laut StEP Klima bei allen Begrünungsmaßnahmen um „no regret“-Maßnahmen

handelt (S.7), sie also auch bei geringerer Reduzierung der Treibhausgasemissionen in jedem Fall vorteilhaft für die Stadtentwicklung sind, sind diese Grenzen der Methodik nur für weiterführende Studien von Interesse.

Übertragbarkeit: Die Ergebnisse aus dieser Arbeit suggerieren, dass das Klimaschutzpotenzial bzw. das Kohlenstoffbindungsvermögen von Begrünungen in einem dicht bebauten Wohnviertel unter realistischen Entwicklungsbedingungen nur einen kleinen bis sehr kleinen Beitrag zur Reduzierung und Einsparung von Treibhausgasemissionen leisten kann. Dennoch sollte im Zuge der Priorisierung von Klimaschutzmaßnahmen in der Stadt die besondere Bedeutung von Dach-, Fassaden- und Straßenbaumbegrünung für die Verbesserung der Lebensqualität in der Stadt und die Anpassung an den Klimawandel hervorgehoben werden. Aus vielen positiven Praxisbeispielen und Meinungen von Experten der Stadtökologie geht hervor, dass es wenig vergleichbare Maßnahmen in der Stadt gibt, die bei so geringen Investitionen so viele Vorteile für die Gesundheit von Stadtbewohnern und den aktiven Klimaschutz bieten. Dies und weitere Erkenntnisse aus den Untersuchungen des Klausenerplatz-Kiezes sind besonders wichtig und richtungsweisend für andere dicht bebaute Wohnquartiere. Denn in diesen Vierteln sind die Folgen des Klimawandels besonders spürbar, z.B. durch den Wärmeinseleffekt. Folglich sollte diesen anfälligen Stadtteilen eine besondere Aufmerksamkeit in Strategien zur Anpassung an den Klimawandel gewidmet werden. Die Ergebnisse dieser Arbeit bekräftigen dies. Dennoch weisen der Klimaschutzmanager und die bezirkliche Kartografin auf die Besonderheiten des Klausenerplatz-Kiezes hin, welche im Abschnitt 2.9. den Kiez charakterisieren und einer Übertragbarkeit der Ergebnisse im Wege stünden (Nitzsche 2015; Prüter 2015).

Relativierung der Ergebnisse: Obgleich das Klimaschutzpotenzial der Begrünungen als gering eingestuft wird, gilt zu beachten, dass durch eine geringfügige Veränderung der Begrünungsfaktoren, wie z.B. der Erhöhung der Sanierungsrate und des Anteils der begrünungswilligen Gebäudesanierer, hin zu einer schnelleren Umsetzung, mittlere bis große Klimaschutzpotenziale durch Begrünungen erzielt werden können. Dies bedarf jedoch der Kooperation und Umsetzungsfreudigkeit von Eigentumsgesellschaften und Privateigentümern sowie der Unterstützung von Begrünungsmaßnahmen durch bezirkliche Fördermittel.

8. Ausblick

Bisher kann das Klimaschutzmanagement noch keine Einschätzung dazu abgeben, welche der 42 Maßnahmenvorschläge aus dem IKKK letztendlich in den ersten drei Jahren des geförderten Zeitraums umgesetzt werden können. Grundsätzlich ergaben sich aus vereinzelt Gesprächen mit Gebäudeeigentümern und Eigentumsgesellschaften ein Interesse für die Gebäudebegrünung, aber auch viele Vorurteile und Zweifel bezüglich der laufenden Kosten und Akzeptanz bei der Mieterschaft (Prüter 2015). Mit dieser Arbeit wird in jedem Fall nicht nur eine Entscheidungshilfe für Begrünungsmaßnahmen, sondern auch eine Argumentationshilfe geboten, welche es dem Klimaschutzmanagement erlauben sollte, lokalspezifische Aufklärungsarbeit zu leisten und die geeigneten und gewillten Akteure im Kiez zusammenzubringen.

Im November 2014 begann die Entwicklung eines Berliner Energie- und Klimaschutzprogramms, welchem eine Machbarkeitsstudie zur Klimaneutralität Berlins bis 2050 des Potsdam-Instituts für Klimafolgenforschung voranging. Nun sollen in einem stadtweiten Beteiligungsprozess Strategien und Maßnahmen für das Land diskutiert und festgelegt werden. Die quantifizierten Ziele zur Reduktion der in Berlin verursachten CO₂-Emissionen im Vergleich zu 1990 von 40 Prozent bis 2020, 60 Prozent bis 2030 und mindestens 85 Prozent bis 2050 sollen sogar rechtlich verankert werden (SenStadtUm 2015). Diese Entwicklung verläuft parallel zu den Anstrengungen, die bereits seit Jahren separat in den einzelnen Bezirken unternommen werden oder sich in Planung befinden. In Spandau, Friedrichshain, Marzahn-Hellersdorf oder auch Zehlendorf gibt es weitere vergleichbare Klimaschutzmanagements. Bisher finden Treffen einiger dieser Klimaschutzmanager in noch unregelmäßigen Abständen statt. Thematisiert wird unter anderem wie die lokalspezifischen Besonderheiten der Bezirke genutzt werden können, um den Klimaschutz voranzutreiben und was von bisherigen Initiativen gelernt werden kann. „Das Interessante daran“, so berichtet Birger Prüter, „ist, dass selbst diese einzelnen Projekte untereinander gar nicht vergleichbar sind [...]. [Jedes Klimaschutzkonzept] ist komplett anders angelegt“ (2015). Aus diesem Grund sei es schwierig Erkenntnisse aus einem Bezirk in anderen Stadtteilen anzuwenden. Zugleich zeichnet dies aber die Stärke des kommunalen Klimaschutzmanagements aus: „dass man sich wirklich jedes einzelne Projekt direkt angucken muss“ (*ibid.*). So hat jeder Bezirk seine eigenen Schwerpunkte und Hebel den Klimaschutz anzupacken. Aus der Stellungnahme des Klimaschutzmanagers geht hervor, dass die Erfahrungen und Erkenntnisse von Klimaschutzinitiativen auf Bezirksebene vonseiten der Landesregierung noch nicht in dem Umfang gesucht werden, als dass diese einen bedeutenden Einfluss auf die Strategien eines Klimaschutzkonzeptes für ganz Berlin hätten.

Es stellt sich also die Frage nach dem Sinn eines gesamtstädtischen Klimaschutzkonzeptes und der Erstellung von Strategien und Maßnahmen, wenn sich die Ansätze für den Klimaschutz auf Ebene der Kommunen beinahe grundsätzlich unterscheiden. Hier gilt es in den kommenden Jahren die verschiedenen Planungsebenen des Landes besser zu vernetzen sowie problembasierte und kontextspezifische Lösungsansätze zur Anpassung an den

Klimawandel und der Vermeidung der Folgen des Klimawandels zu fördern. Unter anderem kann dies durch das Global Change Management gewährleistet werden.

9. Quellenverzeichnis

- Amt für Statistik Berlin-Brandenburg (2010): Statistisches Jahrbuch Berlin 2010. Kulturbuch-Verlag GmbH, Berlin.
- Andritzky, M. (1985): Grün in der Stadt: von oben, von selbst, für alle, von allen. Deutscher Werkbund. Reinbek bei Hamburg.
- Armson, D.; Stringer, P.; Ennos, a.R. (2012): The effect of tree shade and grass on surface and globale temperatures in an urban area. In: Urban Forestry & Urban Greening 11 (3), S. 245-255.
- Bade, C. (2014): Interview.
- Bartfelder, F.; Köhler, M. (1987): Experimentelle Untersuchungen zur Funktion von Fassadenbegrünungen, Dissertation Freie Universität Berlin.
- Bayerische Landesanstalt für Wald und Forstwirtschaft (LWF) (Hg.) (2011): Merkblatt 27: Kohlenstoffspeicherung von Bäumen. Bayerische Landesanstalt für Wald und Forstwirtschaft (LWF), Freising. Online verfügbar unter http://www.waldwissen.net/wald/klima/wandel_co2/lwf_merkblatt_27/index_DE/priinterfriendly, zuletzt geprüft am 06.11.2014.
- Becker, G.; Mohren, R. (1990): Der Biotopflächenfaktor als ökologischer Kennwert. Grundlagen zur Ermittlung und Zielgrößenbestimmung. Landschaft Planen & Bauen. Berlin. Online verfügbar unter http://www.stadtentwicklung.berlin.de/umwelt/landschaftsplanung/bff/download/Auszug_BFF_Gutachten_1990.pdf, zuletzt geprüft am 06.01.2015.
- Berliner Morgenpost. (Hg.) (09.12.14). Umweltverwaltung sucht Spender für Berliner Stadtbäume. Online verfügbar unter <http://www.morgenpost.de/berlin/article135166633/Umweltverwaltung-sucht-Spender-fuer-Berliner-Stadtbaeume.html>, zuletzt geprüft am 13.01.2014.
- Bernatzky, A. (1966): Climatic Influences of Greens and City Planning. In: Athos 1/1966, S.23ff.
- Bernatzky, A. (1969): The performance and value of trees. In: Athos 1/1969, S.125.
- Bundesamt für Naturschutz (BfN) (Hg.) (2014): Grün, natürlich, gesund: Die Potenziale multifunktionaler städtischer Räume. BfN-Skripten 371. Berlin.
- co2online. (Hg.) (2009): Heizkostenspiegel Bundesweit 2009. Online verfügbar unter <http://www.heizspiegel.de/heizspiegel/bundesweiter-heizspiegel/>, zuletzt geprüft am 20.01.2015.
- co2online. (Hg.) (2014): Heizkostenspiegel Bundesweit 2014. Online verfügbar unter <http://www.heizspiegel.de/heizspiegel/bundesweiter-heizspiegel/>, zuletzt geprüft am 20.01.2015.

Cremer, T. (2015): Interview.

Deutscher Wetterdienst (DWD) (Hg.) (2010). Klimadaten Berlin. Wetterstation Berlin-Dahlem. Online Zugriff unter http://www.dwd.de/bvbw/appmanager/bvbw/dwdwwwDesktop?_nfpb=true&_state=maximized&_windowLabel=T82002&T82002gsbDocumentPath=Navigation%2FOeffentlichkeit%2FKlima__Umwelt%2FKlimadaten%2Fkldaten__kostenfrei%2Fausgabe__ta_geswerte__node.html%3F__nnn%3Dtrue&_pageLabel=_dwdwww_klima_umwelt_klimadaten_deutschland&switchLang=de, zuletzt geprüft 02.01.2015.

De Vries, S.; Verheij, R. A.; Groenewegen, P. P.; Spreeuwenberg, P. (2003): Natural environments – healthy environments? An exploratory analysis of the relationship between greenspace and health. In: *Environment and Planning A* 35, S.1717-1731.

Erretkamps, J. (2009): Infoblatt: CO₂-Bindung von Bäumen. Online verfügbar unter www.iplantatree.org, zuletzt geprüft am 06.11.2014.

Eumorfopoulou, E.A.; Kontoleon, K.J. (2008): Experimental approach to the contribution of plant-covered walls to the thermal behavior of building envelopes. In: *Building and Environment*, S.1-15.

Fachvereinigung Bauwerksbegrünung e.V. (FBB) (Hg.) (2010a): Grüne Innovation Dachbegrünung. Fachvereinigung Bauwerksbegrünung e.V. Saarbrücken.

Fachvereinigung Bauwerksbegrünung e.V. (FBB) (Hg.) (2010b): Grüne Innovation Fassadenbegrünung. Fachvereinigung Bauwerksbegrünung e.V. Saarbrücken.

Forschungsgesellschaft Landschaftsentwicklung Landschaftsbau e.V. (FLL) (Hg.) (2013): Gebäude, Begrünung und Energie: Potenziale und Wechselwirkungen. Abschlussbericht August 2013. FLL Schriftenreihe Forschungsvorhaben V 2014/01. Forschungsgesellschaft Landschaftsentwicklung Landschaftsbau e.V. Bonn.

Getter, K.L.; Rowe, D.B. (2006): The role of extensive green roofs in sustainable development. In: *HortScience* 41 (5). S.1276-1285.

Getter, K.L.; Rowe, D.B.; Robertson, G.P.; Cregg, B.M.; Andresen, J.A. (2009): Carbon Sequestration Potential of Extensive Green Roofs. In: *Environmental Science & Technology* 43 (19). S.7564-7570.

Grahn, P.; Stigsdotter, U. A. (2003): Landscape planning and stress. In: *Urban Forestry & Urban Greening* 2 (1). S.1-18.

Hagentoft, C.E. (2003): Introduction to Building Physics. Schweden: Studentenlitteratur AB.

Harlaß, R. (2008): Verdunstung in bebauten Gebieten. Universität Dresden.

Herwarth & Holz (2010): Fachgutachten zum Stadtentwicklungsplan Klima Berlin. TU Berlin Fachgebiet Landschaftsplanung und Landschaftsentwicklung. Berlin.

Heusinger, J. (2013): Untersuchung mikroklimatischer Aspekte von Dachbegrünungen mittels Messung und Modellierung. TU Braunschweig.

- Institut für Agrar- und Stadtökologische Projekte an der Humboldt-Universität (IASP) (Hg.) (2012): CO₂-Bindungsvermögen der für die Bauwerksbegrünung typischen Pflanzen. Projektbericht für die Fachvereinigung Bauwerksbegrünung e.V. (FBB). Online verfügbar unter www.iasp.asp-berlin.de/bilder/co2-2012.pdf, zuletzt geprüft am 08.10.2014.
- Kabisch, N.; Haase, D. (2011): Gerecht verteilt? Grünflächen in Berlin. In: Zeitschrift für amtliche Statistik Berlin Brandenburg. Online verfügbar unter https://www.statistik-berlin-brandenburg.de/Statistiken/statistik_arti.asp?Ptyp=250&Sageb=33000&creg=BBB&anzwer=4, zuletzt geprüft am 28.12.2014.
- Köhler, M. (Hg.) (1993): Fassaden- und Dachbegrünung. Stuttgart: Ulmer.
- Köhler, M.; Schmidt, M. (1997): Hof-, Fassaden- und Dachbegrünung. Zentraler Baustein der Stadtökologie. In: Schriftenreihe im Fachbereich Umwelt und Gesellschaft. TU Berlin.
- Köhler, M. (2008): Green facades – a view back and some visions. In: Urban Ecosystems 11. S.423-436.
- Köhler, M. (Hg.) (2012): Handbuch Bauwerksbegrünung. Planung, Konstruktion, Ausführung. Köln.
- Köhler, M. (2014): Interview. 7.FBB-Fassadensymposiums Berlin Adlershof.
- Köhler, M.; Malorny, W. (2006): Wärmedämmeigenschaften von Dachsubstraten mit Vegetationsschicht extensiver Dachbegrünung. In: Dach + Grün 15 (3).
- Kolb, W. (2002): Dachbegrünung. In: Veitshöchheimer Berichte aus der Landespflege. Heft 66. Bayerisches Staatsministerium für Landwirtschaft und Forsten.
- Krusche, P.; Althaus, M.; Gabriel, D. (1982): Ökologisches Bauen. C.F. Müller. Wiesbaden, Berlin.
- Kuttler, W. (1987): Stadtklimatologie: eine Bildmediensammlung zur Westfälischen Landeskunde. In: Grundlagen und Probleme der Ökologie, 4. Landschaftsverband Westfalen-Lippe. Münster.
- Land Berlin (Hg.) (2011): Integriertes Kommunales Klimaschutzkonzept für den Klausenerplatz-Kiez in Berlin Charlottenburg-Wilmersdorf. Bezirksamt Charlottenburg-Wilmersdorf, Berlin. Online verfügbar unter <http://www.berlin.de/ba-charlottenburg-wilmersdorf/verwaltung/aemter/umwelt-und-naturschutzamt/umweltschutz/umweltschutzprojekte/artikel.112887.php>, zuletzt geprüft am 20.01.2014.
- Landesforstanstalt Eberswalde (LFE) (Hg.) (2004): Hilfstafeln für den Forstbetrieb. Landesforstanstalt Eberswalde. Online verfügbar unter <http://forst.brandenburg.de/cms/media.php/lbm1.a.4595.de/hilfstaf.pdf>, zuletzt geprüft am 19.01.2015.
- Landsberg, H.E.; Maisel, T.N. (1972): Micrometeorological observations in an area of urban growth. In: Boundary Layer Meteorology 1. S.61-63.

- Landsberg, H. (1981): *The urban climate*. International Geophysics Series 28. Academic Press. New York.
- Minke, G. (1985): Häuser mit grünem Pelz – Über Möglichkeiten und Nutzen, Häuser zu begrünen. In: Andritzky, M. (Hg.) (1985): *Grün in der Stadt: von oben, von selbst, für alle, von allen*. Deutscher Werkbund. Reinbek bei Hamburg.
- Minke, G.; Witter, G. (Hg.) (1982): *Häuser mit grünem Pelz – ein Handbuch zur Hausbegrünung*. Verlag D. Fricke. Frankfurt.
- Ng, E. et al. (2012): A study on the cooling effects of greening in a high-density city: An experience from Hong Kong. In: *Building and Environment* 47. S.256-271.
- Niachou, A. et al. (2001). Analysis of the green roof thermal properties and investigation of its energy performance. In: *Energy and Buildings* 33 (7). S.719 – 729. In Castleton, H.F. et al. (2010): Green roofs: building energy savings and the potential for retrofit. In: *Energy and Buildings* 42 (10). S.1582-1591. Online verfügbar unter <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0378778810001453>, zuletzt geprüft 11.11.2014.
- Nieuwenhuis, M.; Knight, C.; Postmes, T.; Haslam, S. A. (2014): The Relative Benefits of Green Versus Lean Office Space: Three Field Experiments. In: *Journal of Experimental Psychology: Applied*. Online verfügbar unter <http://dx.doi.org/10.1037/xap0000024>, zuletzt geprüft am 01.12.2014.
- Nitzsche, C.(2015): Interview.
- Ökokauf Wien. (Hg.) (2013): *Leitfaden Fassadenbegrünung 1*. Ausgabe 1/2013. Magistrat der Stadt Wien, Programm für umweltgerechte Leistungen. Wien.
- Peng, L.H.; Jim, C.Y. (2013): Green-Roof Effects on Neighborhood Microclimate and Human Thermal Sensation. In: *Energies* 6, S.598-618
- Prüter, B. (2015): Interview.
- Pugh, T.A.M. et al. (2012): Effectiveness of green infrastructure for improvement of air quality in urban street canyons. In: *Environmental science & technology* 46 (14). S.7692-9. Online verfügbar unter <http://pubs.acs.org/doi/abs/10.1021/es300826w>, zuletzt geprüft am 05.01.2015.
- Roloff, A. (Hg.) (2010): Urbane Baumartenwahl im Klimawandel. In: *Stadtentwicklungsplan Klima der Senatsverwaltung für Stadtentwicklung und Umwelt 2011*. Berlin. 11, S.42
- Roloff, A. (Hg.) (2013): *Bäume in der Stadt. Besonderheiten, Funktionen, Nutzen, Arten, Risiken*. Ulmer. Dresden.
- Rosenzweig, C.; Solecki, W.; Parshall, L.; Gaffin, S.; Lynn, B.; Goldberg, R.; Cox, J.; Hodges, S. (2012): Mitigating New York City's heat island with urban forestry, living roofs, and light surfaces. NASA Goddard Institute for Space Studies. Online verfügbar unter <http://www.giss.nasa.gov/research/news/20060130/103341.pdf>, zuletzt geprüft am 06.01.2015.

- Schröder, F.G. (2009): Automatisierte, biologische, senkrechte, städtische Fassadenbegrünung mit dekorativen funktionellen Parametern. Abschlussbericht zum Kooperationsprojekt im Rahmen von PRO INNO II. HTW Dresden.
- Sell, J. (1997). Eigenschaften und Kenngrößen von Holzarten. Baufachverlag Lignum. Zürich.
- Senatsverwaltung für Gesundheit und Soziales (SenGesSoz) (Hg.) (2009): Erster Bericht zum Klimawandel in Berlin. Auswirkungen und Anpassungen. Senatsverwaltung für Gesundheit, Umwelt und Verbraucherschutz. Berlin.
- Senatsverwaltung für Stadtentwicklung (SenStadt) (Hg.) (2010): Konzepte der Regenwasserbewirtschaftung. Gebäudegrünung, Gebäudekühlung. Leitfanden für Planung, Bau, Betrieb und Wartung. Online verfügbar unter http://www.grueneliga-berlin.de/wp-content/plugins/downloads-manager/upload/SenStadt_Regenwasser_dt.pdf, zuletzt geprüft am 22.12.2014.
- Senatsverwaltung für Stadtentwicklung und Umwelt (SenStadtUm) (Hg.) (2012): Bevölkerungsprognose für Berlin und die Bezirke 2011-2030. Online verfügbar unter <http://www.stadtentwicklung.berlin.de/planen/bevoelkerungsprognose/>, zuletzt geprüft am 29.12.2014.
- Senatsverwaltung für Stadtentwicklung und Umwelt (SenStadtUm) (Hg.) (2014a): Der Luftreinhalteplan 2011 – 2017 des Landes Berlin. Online verfügbar unter <http://www.stadtentwicklung.berlin.de/umwelt/luftqualitaet/de/luftreinhalteplan/>, zuletzt geprüft am 26.10.2014.
- Senatsverwaltung für Stadtentwicklung und Umwelt (SenStadtUm) (Hg.) (2014b): Straßenbäume in Berlin. Bericht Nr. 137. Online verfügbar unter http://www.stadtentwicklung.berlin.de/umwelt/stadtgruen/stadtbaeume/de/daten_fakten/downloads/ausw_137.pdf, zuletzt geprüft am 19.01.2015.
- Senatsverwaltung für Stadtentwicklung und Umwelt (SenStadtUm) (Hg.) (2014c). Automatisierte Liegenschaftskarten Berlin. Berlin.
- Senatsverwaltung für Stadtentwicklung und Umwelt (SenStadtUm) (Hg.) (2015): Hintergrund des Berliner Energie- und Klimaschutzprogramms. Online verfügbar unter <https://klimanutrales.berlin.de/stadt/de/home>, zuletzt geprüft am 01.02.2015.
- Senatsverwaltung für Stadtentwicklung und Umwelt (SenStadtUm) (Hg.) (2010): Straßenbaum-Zustandsbericht 2010. Online verfügbar unter http://www.stadtentwicklung.berlin.de/umwelt/stadtgruen/stadtbaeume/de/vitalitaet/index.shtml#strb_ber2010, zuletzt geprüft am 19.01.2015.
- Soriano, C. et al. (2001): Comparison of urban and rural wind speeds, In: Rotach, M.; Fisher, B.; Pieringer, M. (Hg.) (2001): Meteorology Applied to Urban Air Pollution Problems. COST Action 715. S.41-50. Zürich.
- Sukopp, H.; Wittig, R. (Hg.) (1998): Stadtökologie. Ein Fachbuch für Studium und Praxis. Gustav Fischer Verlag. Stuttgart.

- Taha, H.; Akbari, H.; Rosenfeld, A. (1991): heat island and oasis effects of vegetative canopies. Micro meteorological field measurements. In: Theoretical and Applied Climatology 44. S.123-138.
- Thönnessen, M.; Hellack, B. (2005): Staubfilterung durch Gehölzblätter. Anreicherung und Vermeidung von Stäuben bei Wildem Wein und Platane. In: Stadt und Grün 54/12. S. 10-15.
- Umweltbundesamt (UBA) (Hg.) (2010): Klimaschutzpotenziale der Abfallwirtschaft. Am Beispiel von Siedlungsabfällen und Altholz. Online verfügbar unter https://www.google.de/url?url=https://www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/461/publikationen/3907.pdf&rct=j&q=&esrc=s&sa=U&ei=WPXPVNOZGsfrANzsgYgJ&ved=0CBkQFjAB&sig2=bAln2_zHWQZ1977IZkbtuw&usg=AFQjCNFcVvUenB7GdNG1jcuxAboo28ST5Q, zuletzt geprüft am 30.01.2015.
- Umweltbundesamt (UBA) (Hg.) (2015): Daten zur Umwelt 2013. Online verfügbar unter <http://gis.uba.de/Website/luft/index.html>, zuletzt geprüft am 18.01.2015.
- Umweltbundesamt Österreich (UBA Österreich) (Hg.) (2015b). Berechnung von Treibhausgas (THG)-Emissionen verschiedener Energieträger. Online verfügbar unter <http://www5.umweltbundesamt.at/emas/co2mon/co2mon.htm>, zuletzt geprüft am 21.01.2015.
- United Nations Framework Convention on Climate Change (UNFCCC) (Hg.) (1995): Climate Change 1995. The Science of Climate Change: Summary for Policymakers and Technical Summary of the Working Group I Report. S.22
- Wagenführ, R. (1999): Anatomie des Holzes: Strukturanalytik, Identifizierung, Nomenklatur, Mikrotechnologie. DRW-Verlag. Leinfelden-Echterdingen.
- Wells, N. M. (2000): At home with nature: Effect of "greenness" on children's cognitive functioning. In: Environment and Behavior 32 (6). S.775-793.
- Wells, N. M.; Evans, G. W. (2003): Nearby nature: A buffer of life stress among rural children. In: Environment and Behavior 35 (3). S.311-330.
- Wong, NH.; Tan, A.Y.K.; Chen, Y.; Sekar, K.; Tan, P.Y.; Chan, D.; Chiang K. et al. (2010): Thermal evaluation of vertical greenery systems for building walls. In: Building and Environment 45 (3). S.663-672. Online verfügbar unter http://sccrim.files.wordpress.com/2013/10/061013-thermal-evaluation-of-vertical-greenery-systems-for-building-walls.pdf&rct=j&q=&esrc=s&sa=U&ei=bXu6VL2AJYT7POjegOAK&ved=0CCQFjAC&sig2=Wzz5i-Po_kFiWIAB6t4X6g&usg=AFQjCNGnQoCAnXpcUTUm-VHCGbkb0cN6lg, zuletzt geprüft am 05.01.2015.

10. Anhang

10.1. Anhang 1 – Blockübersicht Klausenerplatz-Kiez



10.2. Anhang 2 - Klimaschutzpotenzialanalyse Modellrechnungen extensive Dachbegrünung 2015 bis 2050

Klimaschutzpotenzialanalyse Modellrechnungen extensive Dachbegrünung 2015 - 2050

CO₂-Einsparung (Dämmung)	0,0139	tCO ₂ /m ² /Jahr
C-Bindung (in Biomasse)	0,0055	tCO ₂ /m ²
Potenziell begrünbare Dachfläche	113.129	m ²
Sanierungsrate	3%	
Zielbegrünungsfläche	10%	
jährliche C-Bindungsrate	6,59	tCO ₂ /a

Dachfläche (%)	Dachfläche m ²	Jahr	tCO ₂ (Bindung) Gesamt	tCO ₂ (Einsparung) pro Jahr*	tCO ₂ Gesamt pro Jahr
0,30%	339	2015	WV*	4,72	4,72
0,60%	679	2016	WV*	9,43	9,43
0,90%	1.018	2017	WV*	14,15	14,15
1,20%	1.358	2018	1,88	18,87	20,75
1,50%	1.697	2019	3,75	23,59	27,34
1,80%	2.036	2020	5,63	28,30	33,94
2,10%	2.376	2021	7,51	33,02	40,53
2,40%	2.715	2022	9,38	37,74	47,12
2,70%	3.054	2023	11,26	42,46	53,72
3,00%	3.394	2024	13,14	47,17	60,31
3,30%	3.733	2025	15,01	51,89	66,91
3,60%	4.073	2026	16,89	56,61	73,50
3,90%	4.412	2027	18,77	61,33	80,10
4,20%	4.751	2028	20,64	66,04	86,69
4,50%	5.091	2029	22,52	70,76	93,28
4,80%	5.430	2030	24,40	75,48	99,88
5,10%	5.770	2031	26,28	80,20	106,47
5,40%	6.109	2032	28,15	84,91	113,07
5,70%	6.448	2033	30,03	89,63	119,66
6,00%	6.788	2034	31,91	94,35	126,26
6,30%	7.127	2035	33,78	99,07	132,85
6,60%	7.467	2036	35,66	103,78	139,44
6,90%	7.806	2037	37,54	108,50	146,04
7,20%	8.145	2038	39,41	113,22	152,63
7,50%	8.485	2039	41,29	117,94	159,23
7,80%	8.824	2040	43,17	122,65	165,82
8,10%	9.163	2041	45,04	127,37	172,42
8,40%	9.503	2042	46,92	132,09	179,01
8,70%	9.842	2043	48,80	136,81	185,60
9,00%	10.182	2044	50,67	141,52	192,20
9,30%	10.521	2045	52,55	146,24	198,79
9,60%	10.860	2046	54,43	150,96	205,39
9,90%	11.200	2047	56,30	155,68	211,98
10,20%	11.539	2048	58,18	160,39	218,58
10,50%	11.879	2049	60,06	165,11	225,17
10,80%	12.218	2050	61,93	169,83	231,76

*WV = Wachstumsverzögerung von Pflanzen durch C-Bindung über den Nutzungszeitraum (Life Cycle)

10.3. Anhang 3 - Klimaschutzpotenzialanalyse Modellrechnungen bodengebundene Fassadenbegrünung 2015 bis 2050

Klimaschutzpotenzialanalyse Modellrechnungen bodengebundene Fassadenbegrünung 2015 bis 2050

CO₂-Einsparung (Dämmung)	0,0054 tCO ₂ /m ²
C-Bindung (in Biomasse)	0,0023 tCO ₂ /m ²
Potenziell begrünbare Fassadenfläche	249.262 m ²
Sanierungsrate	3%
Zielbegrünungsfläche	10%
jährliche C-Bindungsrate	5,74 tCO ₂ /a

Fassaden-fläche (%)	Fassaden-fläche m ²	Jahr	tCO ₂ (Bindung)	tCO ₂ (Dämmung)	tCO ₂ Gesamt
0,30%	748	2015	1,72	wv*	1,72
0,60%	1.496	2016	3,44	wv*	3,44
0,90%	2.243	2017	5,16	wv*	5,16
1,20%	2.991	2018	6,88	wv*	6,88
1,50%	3.739	2019	8,60	wv*	8,60
1,80%	4.487	2020	10,32	wv*	10,32
2,10%	5.235	2021	12,04	wv*	12,04
2,40%	5.982	2022	13,76	wv*	13,76
2,70%	6.730	2023	15,48	wv*	15,48
3,00%	7.478	2024	17,20	wv*	17,20
3,30%	8.226	2025	18,92	4,02	22,94
3,60%	8.973	2026	20,64	8,04	28,68
3,90%	9.721	2027	22,36	12,06	34,42
4,20%	10.469	2028	24,08	16,08	40,16
4,50%	11.217	2029	25,80	20,11	45,90
4,80%	11.965	2030	27,52	24,13	51,65
5,10%	12.712	2031	29,24	28,15	57,39
5,40%	13.460	2032	30,96	32,17	63,13
5,70%	14.208	2033	32,68	36,19	68,87
6,00%	14.956	2034	34,40	40,21	74,61
6,30%	15.704	2035	36,12	44,23	80,35
6,60%	16.451	2036	37,84	48,25	86,09
6,90%	17.199	2037	39,56	52,28	91,83
7,20%	17.947	2038	41,28	56,30	97,58
7,50%	18.695	2039	43,00	60,32	103,32
7,80%	19.442	2040	44,72	64,34	109,06
8,10%	20.190	2041	46,44	68,36	114,80
8,40%	20.938	2042	48,16	72,38	120,54
8,70%	21.686	2043	49,88	76,40	126,28
9,00%	22.434	2044	51,60	80,42	132,02
9,30%	23.181	2045	53,32	84,45	137,76
9,60%	23.929	2046	55,04	88,47	143,50
9,90%	24.677	2047	56,76	92,49	149,25
10,20%	25.425	2048	58,48	96,51	154,99
10,50%	26.173	2049	60,20	100,53	160,73
10,80%	26.920	2050	61,92	104,55	166,47

* WV = Wachstumsverzögerung von Pflanzen durch C-Bindung über den Nutzungszeitraum (Life Cycle)

10.4. Anhang 4 – Kostengegenüberstellung und Klimaschutz-Kosten-Effizienz von Dach-, Fassaden-, und Straßenbaumbegrünung

	Dachbegrünung	Fassadenbegrünung	Straßenbäume
Kostenträger:	Gebäudeeigentümer (Förderung im Einzelfall möglich)	Gebäudeeigentümer (Förderung im Einzelfall möglich)	Unterhaltung durch bezirkliches Grünflächenamt
Pflegeaufwand/ laufende Kosten	bei intensiver DB hoch (regelmäßiges Wässern und Rückschnitt, bei extensiver DB gering (1-2 Rückschnitt/Jahr)	- fassadengeb. FB: sehr hoch (kontinuierliche Bewässerungssteuerung) - bodengeb. FB: gering (1-2 Schnitt/Jahr)	gering im Einzelnen (jährliche Inspektion, Fällung, Neupflanzung), hoch in der Masse
Kosten/Einheit	extensiv: 20-30€/m ² intensiv: 60€/m ²	bodengeb.: 15-35€/m ² fassadengeb.: >400€/m ²	1200€/Baum/3 ersten Jahre 9€/Baum/Jahr ab 4.Jahr *Inflationsrate:1,5%
Klimaschutz-Kosten-Effizienz	extensiv: 0,53-0,80€/kgCO ₂	bodengeb.: 1,05-2,48€/kgCO ₂	0,33-0,75€/kgCO ₂
Gesamtpotenzial (in tCO₂)	4345	1912	105,41
10% Zielbegrünung (in tCO₂)	434,5	191,2	10,9 (3 Bäume)
Szenario 2020 (in tCO₂)	33,94	10,32	k.A.
Szenario 2030 (in tCO₂)	99,88	51,64	k.A.
Szenario 2050 (in tCO₂)	231,73	104,55	k.A.

10.5. Anhang 5 – Bezirkliche Lagepläne und Legende

Legende Begrünung

Fassadenbegrünung (FB)	Potenzial	Bestand				
		0-20%	20-40%	40-60%	60-80%	80-100%
Bodengebundene FB ohne Kletterhilfe						
Bodengebundene FB mit Kletterhilfe						
Fassadengebundene FB ohne Kletterhilfe						
Fassadengebundene FB mit Kletterhilfe						
Keine FB möglich						

Dachbegrünung (DB)	Potenzial	Bestand
DB (Flachdach <2°)		
DB (Teil-Flachdach 2-10°)		
DB (Schrägdach 10-45°)		
DB nicht möglich (Steildach >45°)		
Extensive Dachbegrünung		

Straßenbaumpflanzung (SB)	Potenzial	Bestand
Möglicher Standort neuer SB		
Standort SB		

Herausgeber: Bezirksamt Charlottenburg-Wilmersdorf
Umwelt- und Naturschutzamt

Konzeption: - Martin Thiele, Masterstudent Global Change Management,
Hochschule für Nachhaltige Entwicklung Eberswalde

Entwicklung: - Klimaschutzmanagement Klausenerplatz

Datengrundlage: - Begehungen November 2014 - Januar 2015
- Automatisierte Liegenschaftskarte Berlin (ALK) Stand 2014

**Datenerhebung und
Datenbearbeitung:** - Martin Thiele

**Kartenerstellung und
Farbkonzept:** - Martin Thiele
- Geoinfo - Dipl.-Geogr. Cornelia Nitzsche

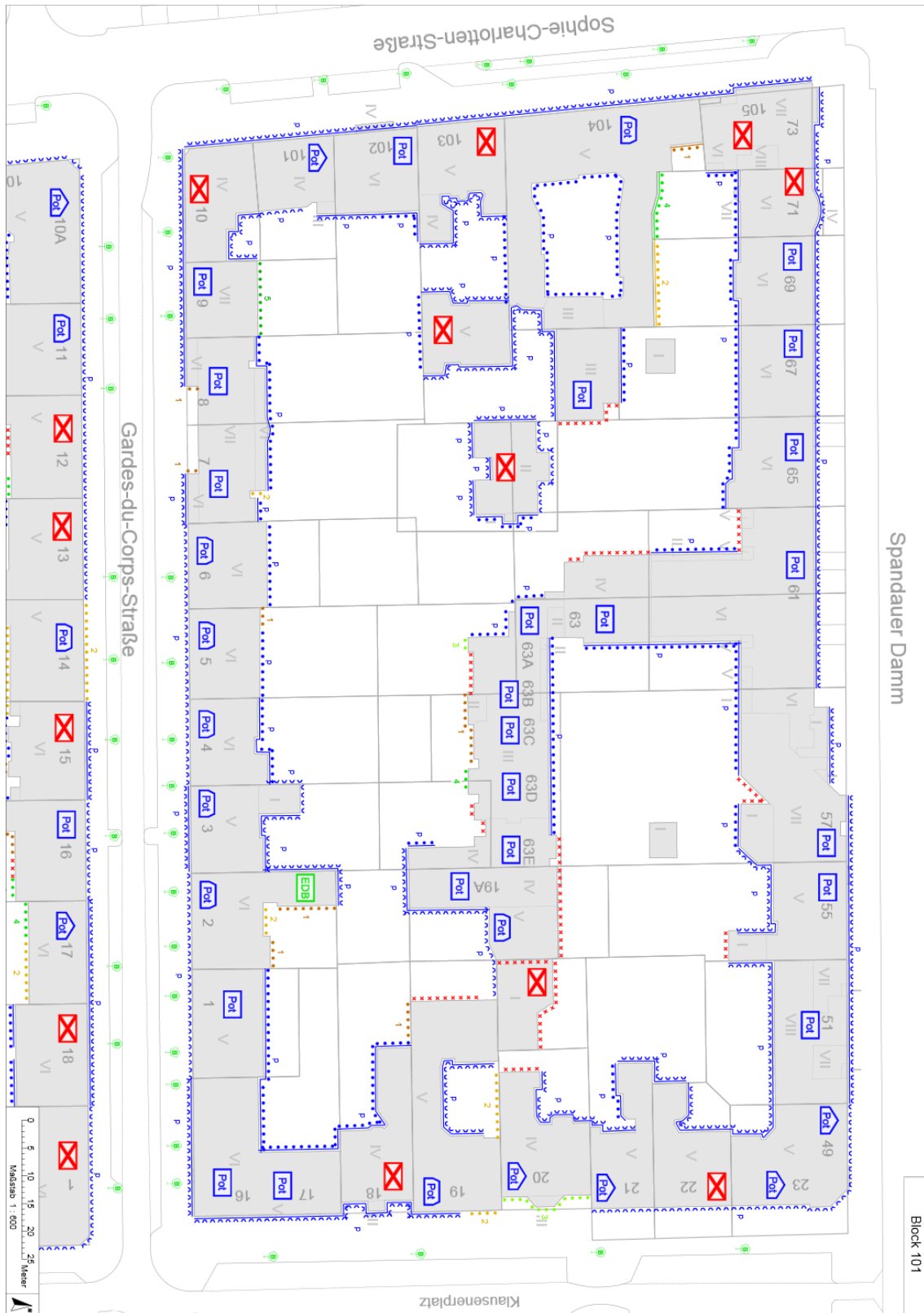
Kartengrundlage: - Automatisierte Liegenschaftskarte Berlin (ALK) Stand 2014

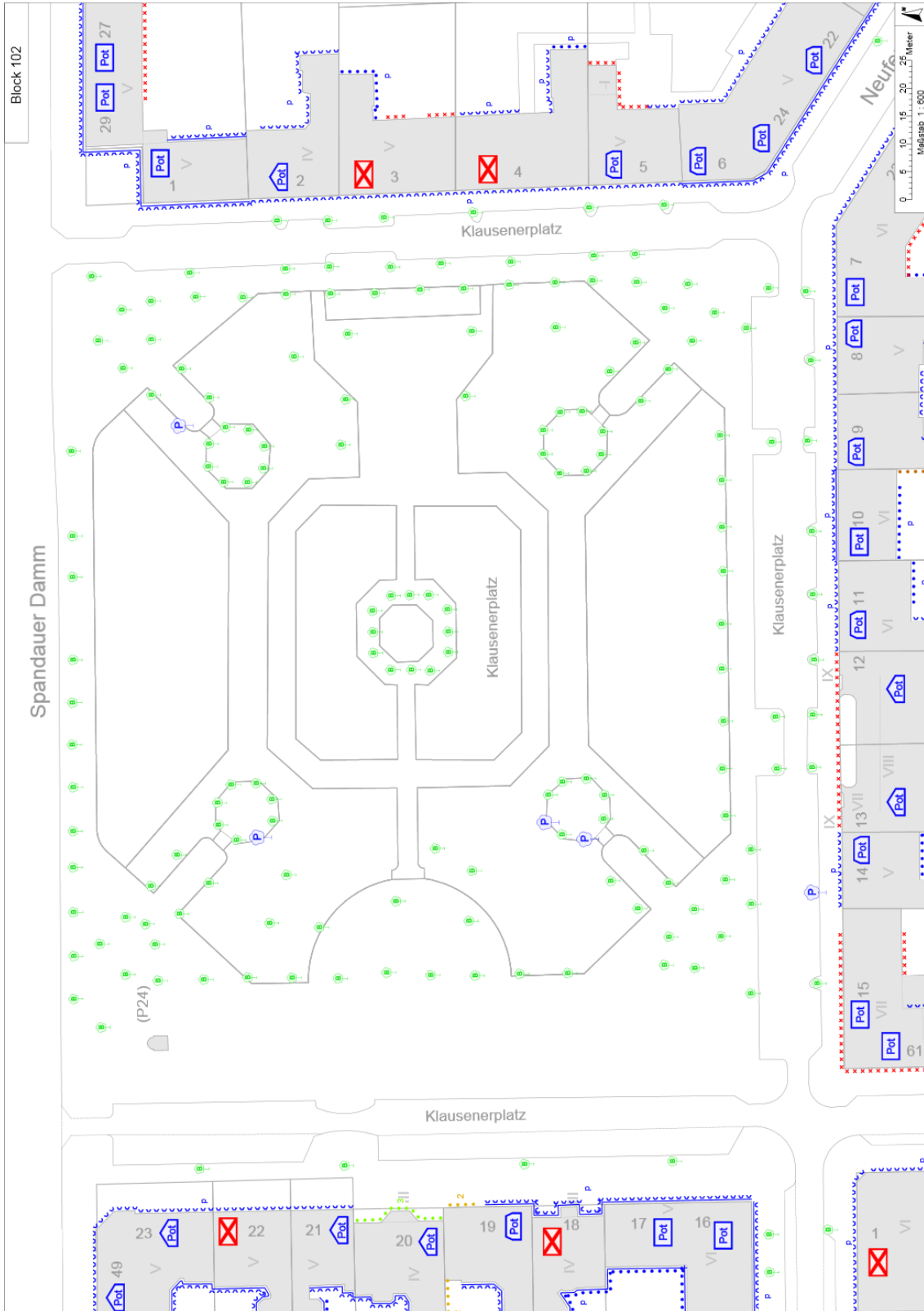
Bearbeitungsstand: Januar 2015

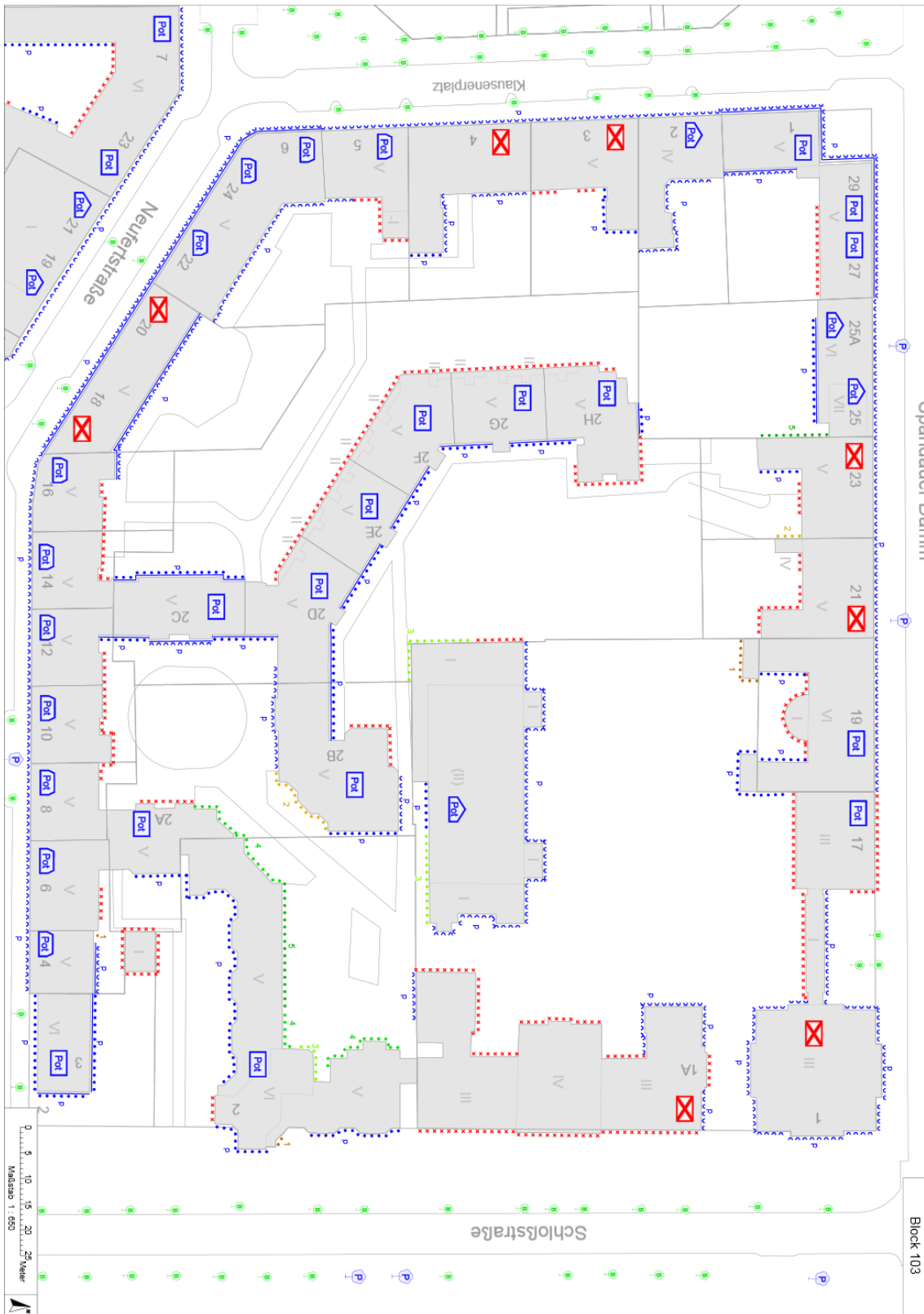
Diese Karte ist gesetzlich geschützt.
Nachdruck oder sonstige Vervielfältigung
nur mit Erlaubnis des Herausgebers.

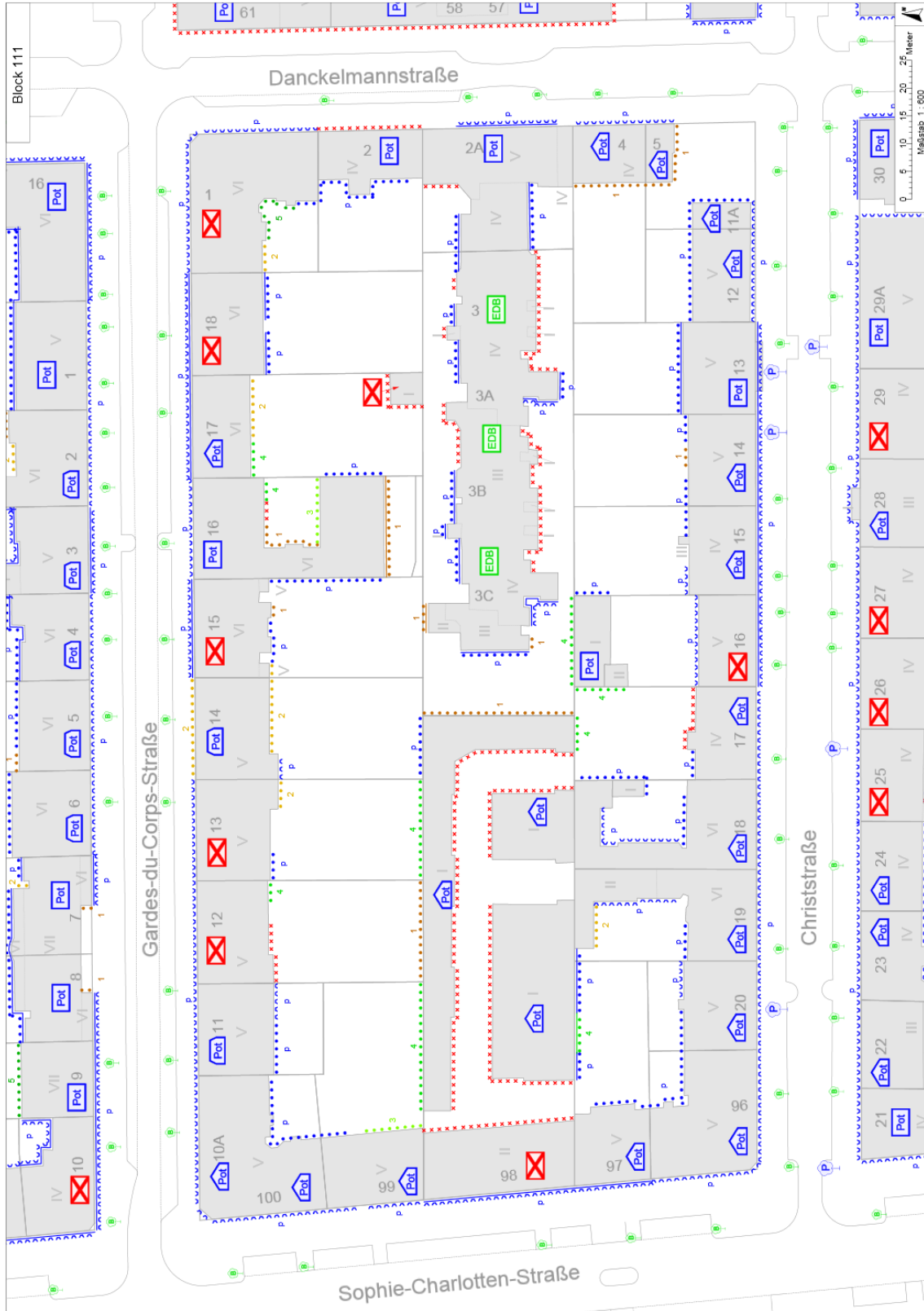
Ausgabe 2015

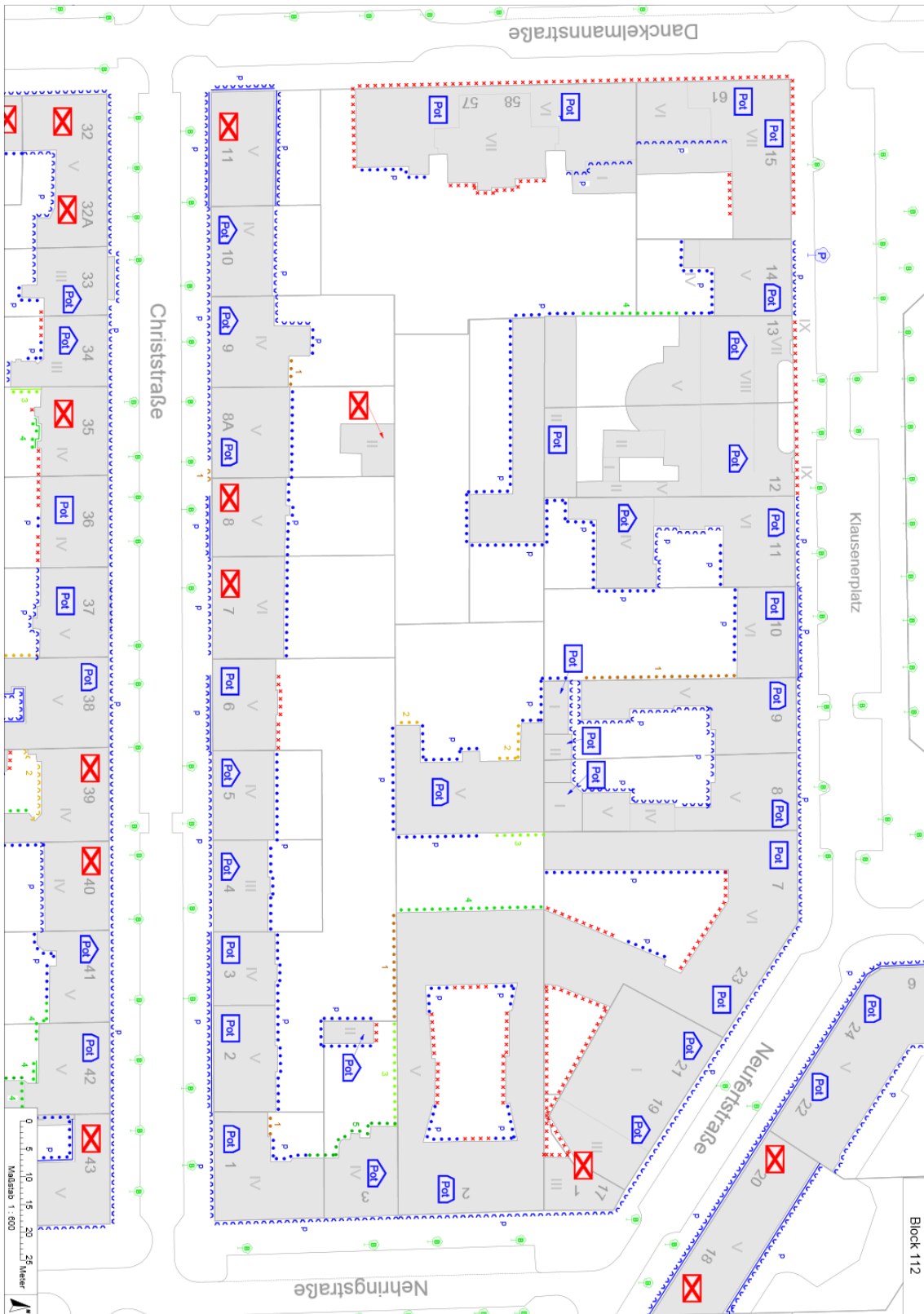
Internet-Adressen: - www.klimaschutzmanagement.charlottenburg-wilmersdorf.de
- www.hnee.de

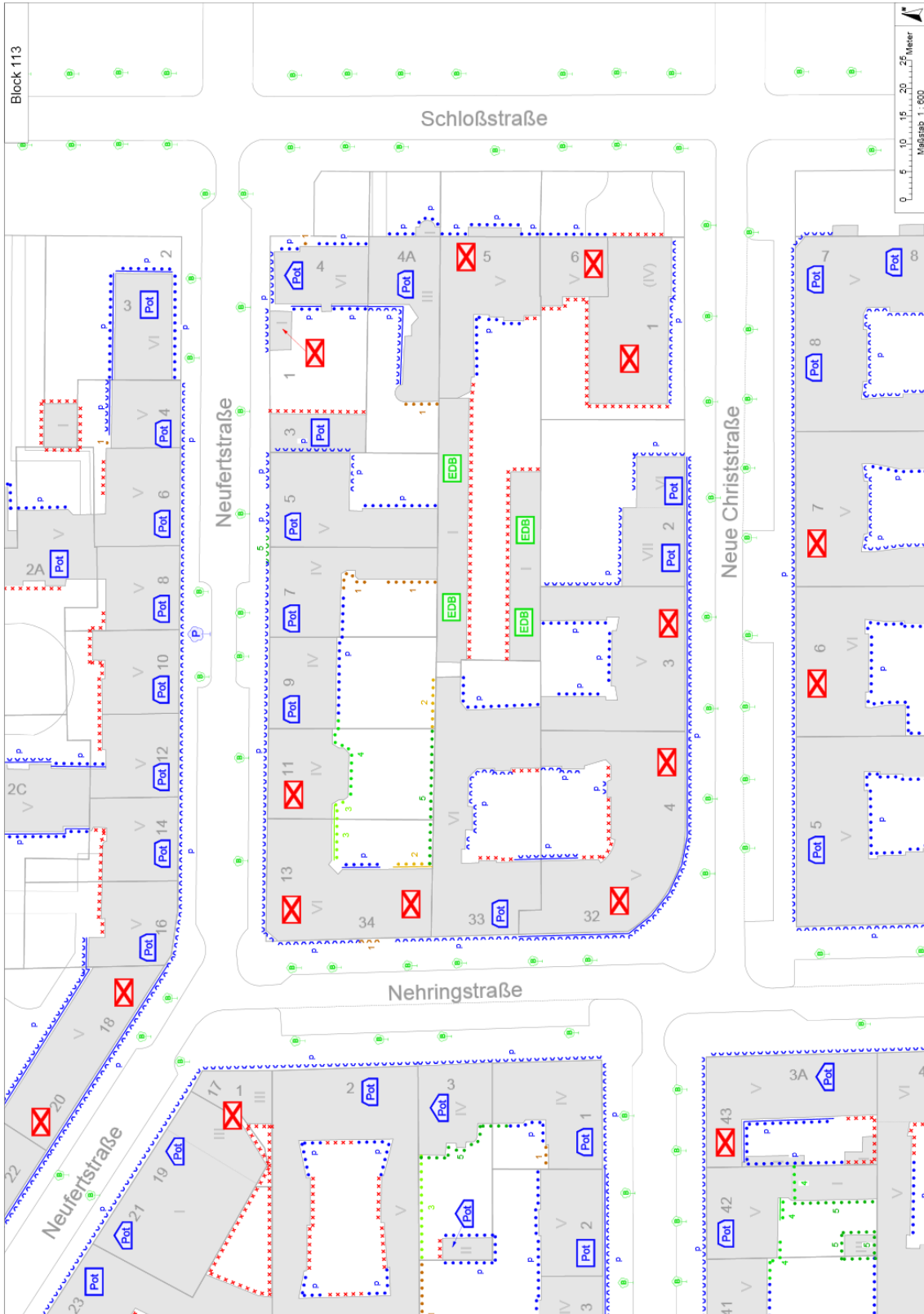


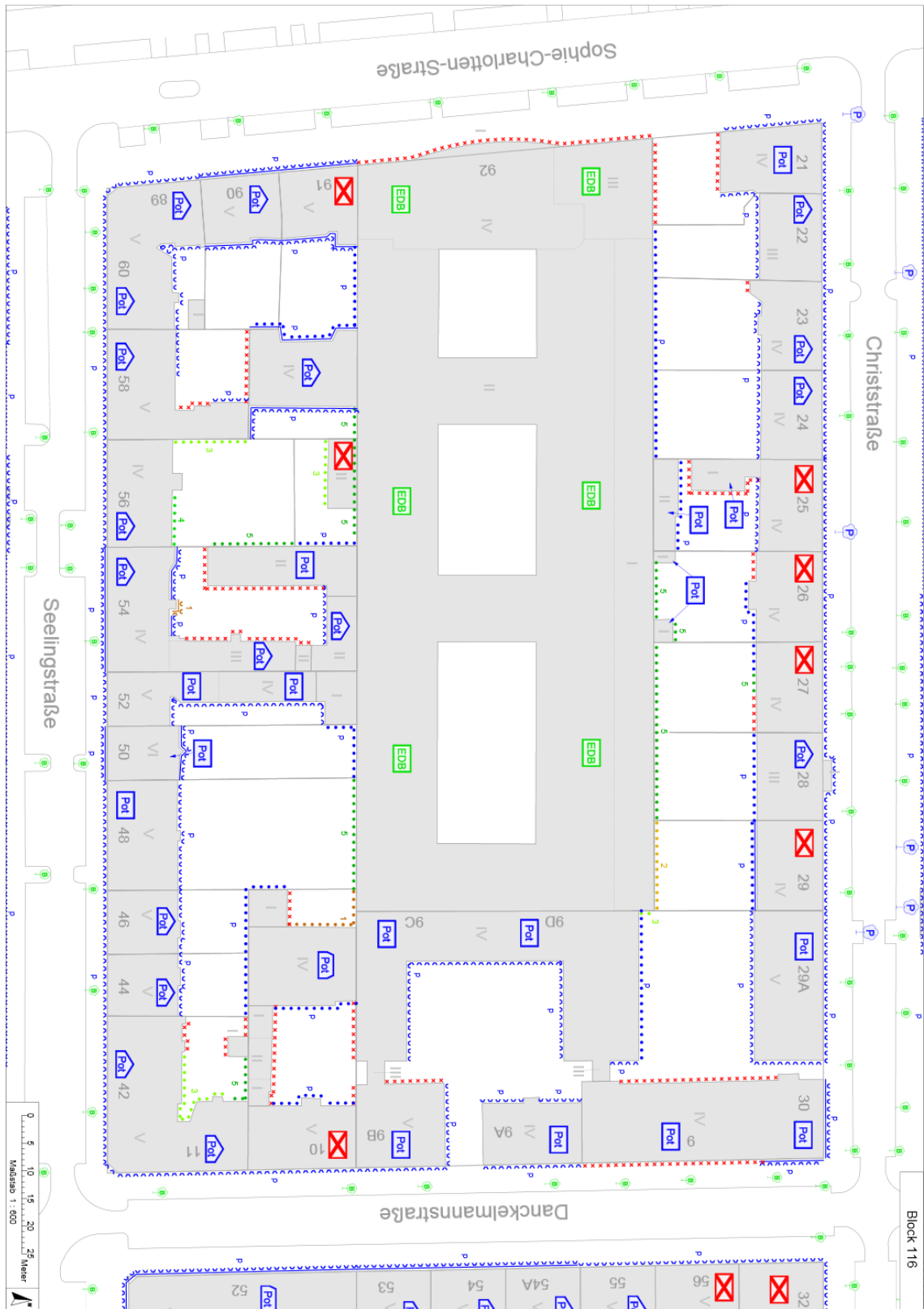


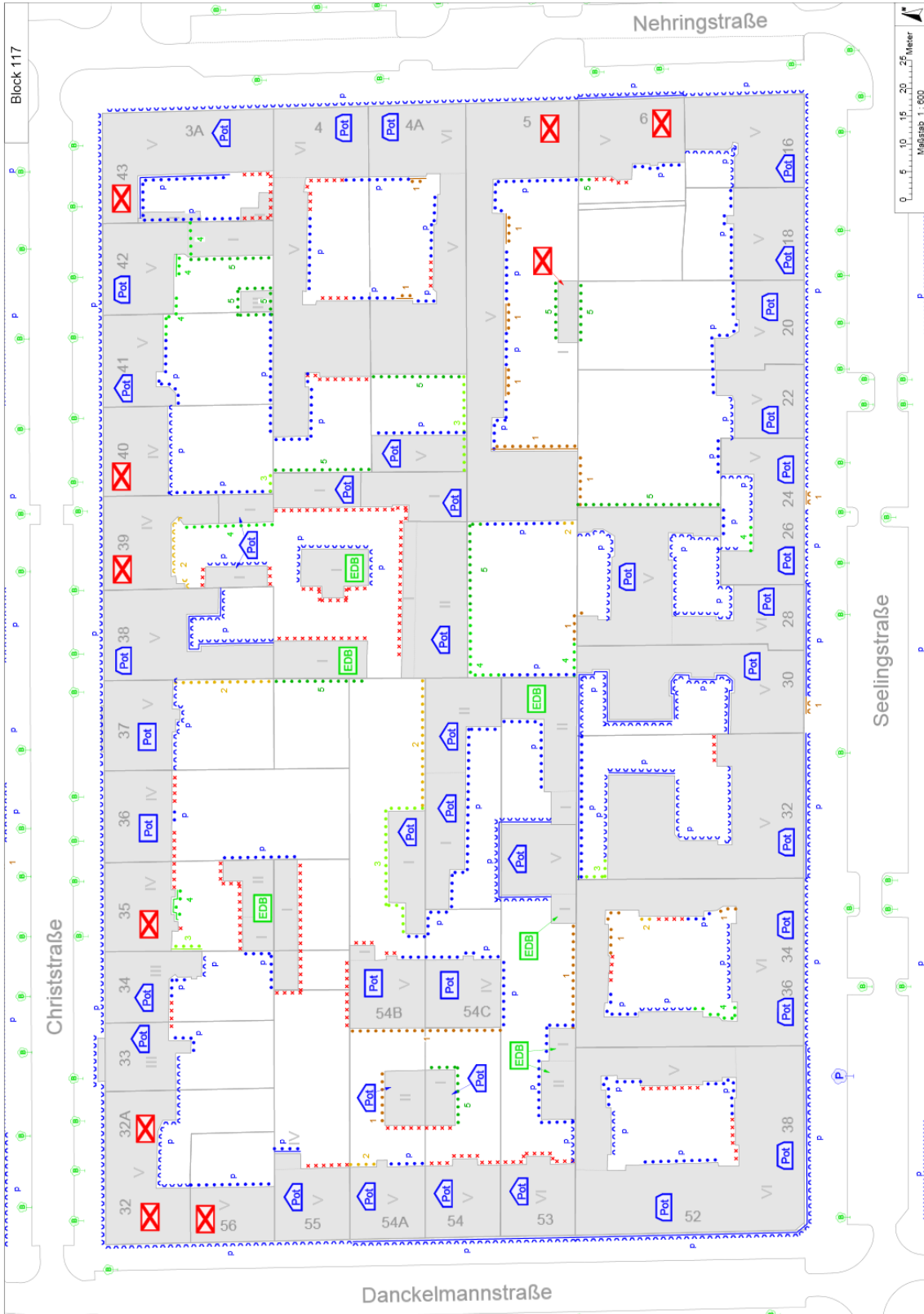


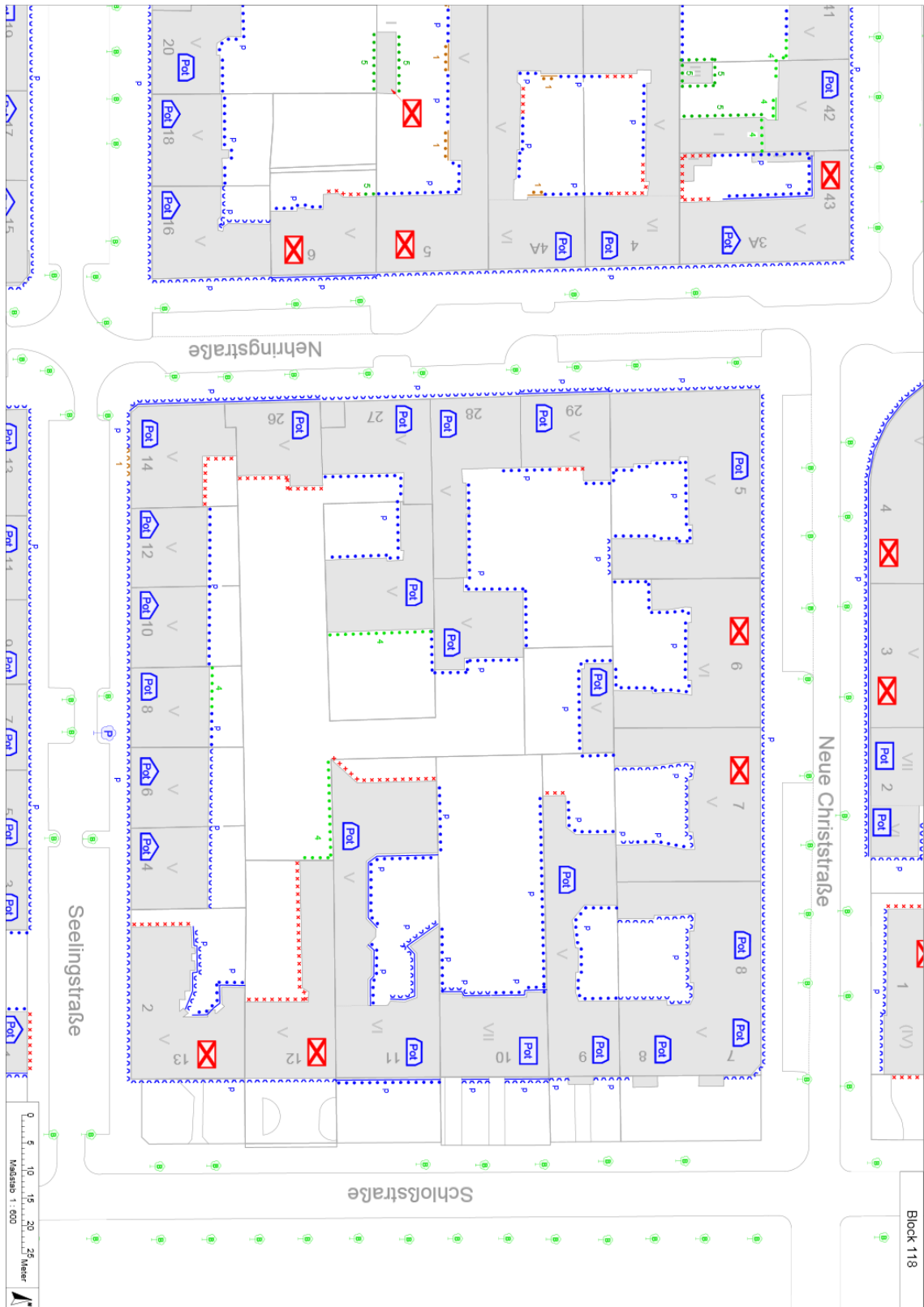


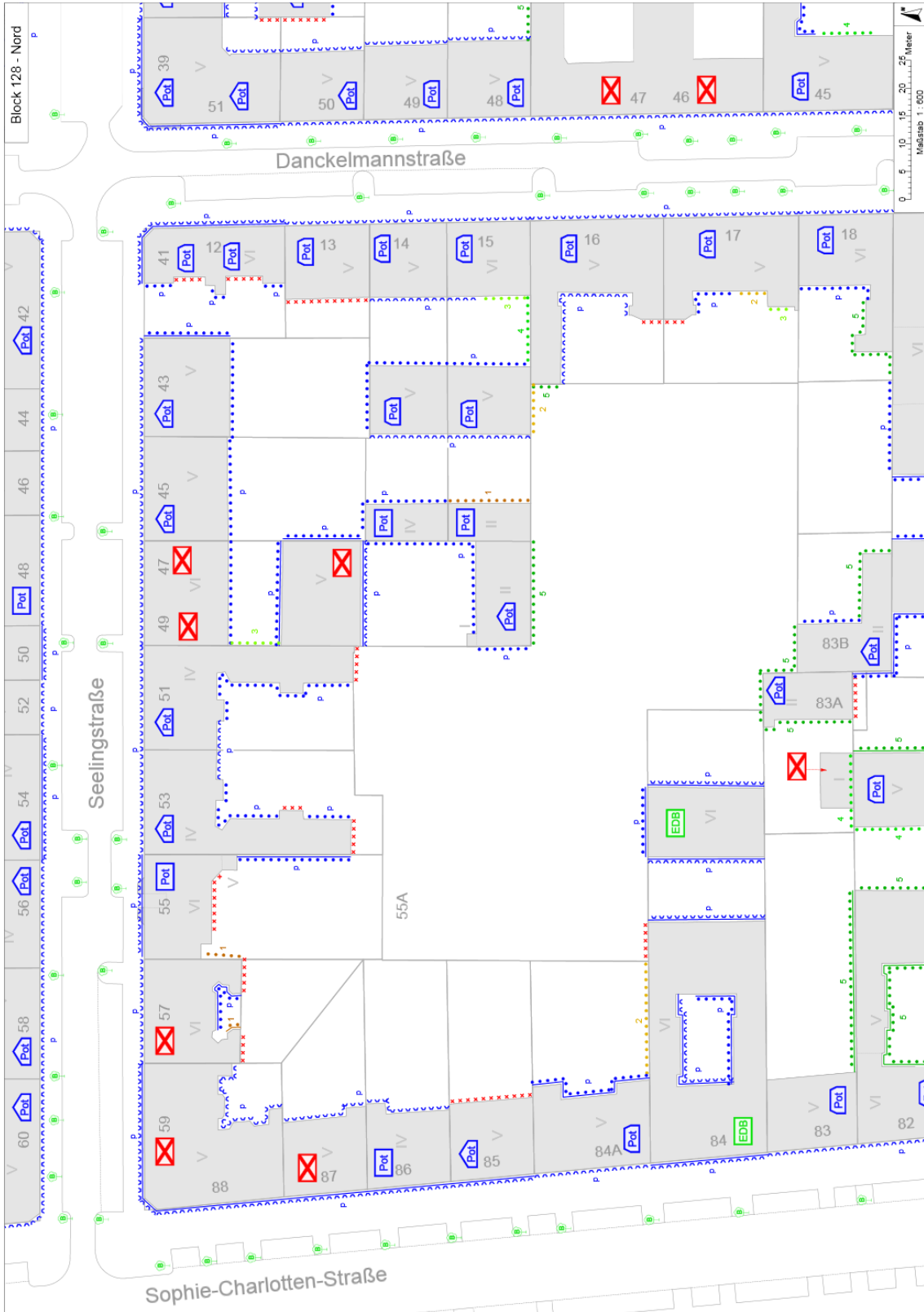


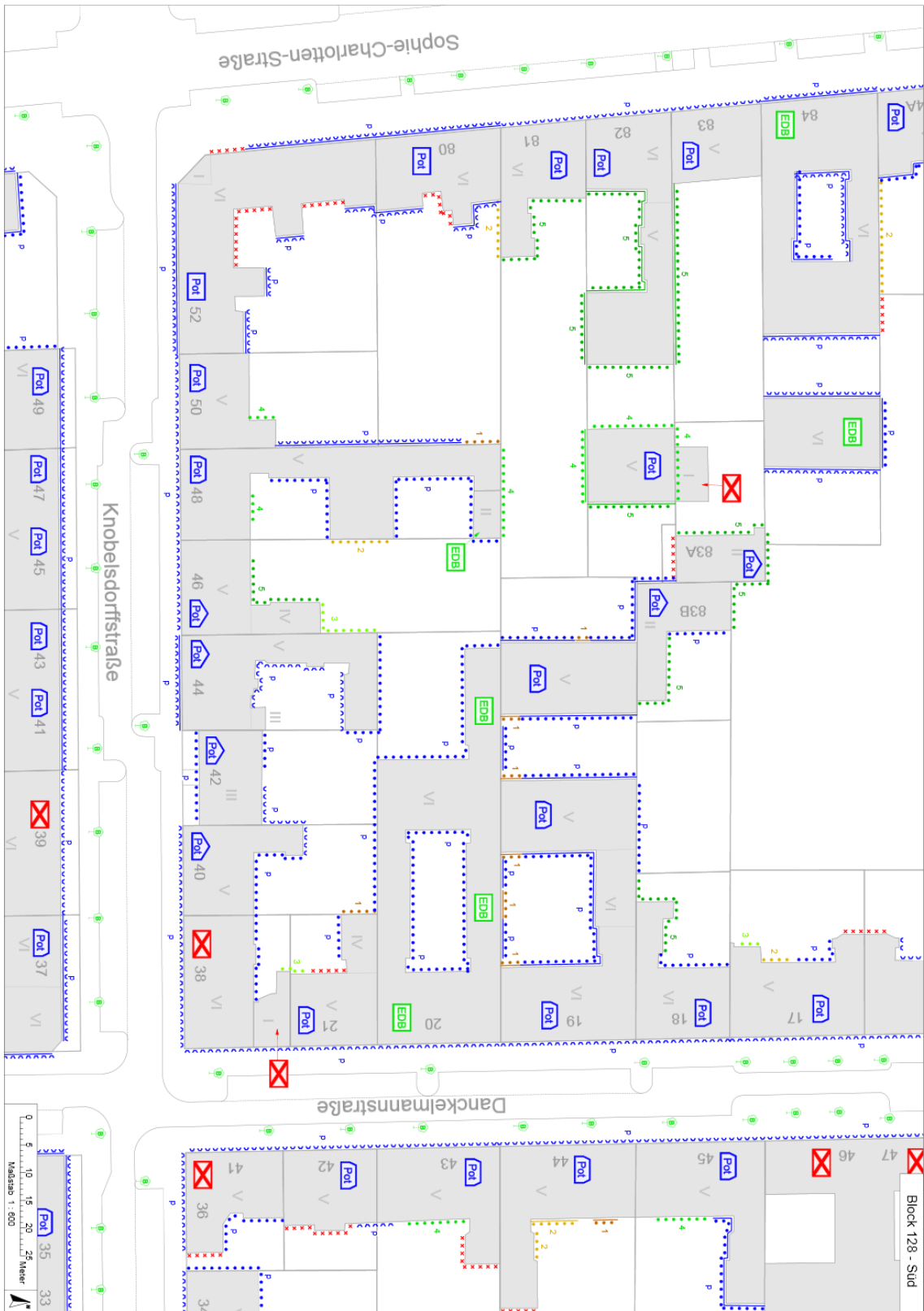


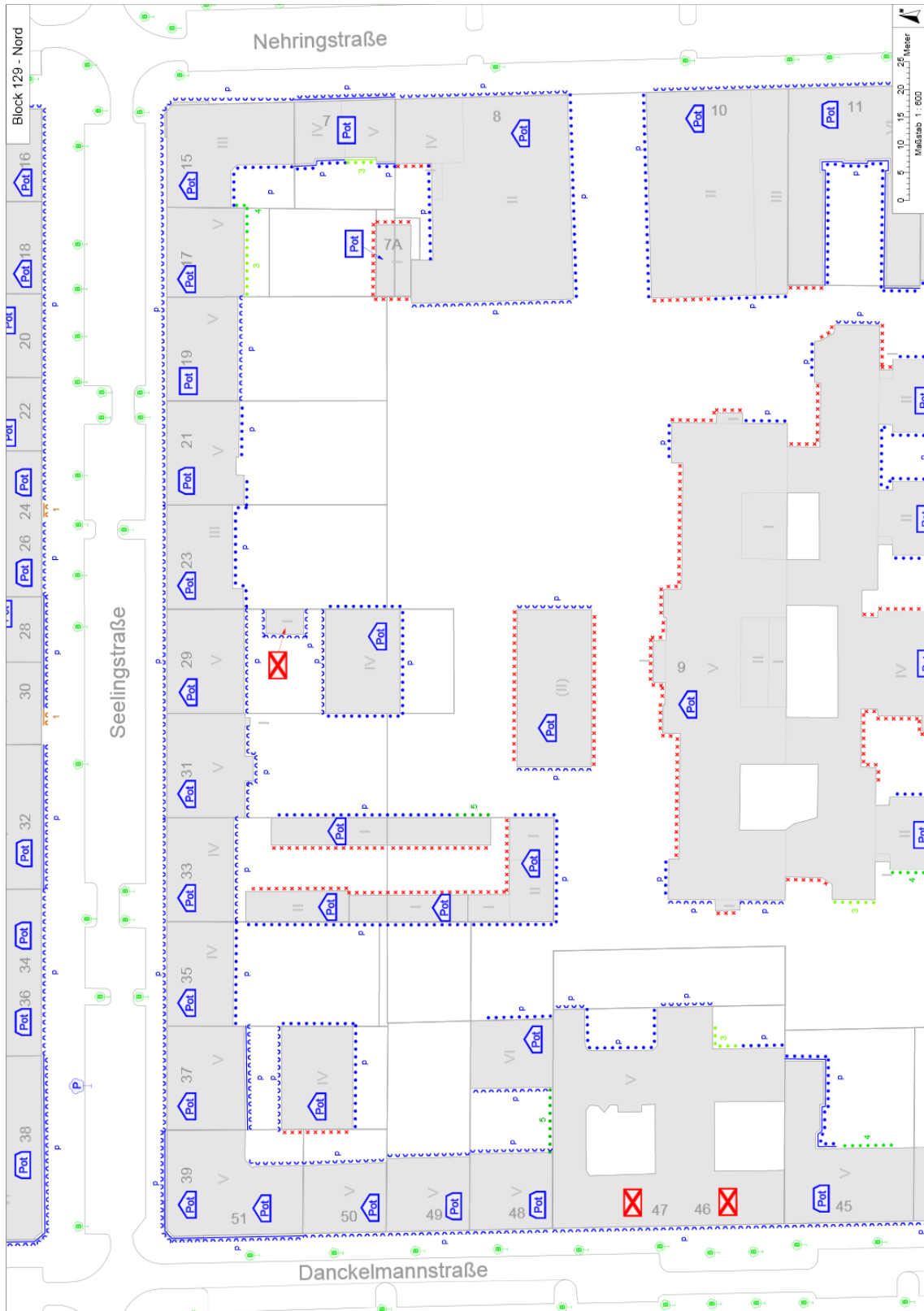


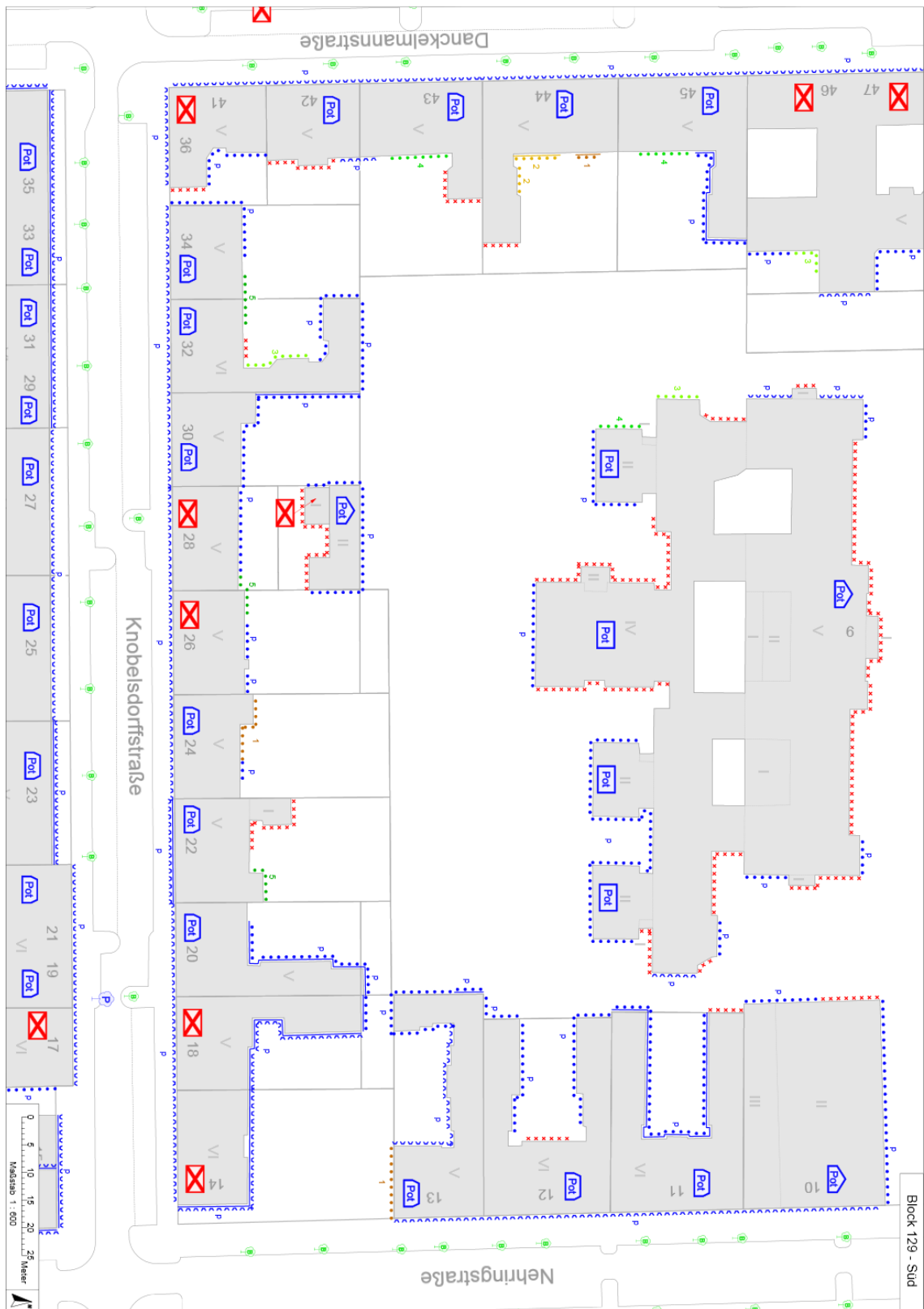


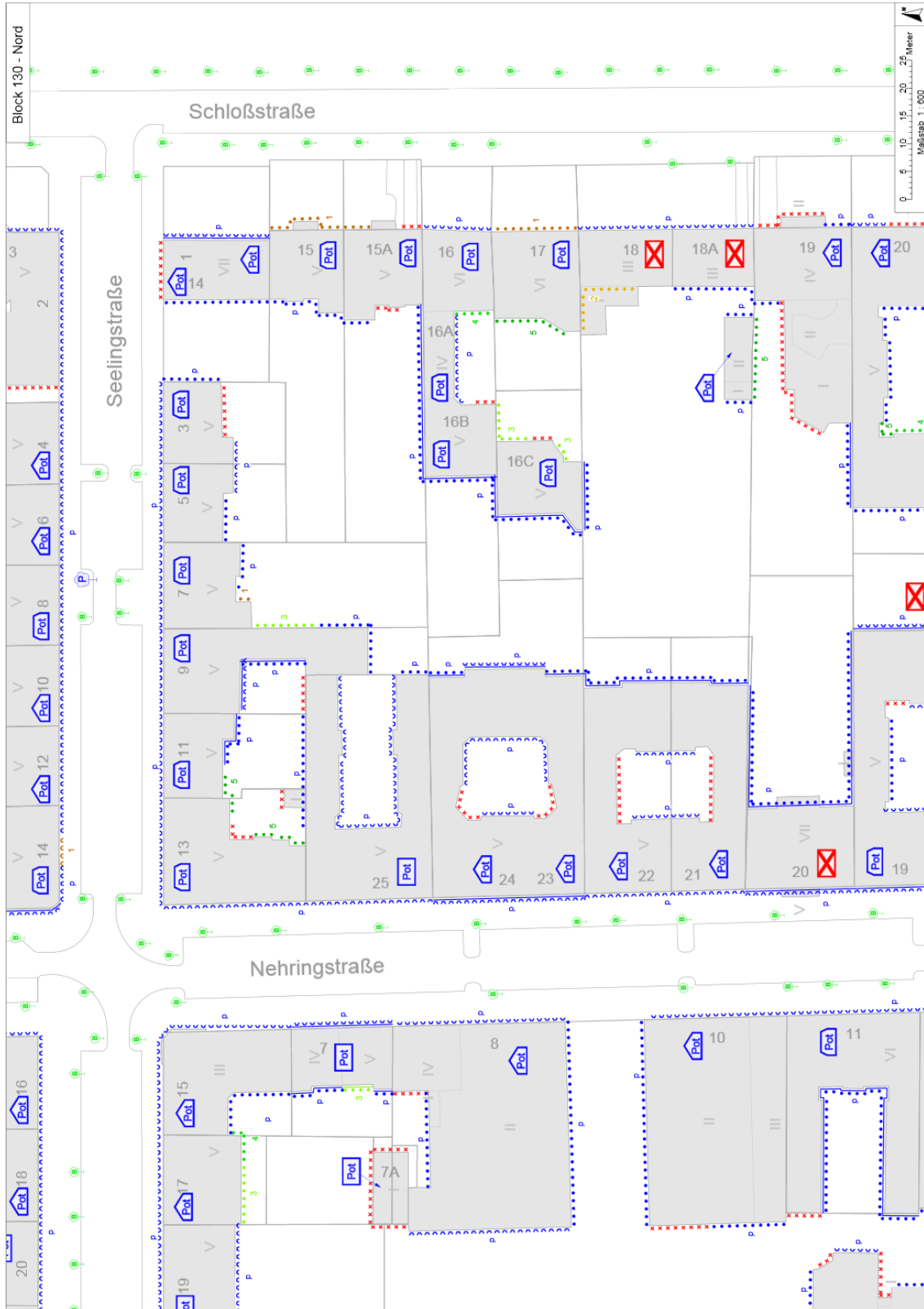


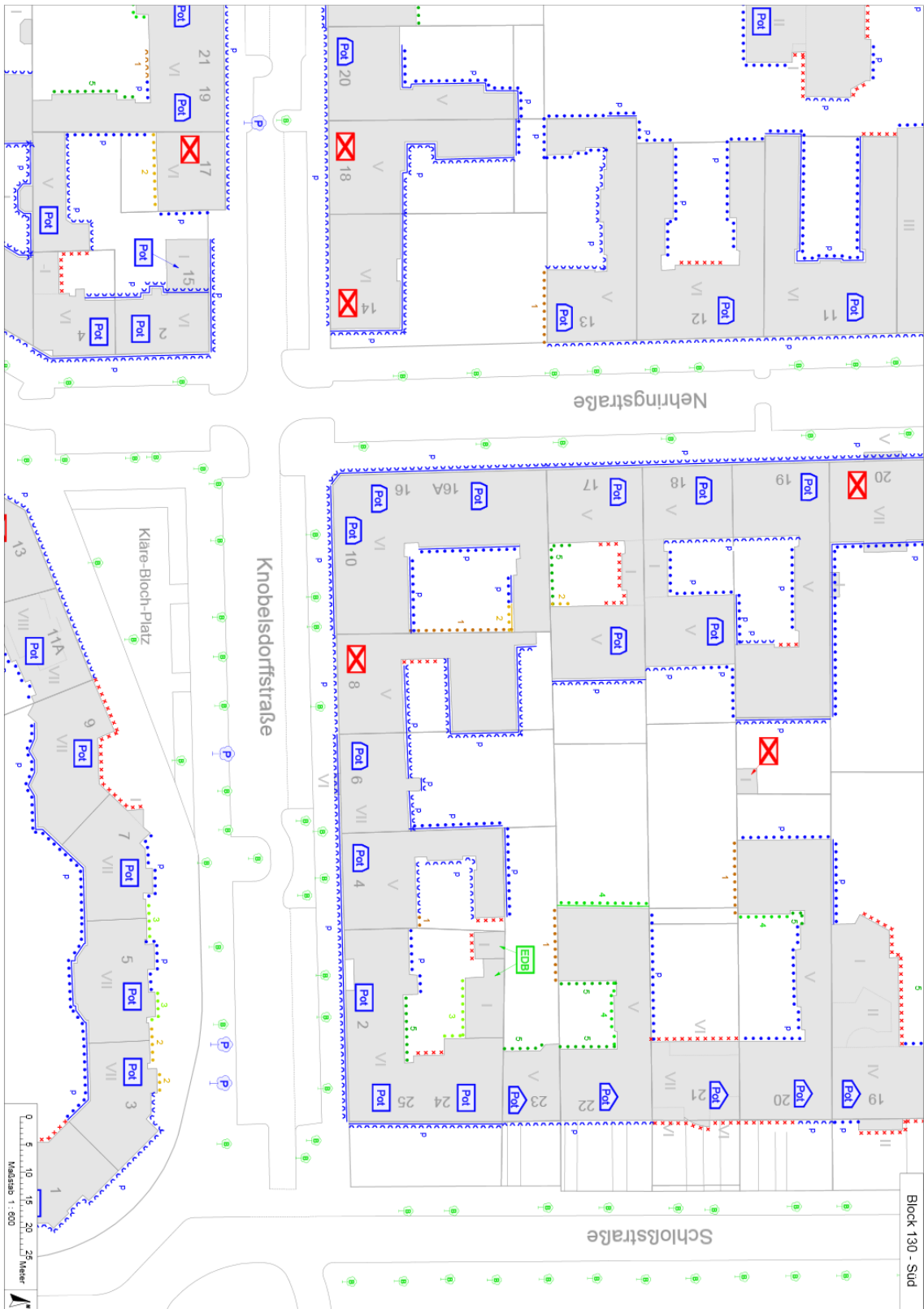


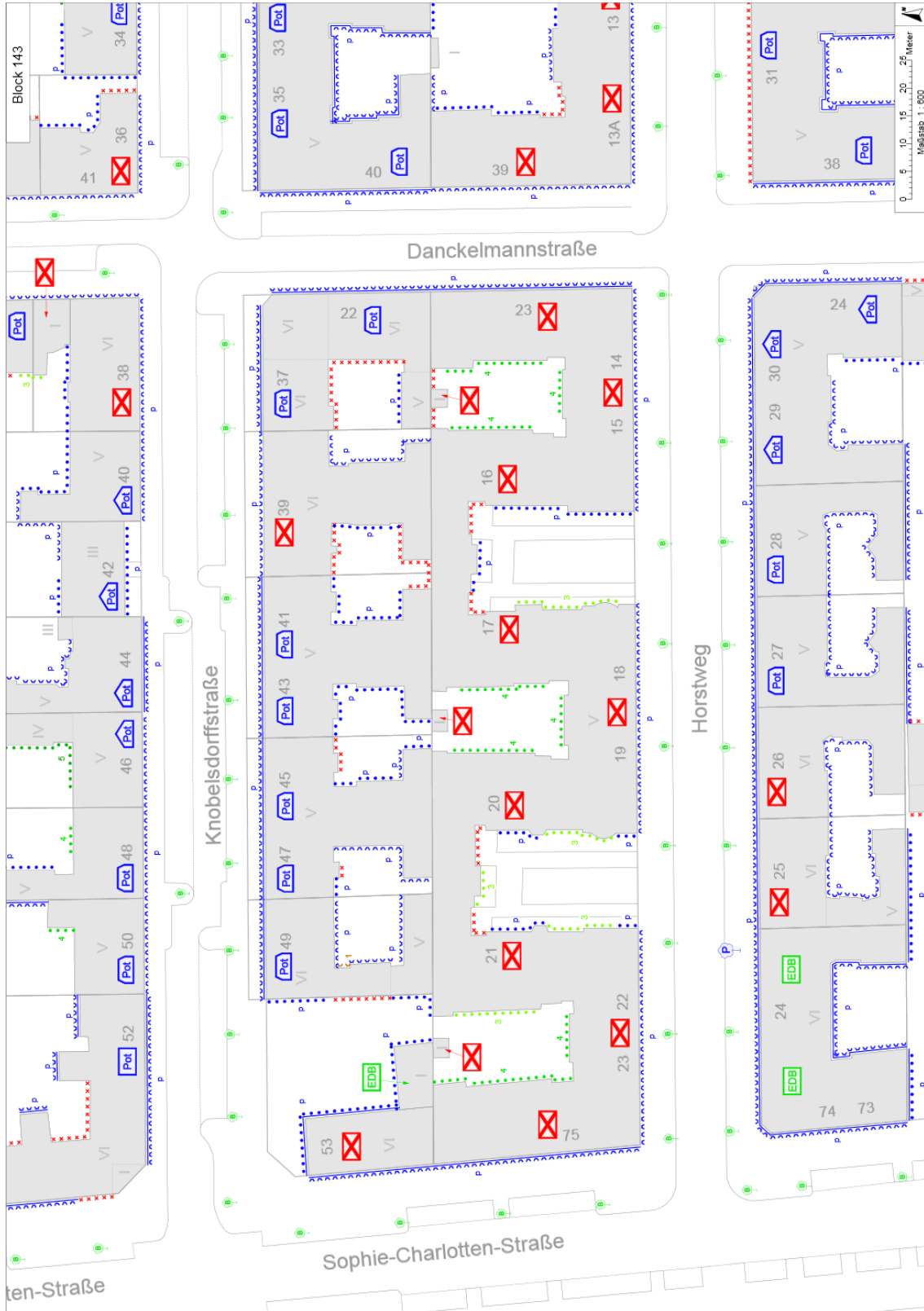


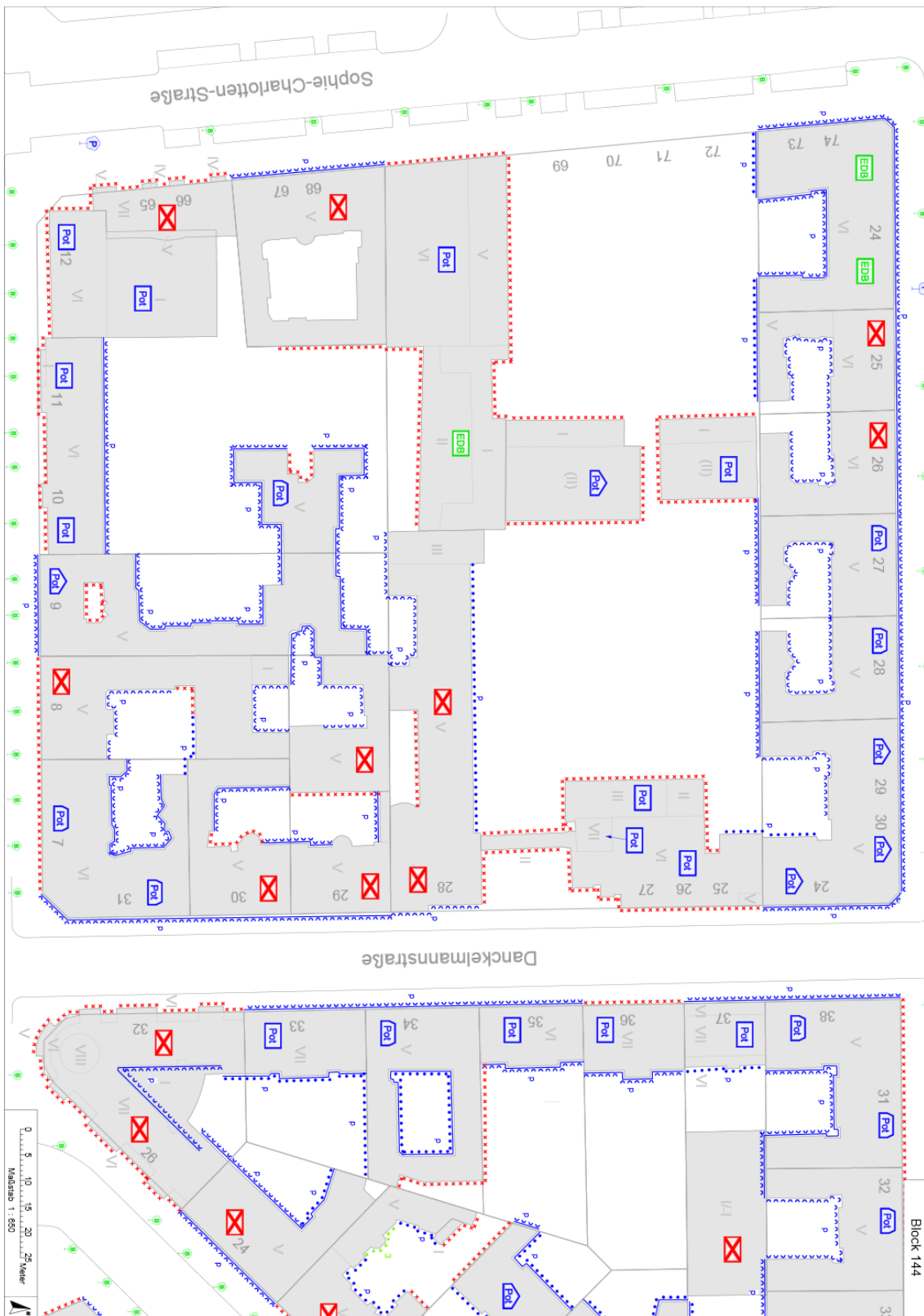


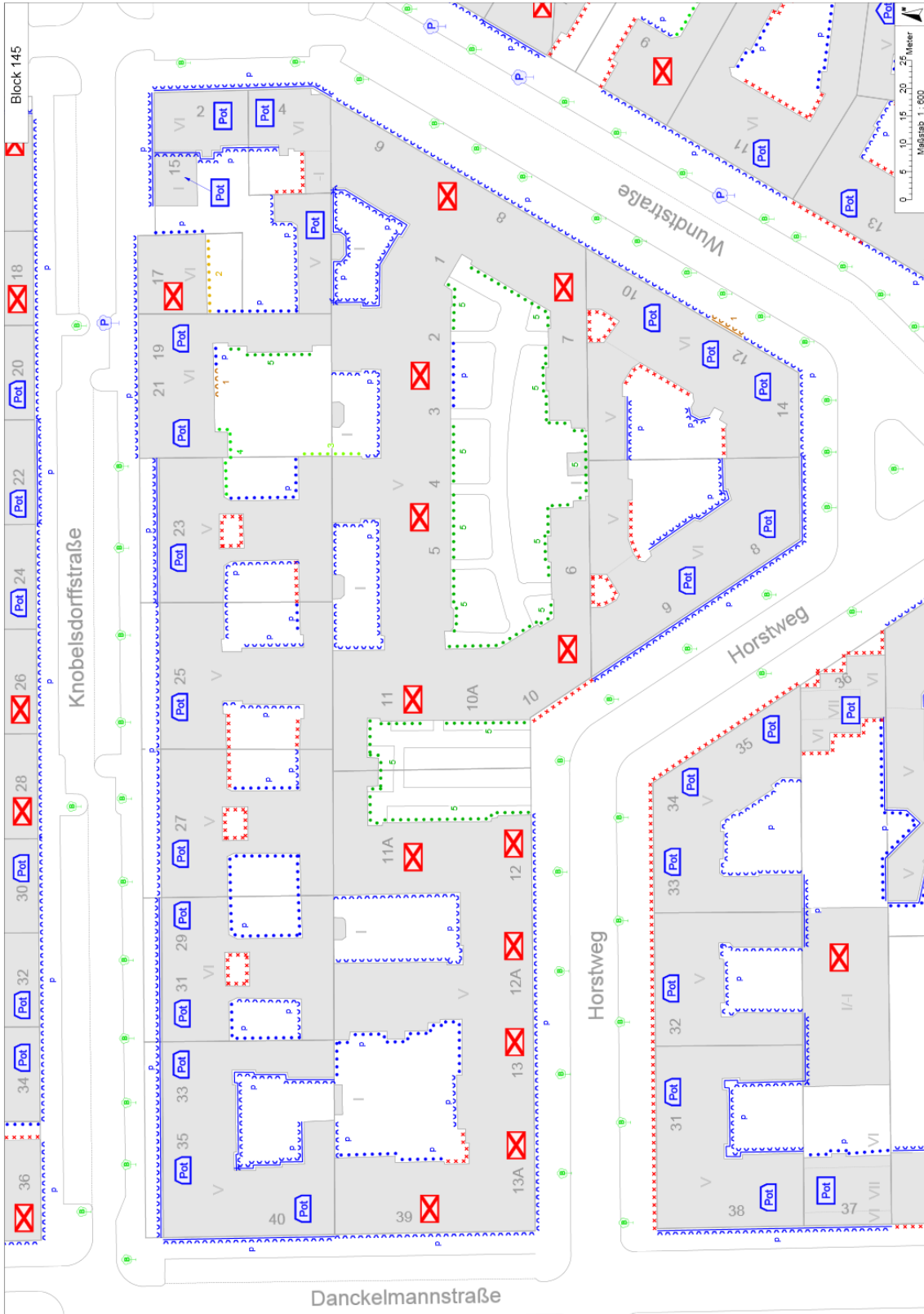


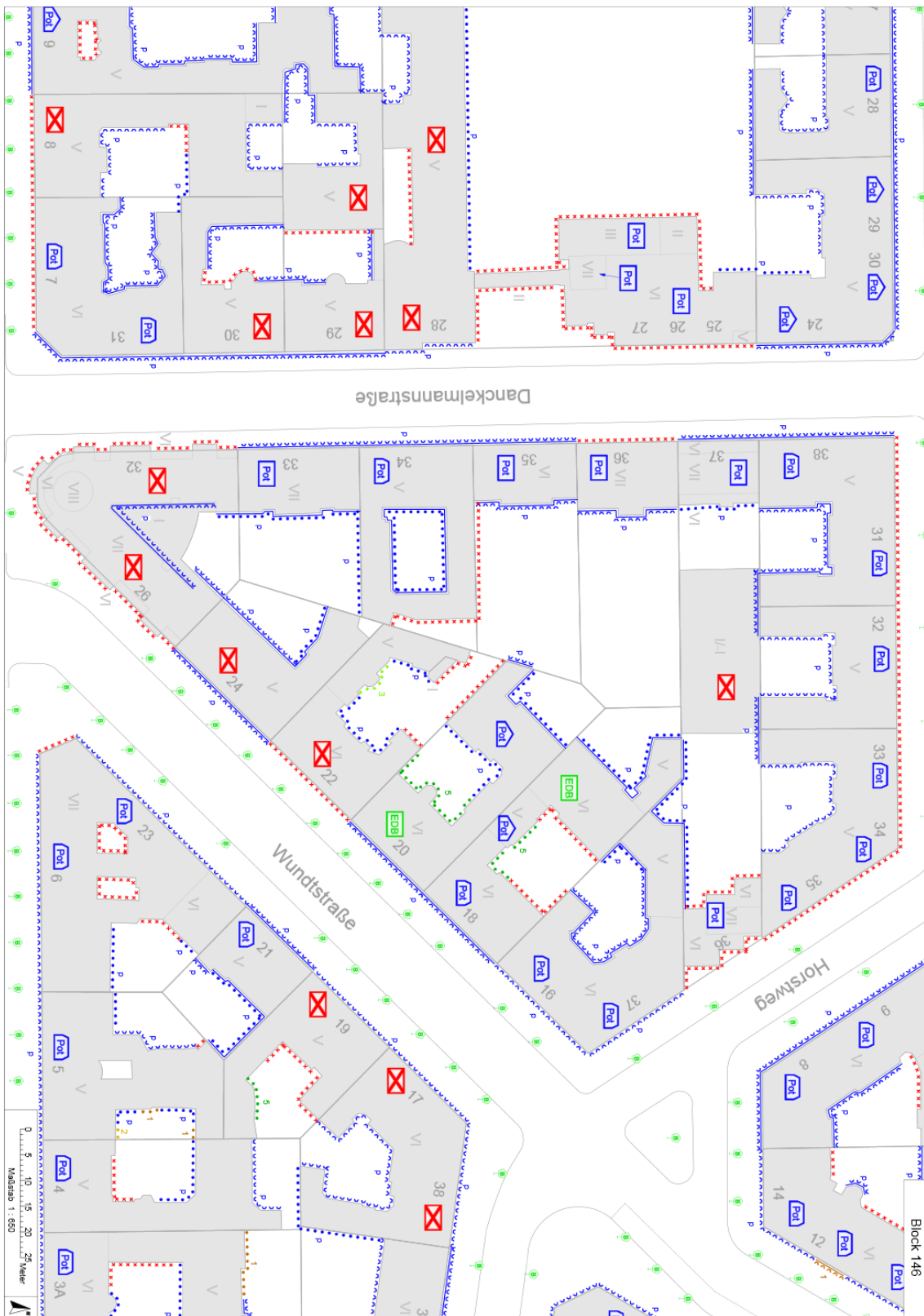


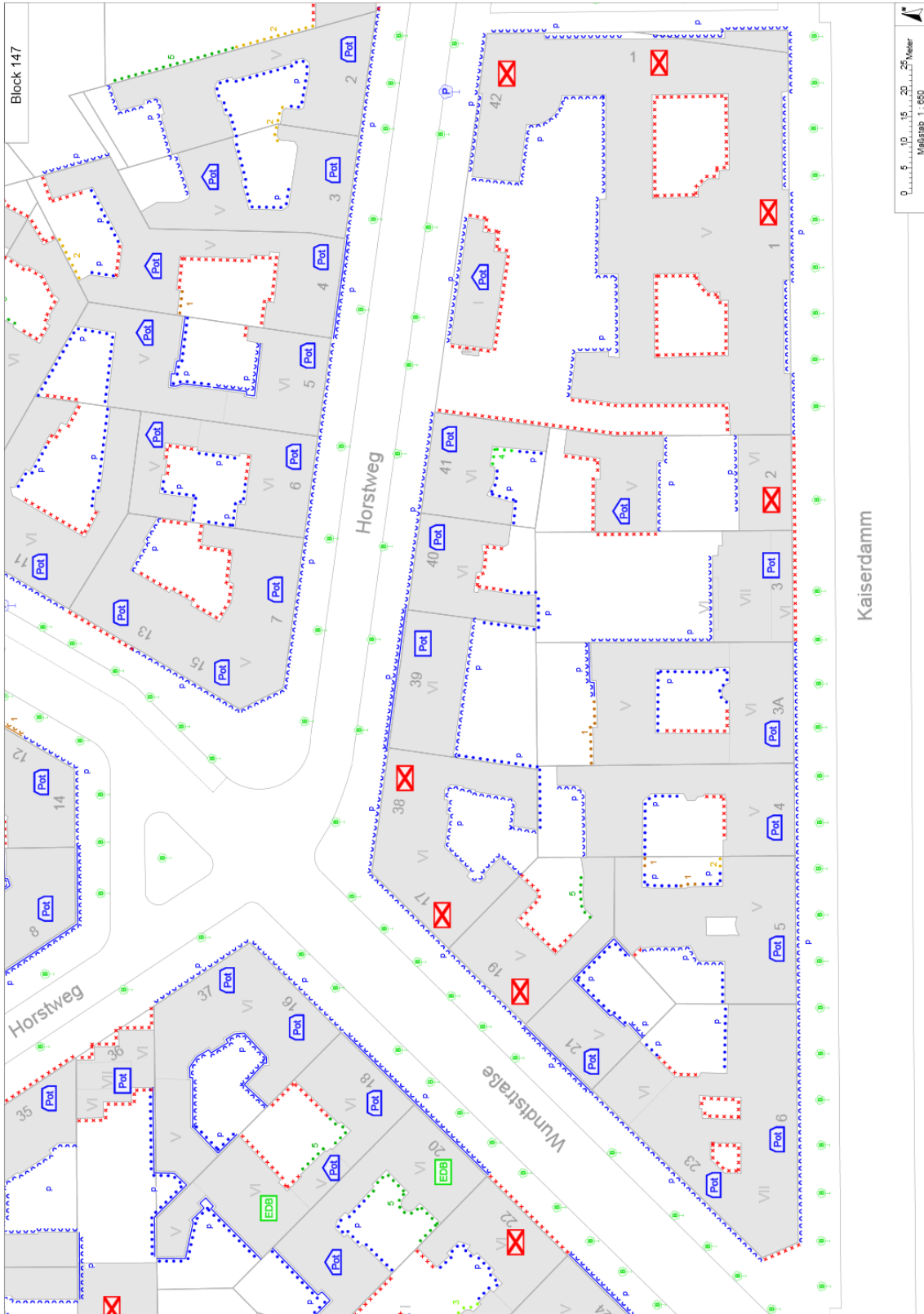


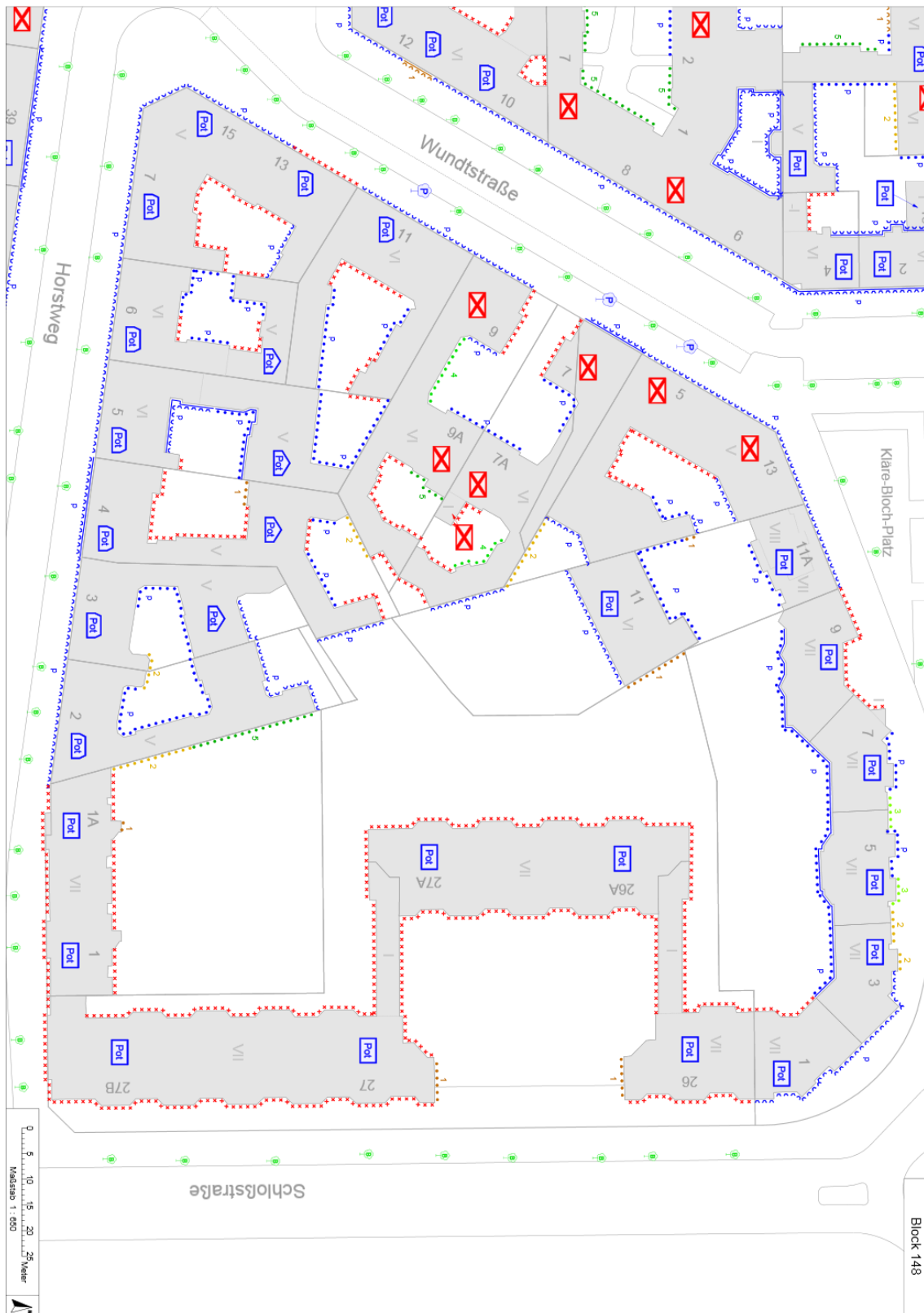


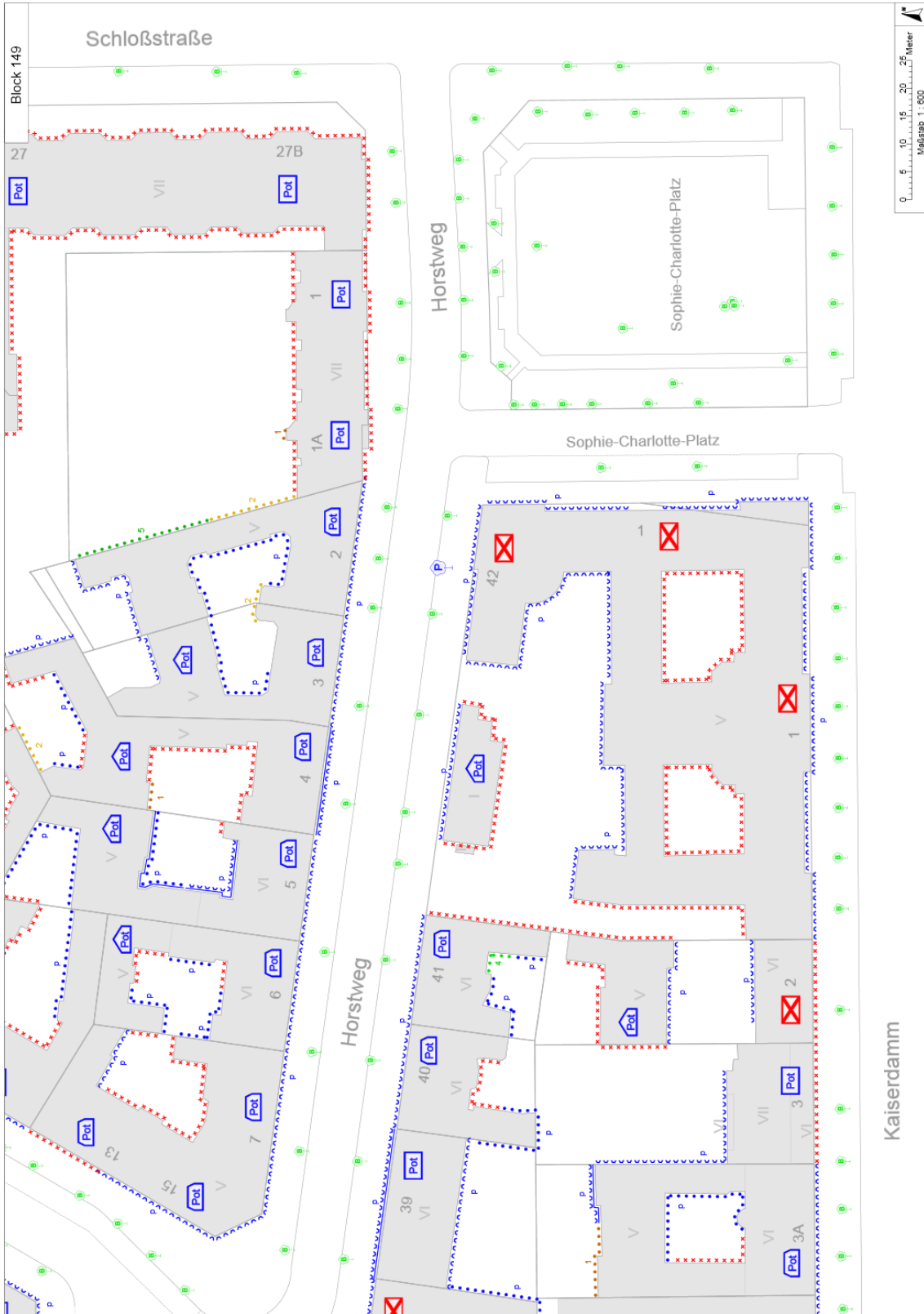












Eidesstattliche Erklärung

Ich versichere hiermit, dass ich die Arbeit selbstständig angefertigt habe und keine anderen als die angegebenen Quellen und Hilfsmittel benutzt sowie die wörtlich oder inhaltlich übernommenen Stellen als solche kenntlich gemacht habe.

Eberswalde, den 03. Februar 2015

Martin Thiele