

Erhebung und Aufbereitung von Informationen zum Gründachbestand in Berlin 2020

- Abschlussbericht -

Auftragnehmer:



Luftbild Umwelt Planung GmbH

Bearbeitung:

Annika Pauligk, Benjamin Stöckigt, Bianca Streng
(LUP)

Auftraggeber:



Senatsverwaltung für Stadtentwicklung, Bauen und
Wohnen

Berlin, Dezember 2022

Anschriften

Senatsverwaltung für Stadtentwicklung, Bauen und Umwelt
Abt. Geoinformation, Referat Geodateninfrastruktur
Umweltatlas Berlin
Leilah Haag, Manuel Döllefeld, Jörn Welsch

Fehrbelliner Platz 1
10707 Berlin

Tel. +49 (0)30 901395270

mail leilah.haag@senstadt.berlin.de

manuel.doellefeld@senstadt.berlin.de

joern.welsch@senstadt.berlin.de

web <https://www.berlin.de/umweltatlas>

Luftbild Umwelt Planung GmbH

Große Weinmeisterstraße 3a
14469 Potsdam

Tel.: +49 (0)331-275770

mail annika.pauligk@lup-umwelt.de

web www.lup-umwelt.de

Dieser Bericht beruht auf dem Bericht der Auswertungen von 2016 von Digitale Dienste Berlin, Büro für Angewandte Fernerkundung und Luftbild Umwelt Planung GmbH.

Inhalt

1	HINTERGRUND	6
2	ZIELSTELLUNG	7
3	AUSWAHL UND AUFBEREITUNG DER DATEN	8
	3.1 Digitale TrueOrthophotos	8
	3.2 Fachplanungs- und Geodaten	12
	3.2.1 Gebäudegeometrien	12
	3.2.2 Informationssystem Stadt und Umwelt (ISU).....	13
	3.2.3 Höheninformationen	13
4	VERFAHREN	14
	4.1 Kartierung von begrünten Dachflächen und Tiefgaragen	15
	4.1.1 Automatisierte Vorkartierung	15
	4.1.2 Nachkartierung	18
	4.1.3 Erstellung der Ergebnis-Layer	23
	4.2 Ergebnisse.....	24
	4.2.1 Kartierungsergebnis.....	24
	4.2.2 Statistische Analysen.....	25
5	DISKUSSION UND BEWERTUNG	38
6	ZUSAMMENFASSUNG	40
7	LITERATUR	41
8	ANHANG.....	44
	8.1 Gebäudenutzungsklassen	44
	8.2 Daten	49

Tabellen

Tabelle 1: Begrünte Dachflächen in Berlin.....	24
Tabelle 2: Verteilung der begrünten Dachflächen pro Gebäudenutzung 2020	26
Tabelle 3: Verteilung der begrünten Dachflächen pro Flächentyp des ISU	28
Tabelle 4: Verteilung der begrünten Dachflächen pro Bezirk	34
Tabelle 5: Zuordnung der Gebäudenutzungsklassen	44
Tabelle 6: Zwischen- und Endergebnisse	49
Tabelle 7: Attribute der Endergebnisse der Dachteilflächen	49
Tabelle 8: Attribute des gebäudebasierten Endergebnisses	50
Tabelle 9: Attribute des blockbasierten Endergebnisses.....	51

Abbildungen

Abbildung 1: Digitale RGBI-TrueOrthophotos – Bildmosaik von Berlin	9
Abbildung 2: Digitale Orthophotodaten und abgeleiteter Vegetationsindex NDVI	11
Abbildung 3: Ausschnitt von Berlin mit CIR-Darstellung (links), nDOM (Mitte) und der daraus berechneten Neigung (rechts)	14
Abbildung 4: Verfahrensschema - Erfassung des Gründachbestands des Landes Berlin	15
Abbildung 5: Teilgebiet zur Erfassung von Referenzdaten	16
Abbildung 6: U-Net Architektur nach Ronneberger et al. (2015)	17
Abbildung 7: Trainingsverlauf zur Erkennung von Gründächern in Berlin	18
Abbildung 8: Ergebnisse zur überwachten Klassifizierung; links: True-Orthophoto 2020, rechts: automatisierte Vorkartierung Gründachbestand (grün)	18
Abbildung 9: Kartierungsergebnis nach Luftbildinterpretation (Ausschnitt)	19
Abbildung 10: Keine Ausgrenzung schmaler linienhafter Elemente	20
Abbildung 11: Fehlkartierungen der automatisierten Gründacherfassung	20
Abbildung 12: Fehlkartierungen der automatisierten Gründacherfassung – nicht existierendes Gebäude aus ALKIS	21
Abbildung 13: Fehlkartierungen der automatisierten Gründacherfassung – Schattenflächen	21
Abbildung 14: unvollständige automatisierte Gründacherfassung neuer Gründächer mit junger Vegetation	22
Abbildung 15: Fehlkartierungen der automatisierten Gründacherfassung – Solaranlagen	22
Abbildung 16: Fehlendes Gebäude in Gebäudedatengrundlage, Aral-Tankstelle Ecke Kurfürstendamm/Schwarzbacher Straße	23
Abbildung 17: Verteilung der begrünten Dachflächen in Berlin und Ausschnitt auf Gebäudeebene	25
Abbildung 18: Begrünte Dachfläche [m ²] - Anteil pro Gebäudenutzung	26
Abbildung 19: Begrünte Dachfläche [m ²] pro Bezirk mit Unterscheidung des begrünten Dachflächenanteils	31
Abbildung 20: Bezirksbezogene Anteile der begrünten Dachflächen an den Gebäudegrundflächen und Anteile der Gebäude mit begrünter Dachfläche an der Gebäudeanzahl 2020	32
Abbildung 21: Begrünte Dachfläche [m ²] pro Bezirk mit Unterscheidung zwischen intensiver und extensiver Begrünung 2020	33
Abbildung 22: Veränderungskartierung 2016-2020: Anteil begrünte Dachfläche an Block(teil)fläche [%]	35
Abbildung 23: Beispiel Europacity: neue Bebauung mit Gründächern	36
Abbildung 24: Beispiel Rückbau eines Gründachs an der Schloßstraße	37

1 Hintergrund

Begrünte Dächer leisten durch ihre positiven ökologischen Funktionen einen Beitrag zur Minderung der Beeinträchtigung des Naturhaushaltes in städtischen Ballungsräumen. Sie reduzieren den Ablauf von Regenwasser, mindern die Regenwasserspitzen, schaffen Verdunstungsflächen und können die biologische Vielfalt erhöhen. Durch die Schaffung zusätzlicher begrünter Aufenthalts- und Betätigungsflächen tragen sie zur Verbesserung des städtischen Wohnumfeldes bei. Gründächer werden deutschlandweit immer häufiger gebaut.

Im Rahmen der Berliner Anpassungsstrategie an den Klimawandel wird die Bedeutung des Dachflächenpotenzials zur systematischen Schaffung begrünter Flächen als Ausgleich im Zuge der weiteren Verdichtung der Stadt besonders hervorgehoben (SENSTADTUM 2016).

Seit 2019 wird über das Förderprogramm „GründachPLUS“, ehemals „1.000 grüne Dächer“, insbesondere in hoch verdichteten Stadtquartieren die Begrünung von Dächern über 100 m² auf Bestandsgebäuden gefördert (SenUVK 2019). Da es bisher keine gesetzlichen Verpflichtungen zur Dachbegrünung auf Bestandsgebäuden gibt, ist die öffentliche Förderung eine besonders wichtige Maßnahme (Abgeordnetenhaus Berlin 2022).

Auf nationaler Ebene findet dieser Ansatz Unterstützung durch eine Initiative des Bundesministeriums für Umwelt, Naturschutz, Bau und Reaktorsicherheit (BMUB), das in seinem aktuellen „Grünbuch Stadtgrün“ die Rolle der Dach- und Fassadenbegrünung für die Gesundheit der Stadtbevölkerung herausstellt (BMUB 2015).

Positive Auswirkungen der Begrünung von Dächern sind lufthygienische und kleinklimatische Verbesserungen, Schaffung von Ersatzbiotopen für Flora und Fauna sowie die Schaffung von Voraussetzungen für eine naturnahe Regenwasserbewirtschaftung (DBU 2011). Begrünte Fassaden und Dächer tragen zudem zu einem Kühlungseffekt bei. Weitere positive Effekte sind die Verminderung des Lärmpegels sowie eine Bereicherung des Stadtbildes. All diese Effekte tragen zur Gesundheitsförderung der Stadtbevölkerung auch im Sinne der Klimaanpassung bei (SENSTADTUM 2016, SENSTADTUM 2016A).

Die Dachbegrünung als ein Element der Regenwasserbewirtschaftung kann Probleme der versiegelten Stadt wie städtische Hitzeinseln vermindern und die Belastung der Oberflächengewässer reduzieren (SenSW 2017a). Bepflanzte Dächer führen zu einem verbesserten Regenrückhalt. Durch den verminderten Abfluss des Regenwassers kommt es zu einer Entlastung der Kanalisation (SenStadt 2010).

Seit dem Jahr 2000 erfolgt in Berlin eine getrennte Abrechnung der Gebühren von häuslichem Abwasser (Schmutzwasser) und Niederschlagswasser. Bei der Ermittlung der versiegelten Flächen als Grundlage für die Gebühren für die Ableitung des Niederschlagswassers wird berücksichtigt, dass Flächen, die nicht oder nur geringen Einfluss auf den Abfluss des Niederschlagswassers haben, nicht oder nur anteilig bei der Berechnung des Entgelts für die Niederschlagswasserbeseitigung angesetzt werden. So werden z. B. bei begrünten Dachflächen nur 50 % der jeweiligen Fläche bei der Berechnung des Niederschlagswasserentgelts angesetzt (SenJust 2016, BWB 2021).

Die Begrünung von Dach- und Fassadenflächen hat auch in Berlin eine lange Tradition. Bereits zu Beginn des 19. Jahrhunderts gab es etwa 2.000 Gründächer in Berlin, die als Holzzementdächer konstruiert waren (AHRENDT 2007).

In den 1980er Jahren wurden in Ost- und West-Berlin Hofbegrünungsprogramme durchgeführt, um innerstädtische Grünflächendefizite auszugleichen. Dieses Programm unterstützte die Begrünung nicht nur von Innenhöfen, sondern auch von Fassaden und Dächern.

In den Richtlinien für den öffentlich geförderten sozialen Wohnungsbau wurden 1990 ökologische Anforderungen definiert, nach denen bei Bauvorhaben Ressourcenschonung und Umweltverträglichkeit berücksichtigt werden sollen. Berlin entwickelte den seit den 1990er

Jahren eingesetzten sogenannten Biotopflächenfaktor (BFF), er benennt als grüner Kennwert „den Flächenanteil eines Grundstückes, der als Pflanzenstandort dient bzw. sonstige Funktionen für den Naturhaushalt übernimmt“ (SENUVK 2021). Für Bauvorhaben bzw. Wettbewerbe wurden in Berlin 2001 erstmals ökologische Kriterien definiert, wie beispielsweise die Ausweisung von Ausgleichsmaßnahmen in verdichteten innerstädtischen Bereichen durch begrünte Freiflächen, Fassaden und Dachbegrünungen (DBU 2011).

Planungsrechtliche Grundlagen für die Begrünung von Dächern finden sich im Baugesetzbuch (BauGB) mit dem § 9 Abs. 1 Nr. 20, nach dem Flächen oder Maßnahmen zum Schutz der Natur festgesetzt werden können, sowie Nr. 25 a) und b), in denen für geplante Bebauungen entsprechende Bepflanzungen bzw. deren Erhalt vorgegeben werden. Zudem sind im § 31 (2) BauGB die Ausgleichsmaßnahmen festgesetzt (SENSTADT 2010). Auch im Bundesnaturschutzgesetz (BNatSchG) wurden Rahmenbedingungen für das Anlegen von Gründächern geschaffen. In den Gesetzestexten findet sich jedoch in der Regel nicht explizit der Begriff „Dachbegrünung“, die Formulierungen über die Bepflanzungen sind eher unverbindlich gehalten. Letztendlich entscheiden die kommunalen Entscheidungsträger darüber, ob die Begrünung von Dächern aktiv in die Stadtplanung eingebunden wird (DBU 2011). In Berlin ist in einigen Bebauungsplänen die Schaffung von begrünten Dächern als Ausgleichsmaßnahme festgelegt (z. B. festgesetzte Bebauungspläne XIV-294 und XIV-294-1 am Columbiadamm in Kreuzberg).

Die Kenntnis des Bestandes an Gründächern kann für eine zukünftige Gründachstrategie genutzt werden und eine Basis für ein zukünftiges Monitoring sein. Eine Erfassung des Gründachpotenzials steht noch aus.

2 Zielstellung

Im Auftrag der Senatsverwaltung für Stadtentwicklung, Bauen und Wohnen wurde im Jahr 2022 von Luftbild Umwelt Planung GmbH der Datenbestand der Inventarisierung der Gründächer im Umweltatlas mit Erfassungsstand Mai 2016 auf den Stand August 2020 fortgeschrieben.

Die im Jahr 2016 durch Digitale Dienste Berlin sowie Luftbild Umwelt Planung entwickelte Methodik (COENRADIE & HAAG 2016) wurde in diesem Zuge weiterentwickelt. Die Vergleichbarkeit beider Datenbestände wurde dabei im Sinne eines Monitorings gewährleistet. Das Verfahren beruht auf der Auswertung aktueller Digitaler Orthophotos sowie geeigneter Fachplanungsinformationen. Auf der Grundlage der Kartierungsergebnisse sollten Aussagen zum Istzustand auf der Ebene von Einzelgebäuden, Block(teil)flächen und Bezirken abgeleitet werden. Für die Fortschreibung auf den Stand 2020 wurden erstmals verkippungsfreie TrueOrthophotos verwendet.

Ziel der Gründachkartierung war sowohl die Erfassung aller begrünten Dachflächen bzw. Dachteilflächen als auch die mit Vegetation bedeckten Tiefgaragen. Eine verlässliche Unterscheidung zwischen Bauwerkbegrünung einerseits und spontaner Vegetationsentwicklung auf Flachdächern andererseits ist mit Fernerkundungsdaten nicht möglich und in der vorliegenden Auswertung auch nicht gewünscht. Ferner wurde eine Differenzierung in Intensivbegrünung und Extensivbegrünung angestrebt. Diese orientierte sich an den Reflexionseigenschaften der begrünten Dachflächen und unterscheidet nicht nach den bautechnisch-funktionalen Gründachaufbauten.

Die Ergebnisse der Gründachkartierung werden im Umweltatlas Berlin unter <https://www.berlin.de/umweltatlas/nutzung/gruendaecher/> präsentiert.

3 Auswahl und Aufbereitung der Daten

Für die Erfassung von Gründächern eignen sich in besonderem Maße multispektrale Fernerkundungsdaten. Die „Sicht von oben“ ermöglicht eine spektrale Differenzierung von Oberflächenbedeckungsarten und -materialien von Dächern. Mit der Verfügbarkeit von aktuellen, hoch aufgelösten digitalen TrueOrthophotos einerseits (Kap. 3.1) sowie Gebäudeumrissen andererseits waren für die Verfahrensentwicklung die wesentlichen Datengrundlagen für eine genaue Zuordnung vorhanden. Zur Minimierung von Fehlkartierungen wurden weitere stadtweit verfügbare Fachplanungs- und Geodaten eingebunden (Kap. 3.2).

Im Hinblick auf eine praktikable Vorgehensweise bei der Verknüpfung von Vektordaten (Fachinformationen, Geodaten) und Rasterdaten (TrueOrthophotos) sowie der Erzielung hinreichend genauer Kartierungsergebnisse wurde für den Kartierungsprozess eine räumliche Auflösung von 0,50 m x 0,50 m festgelegt.

3.1 Digitale TrueOrthophotos

Die SenStadtWohn verfügt über digitale TrueOrthophotos (TrueDOP), welche die gesamte Landesfläche abbilden. Die für die Auswertungen verwendeten originalen 4-kanaligen Luftbilder (RGBI: Rot-, Grün-, Blau-, Infrarot-Kanal) wurden in Befliegungen am 01., 08., 12. und 16. August 2020 aufgenommen. Mit Methoden der digitalen Photogrammetrie wurden aus diesen Ausgangsdaten orthorektifizierte Bildkacheln mit einer Größe von 2 km x 2 km prozessiert. Die räumliche Auflösung der TrueOrthophotos beträgt 0,20 m x 0,20 m, sodass eine genaue kartographische bzw. methodische Verknüpfung mit anderen Geodaten gewährleistet ist (Abbildung 1).

Für die Auswertungen wurden die auf 0,5 m skalierten TrueOrthophotos zu einem TrueDOP-Mosaik „Berlin“ zusammengeführt. Eine Aufteilung in mehrere Teilmosaike war nicht erforderlich, da zum einen die Luftbildaufnahmen sehr homogene radiometrische Eigenschaften aufwiesen. Zum anderen wurde innerhalb der vier Befliegungstage eine nahezu identische phänologische Situation abgebildet.

Im Rahmen der Gründachkartierung wurden TrueOrthophotos für folgende Arbeitsschritte verwendet:

- automatisierte Vorkartierung, einschließlich der Referenzflächenermittlung (Kap. 4.1.1),
- Prüfung und Verbesserung der Vorkartierungsergebnisse mittels Luftbildinterpretation (Kap. 0).



Abbildung 1: Digitale RGBI-TrueOrthophotos – Bildmosaik von Berlin

Luftbildbefliegungen vom 1., 8., 12. und 16. August 2020; RGBI-Daten (Rot – Grün – Blau – Infrarot);
räumliche Auflösung der Originaldaten: 0,20 m x 0, 20 m;
Darstellung: RGB-Kanalkombination (Rot – Grün – Blau)

Ableitung des Vegetationsindex NDVI

Neben den originalen Spektralkanälen wurde für die Kartierung von Vegetation der *Normalized Difference Vegetation Index (NDVI)* berechnet und in den Klassifizierungsprozess eingebunden:

$$NDVI: ([NIR-Rot] / [NIR+Rot])$$

In diesem synthetischen Kanal werden Informationen aus dem Nahen Infrarot (NIR-Kanal) und dem roten Spektralbereich (Rot-Kanal) miteinander kombiniert mit dem Ziel, Vegetationsflächen zu betonen.

Der NDVI-Vegetationsindex dient in Fernerkundungsdatenauswertungen vielfach der vereinfachten Kartierung mittels Schwellenwertverfahren oder unterstützt eine verbesserte Differenzierung von Vegetationsbedeckungsgraden. In zahlreichen Untersuchungen hat sich dieser Zusatzkanal zur Differenzierung von vegetationsbedeckten und vegetationslosen Oberflächen sowie zur Klassifizierung von Versiegelungsgraden bewährt (COENRADIE et al. 2007, COENRADIE & HAAG 2016).

Ausgewertet werden in der Regel Luftbilddaten mit Sommeraspekt (Juni bis September), in denen die Vegetation mit vollständigem Laubaustrieb und möglichst vital erfasst wird.

Zur Berechnung des NDVI erfolgt eine pixelweise arithmetische Verknüpfung der entsprechenden Spektralkanäle. Die resultierenden Werte (Gleitkommazahlen) liegen im Bereich von -1 bis +1. Die verschiedenen Oberflächenbedeckungsarten und -materialien nehmen dabei zumeist charakteristische Wertebereiche ein, die in Abhängigkeit vom Aufnahmezeitpunkt, von der Phänologie oder atmosphärischer Bedingungen geringfügig variieren können (Abbildung 2):

- Gewässer, vegetationslose oder versiegelte Flächen: sehr niedrige bis niedrige Werte (Groborientierung: $NDVI < 0,1$ / „dunkle Bereiche“ im NDVI-Kanal),
- Vegetationsflächen: hohe bis sehr hohe Werte (Groborientierung: $NDVI > 0,1$ / „helle Bereiche“ im NDVI-Kanal),

Für die Methodenentwicklung waren folgende Aspekte zu beachten:

- Vegetation mit sehr geringer Vitalität wird tendenziell in niedrigen bis mittleren Indexwerten kodiert. Insbesondere bei Dachbegrünungen sind witterungsbedingte Variabilitäten und Schwankungen der spektralen Reflexionen und folglich der Index-Werte zu erwarten.
- Die „Sicht von oben“ kann bei niedrigen Gebäuden zu Teilverdeckungen von Dächern durch Baumkronen führen.

Weiterführende Erläuterungen zu Vegetationsindices finden sich in den einschlägig bekannten Fernerkundungshandbüchern (u. a. HILDEBRANDT 1996, RICHARDS & JIA 1999).

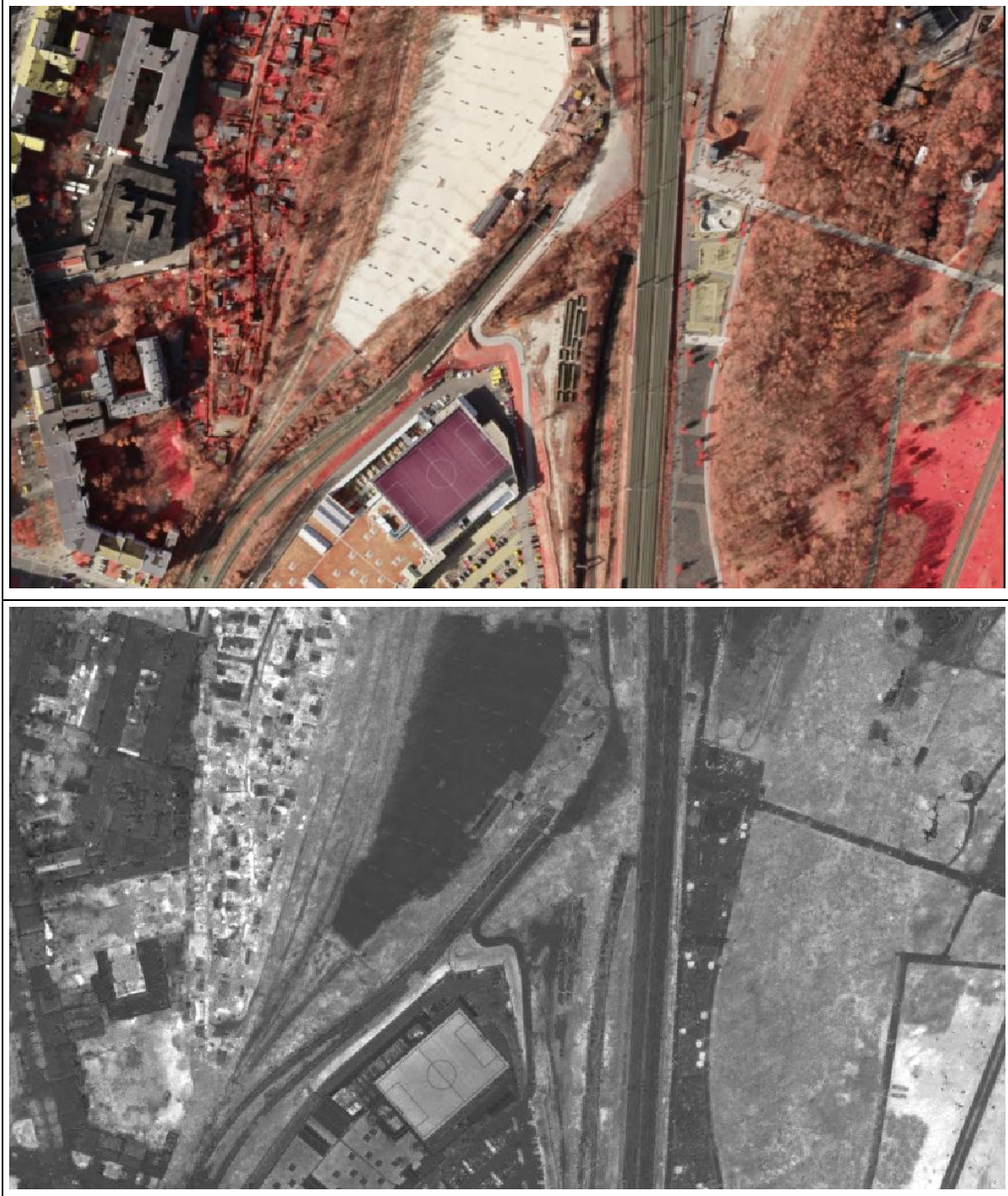


Abbildung 2: Digitale Orthophotodaten und abgeleiteter Vegetationsindex NDVI

oben: CIR-Luftbild (RGB: Infrarot-/ Rot-/ Grünkanal);

unten: Vegetationsindex NDVI

- helle Bereiche: u. a. Vegetation, Kunstrasenplatz,

- dunkle Bereiche: u. a. Sand, Gleisschotter/Kies, versiegelte Oberflächen, vegetationslose Dächer

3.2 Fachplanungs- und Geodaten

3.2.1 Gebäudegeometrien

Die Analysefläche für die Kartierung von begrünten Flächen auf oberirdischen Gebäuden und Tiefgaragen wurde mit vorhandenen Gebäudegeometriedaten des Amtlichen Liegenschaftskatasterinformationssystem (ALKIS) und weiteren Geodaten abgegrenzt.

Amtliches Liegenschaftskatasterinformationssystem - ALKIS

Seit dem 1. Dezember 2015 werden die Daten des Liegenschaftskatasters im Amtlichen Liegenschaftskatasterinformationssystem ALKIS und nicht mehr im Automatisierten Liegenschaftsbuch (ALB) und in der Automatisierten Liegenschaftskarte (ALK) geführt (SENSBW 2022). Aus dem Layer „Flächenförmige Gebäude und Bauteile“ mit dem Stand vom Mai 2022 wurden folgende Objekte ausgewählt:

- oberirdische Gebäude sowie
- Tiefgaragen ohne Überbauung.

Von den in ALKIS enthaltenen Tiefgaragenflächen wurden nur die Flächenteile ohne Überbauung verwendet, sodass keine Überschneidungen mit den Gebäudeflächen auftreten.

NOT-ALKIS-Gebäude

Der in den vergangenen Kartierungen verwendete Datensatz der NOT-ALK-Daten wurde im Rahmen der aktuellen Kartierung auf Grund fehlender Aktualität (Erfassung im Jahr 2014) nicht mehr verwendet. Stattdessen wurde zur Ergänzung der ALKIS-Gebäude aus dem DOM 2020 ein normiertes Oberflächenmodell (nDOM) abgeleitet und damit eine Gebäude-Klassifikation durchgeführt (SenSW 2020a, SenSW 2021a). Als NOT-ALKIS-Gebäude wurden alle Flächen zugewiesen, die

- im nDOM 2020 und im nDOM 2021 eine Höhe von über 2 m aufweisen UND
- kein Vegetationssegment 2020 darstellen (vergleiche Analysen zu [Vegetationshöhe](#)) UND
- sich innerhalb der ISU-Block(teil)flächen befinden UND
- kein ALKIS-Gebäude darstellen.

Das nDOM 2021 wurde einbezogen, um alle temporären Gebäude, wie Baucontainer oder Zelte, auszuschließen.

Der so entstandene Datensatz wird als „NOT-ALKIS-Gebäude 2021“ bezeichnet. Für die Gründachkartierung wurden die NOT-ALKIS-Gebäude nur für verschiedene Flächentypen verwendet, da sich zeigte, dass durch die beschriebene Regelbasis zahlreiche Brücken und aufgeständerten Gleisanlagen fälschlicherweise als Gebäude erkannt wurden. Für die folgenden Flächentypen des Informationssystems Stadt und Umwelt (ISU, s. Kap. 3.2.2) stellen die NOT-ALKIS-Gebäude allerdings eine wertvolle Ergänzung zu den ALKIS-Gebäuden dar:

- Dörfliche Mischbebauung (TYP 21),
- Reihen- und Doppelhäuser mit Gärten (TYP 22),
- Freistehende Einfamilienhäuser mit Gärten (TYP 23),
- Villen und Stadtvillen mit parkartigen Gärten (TYP 24),
- Verdichtung im Einzelhausgebiet, Mischbebauung mit Garten und halbprivater Umgrünung (TYP 25),
- Kleingartenanlagen (TYP 37),
- Wochenendhaus- und kleingartenähnliches Gebiet (TYP 59),
- Geschosswohnungsbau der 1990er Jahre und jünger (TYP 73).

Für die Gründachkartierung wurden von diesen Gebäuden nur alle einzelnstehenden NOT-ALKIS -Gebäude als Datengrundlage ausgewählt, um eine statistische Auswertung pro Gebäude zu ermöglichen. Alle NOT-ALKIS-Gebäudeteile, die lediglich eine ALKIS-Gebäudefläche ergänzen, konnten daher nicht verwendet werden. Mit der beschriebenen Zusammenstellung aus ALKIS- und NOT-ALKIS-Gebäuden wurde die auszuwertende Analysefläche festgelegt. Die Gebäudedatengrundlage (Summe aus ALKIS- und NOT-ALKIS-Gebäuden) umfasst insgesamt 629.666 Objekte. Es ist zu beachten, dass davon etwa 105.000 Gebäude Kleinstobjekte <20 m² (z. B. Garagen oder Gartenlauben) darstellen.

3.2.2 Informationssystem Stadt und Umwelt (ISU)

Die Struktur des „Regionalen Bezugssystems“ (RBS) des Amtes für Statistik Berlin-Brandenburg definiert statistische Blöcke und deren Codierung (Schlüssel). Sie wird im Umweltatlas Berlin der SenSBW als Bezugsgröße eingesetzt. Der Umweltatlas basiert auf der Kartengrundlage des Informationssystems Stadt und Umwelt (Raumbezug, ISU5 1 : 5.000, SenSW 2020b). Es werden 52 Flächentypen mit homogener Nutzungs- und Raumstruktur unterschieden.

Für die Gründachkartierung wurde die ISU5 mit dem Stand vom 31.12.2020 verwendet. Die ISU-Daten wurden im Auswertungsprozess zur Darstellung der Gründachflächen bzw. Gründachanzahlen auf Ebene der Block(teil)flächen des ISU (Kap. 4.2.2) genutzt.

3.2.3 Höheninformationen

Für die bessere Klassifikation von Gründächern innerhalb der automatisierten Vorkartierung wurden Höheninformationen und die daraus abgeleitete Neigung berechnet (Abbildung 3). Aus dem Digitalen Oberflächenmodell und dem Digitalen Geländemodell konnte durch einfache Differenzbildung das normalisierte Digitale Oberflächenmodell (nDOM) berechnet werden, das sowohl Aussage über die Gebäude- als auch Vegetationshöhe gibt. Auf Grundlage des nDOM wurde die Neigung in Grad unter Berücksichtigung der umliegenden Pixel (3x3) berechnet, um bspw. die Aussagekraft bezüglich der Dachneigung zu erhöhen. Beide Informationen sollen den Informationsgehalt für die automatisierte Referenzdatenerfassung sowie die überwachte Klassifizierung mit Hilfe des Convolutional Neural Network (CNN) erhöhen (Kap. 4.1.1.2).

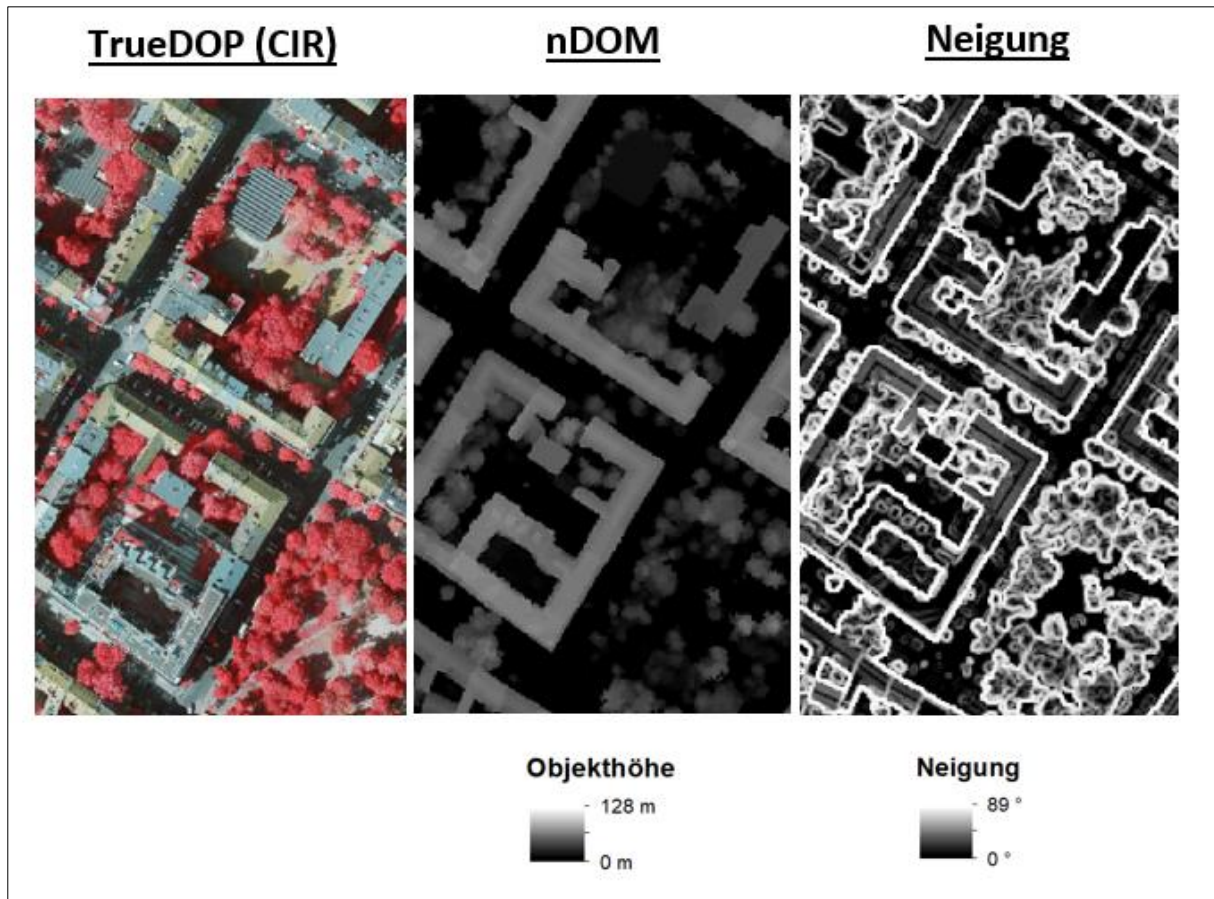


Abbildung 3: Ausschnitt von Berlin mit CIR-Darstellung (links), nDOM (Mitte) und der daraus berechneten Neigung (rechts)

4 Verfahren

In der vorliegenden Kartierung wurde ein operationelles kostengünstiges Auswertungskonzept angestrebt, das einen hohen Automatisierungsgrad aufweist und Transparenz innerhalb der gesamten Prozessierungskette gewährleistet, als Voraussetzung für die Wiederholbarkeit und Übertragbarkeit der Kartierung. Ein wesentliches Kriterium war dabei die effiziente Nutzung von vorhandenen Fachplanungsinformationen bzw. Geodaten und deren Verknüpfung mit aktuellen verzerrungsfreien Digitalen TrueOrthophotos (TrueDOP).

Das Auswertungskonzept für die Erfassung von Vegetationsflächen auf Dächern sowie über Tiefgaragen in Berlin wurde in folgende Auswertungsstufen gegliedert (Abbildung 4):

- spektrale automatisierte Vorkartierung (Kap. 4.1.1),
- visuelle Nachkartierung (Kap. 0),
- statistische Analysen der Kartierungsergebnisse (Kap. 4.2).

Als Zwischenergebnis der ersten Auswertungsstufe resultierte zunächst eine Vegetationserfassung auf Rasterdatenebene. Nachfolgend wurden diese Daten vektorisiert und mittels Luftbildinterpretation geprüft und verbessert. In der dritten Auswertungsstufe erfolgten Verschneidungen der Kartierungsergebnisse mit Gebäude- und ISU-Daten zur Ableitung von Angaben zum Gründachbestand pro Dachfläche und Block- bzw. Blockteilfläche.

Zum Zeitpunkt der Kartierung waren keine geeigneten, die gesamte Stadtfläche abdeckenden Informationen zu Dachformen und Dachneigungen verfügbar, mit denen die Analysefläche durch die gezielte Auswahl von Flachdächern hätte weiter eingegrenzt werden können.

Nachfolgend werden die einzelnen Verfahrensschritte der Gründachkartierung beschrieben.

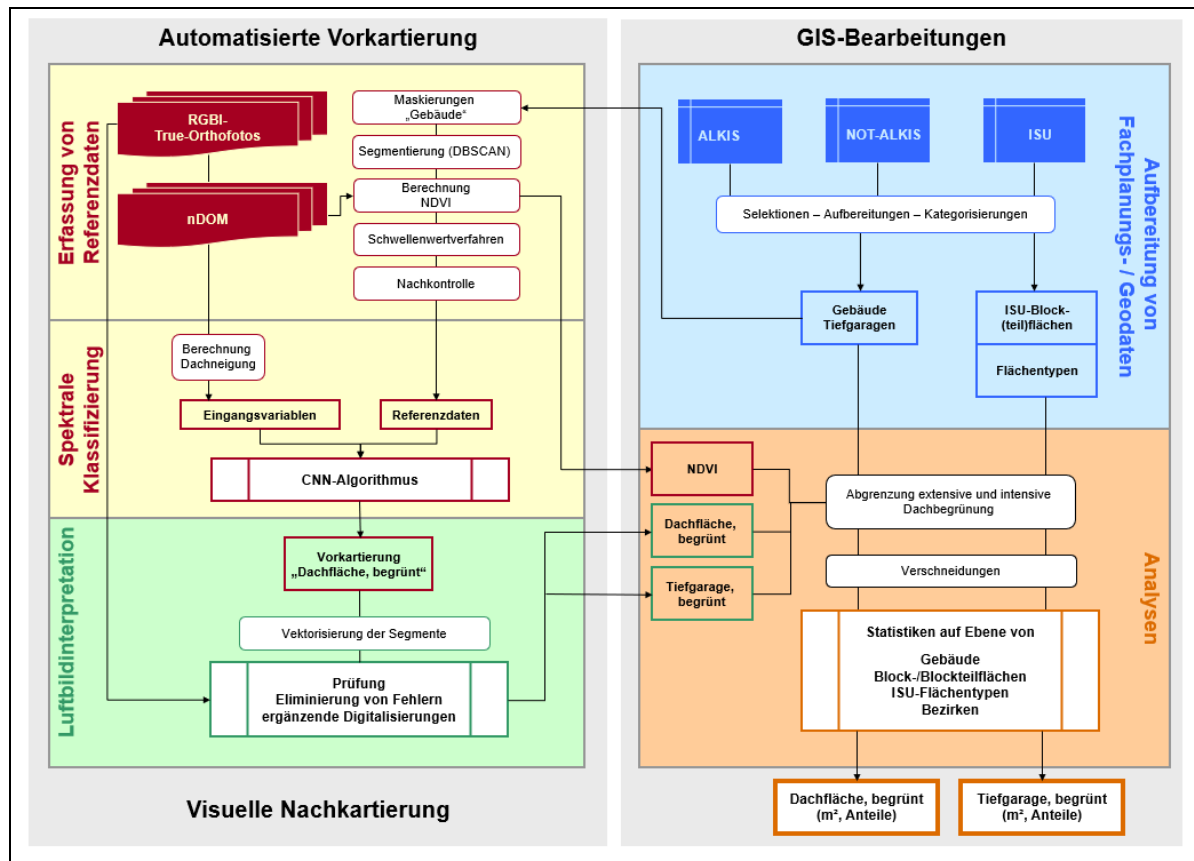


Abbildung 4: Verfahrensschema - Erfassung des Gründachbestands des Landes Berlin

4.1 Kartierung von begrünten Dachflächen und Tiefgaragen

Es wurde ein zweistufiges Kartierungsverfahren entwickelt. Dieses besteht aus einer automatisierten Vorkartierung (Kap. 4.1.1) und einer Nachkartierung bzw. Prüfung mittels visueller Luftbildinterpretation (Kap. 0). Hierbei galt es, den Aufwand für zeitaufwendige manuelle Korrekturen auf ein erforderliches und pragmatisches Mindestmaß zu begrenzen.

Für die Verfahrensentwicklungen und Auswertungen kamen vorrangig die Software-Produkte ArcGIS (V10.6.1), Erdas Imagine Professional (V2013) und die Programmierbibliothek Pytorch (Python 3.71) zum Einsatz.

4.1.1 Automatisierte Vorkartierung

Im Rahmen der automatisierten Vorkartierung sollte innerhalb der Gebäudeumrisse die Objektklasse „Vegetation“ möglichst genau erfasst werden. Als geeignete Vorgehensweise erwies sich eine Kombination aus einer automatisierten Referenzdatenerfassung (Kap. **Fehler! Verweisquelle konnte nicht gefunden werden.**) und einer überwachten Klassifizierung mit Hilfe eines Neuronalen Netzes (Kap. **Fehler! Verweisquelle konnte nicht gefunden werden.**).

4.1.1.1 Automatisierte Referenzdatenerfassung

Im Rahmen der automatisierten Vorkartierung wurde eine überwachte Klassifizierung zur Vorhersage von Gründächern durchgeführt (Kapitel 4.1.1.2). Die Grundlage dessen sind Referenzdaten, die in einem Teilgebiet (~2000 ha, Abbildung 5) von Berlin hochgenau erfasst

werden mussten. Bei der Herleitung von Referenzdaten bilden die Gebäudeumrisse die Analysefläche, d. h. es wurde nur innerhalb dieser nach Vegetation gesucht. Gebäude, die nicht in den Datengrundlagen (ALKIS, NOT-ALKIS) vorhanden waren, wurden nicht analysiert. Zur Erfassung der Gründächer innerhalb der Analysefläche erwies sich eine Kombination aus einer unüberwachten Klassifizierung und Schwellwertanalyse unter Nutzung des Normalized Difference Vegetation Index (NDVI) als geeignete Vorgehensweise.

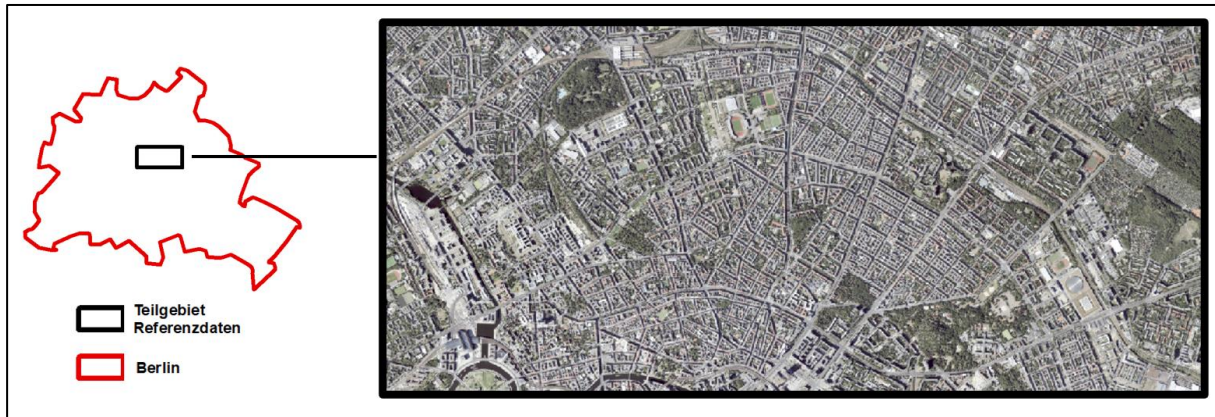


Abbildung 5: Teilgebiet zur Erfassung von Referenzdaten

Im ersten Schritt wurde dabei ein dichtebasiertes Clustering (DBSCAN) bei Analyseflächen der Gebäudeumrisse angewandt, um diese bereits in erste Segmente zu unterteilen. Dabei wurden neben den Spektraldaten des TrueOrthophotos auch die Objekthöhe (nDOM) in die Analyse einbezogen. Die Segmente konnten daraufhin anhand ihres NDVI-Wertes charakterisiert werden und stellen bei einem durchschnittlichen Wert von über 0,1 eine erste Erfassung von Gründächern dar. Aufgrund der geringen Flächengröße des Teilgebiets zur Herleitung von Referenzdaten, konnte die erste Erfassung von Gründächern mit geringem Aufwand durch eine visuelle Korrektur angepasst werden. Beispielsweise wurden fehlerhafte Gründacherfassungen bei Baumkronen über Dachflächen korrigiert. Die überarbeitete Referenz konnte anschließend für die überwachte Klassifizierung verwendet werden.

4.1.1.2 Überwachte Klassifizierung

Für die überwachte Klassifizierung wurde ein Convolutional Neural Network (CNN) verwendet. Dies stellt eine Art von Neuronalen Netzen dar und hat sich bei der Klassifikation von Bilddaten etabliert, da sie neben der spektralen Signatur auch räumliche Strukturen innerhalb des Bildes in die Vorhersage mit einbeziehen (Kattenborn et al. 2021). Dabei werden Pooling- und Convolutional-Layer verwendet, um mit Hilfe von Moving-Window-Fenstern räumliche Strukturen auf unterschiedlichen Ebenen innerhalb des Bildes zu berücksichtigen. Eines der meist genutzten CNN-Architekturen zur semantischen Segmentierung ist das U-Net (Ronneberger et al. 2015). Diese besteht aus einem Encoder, um Informationen aus dem Bild zu extrahieren und einem Decoder zur Wiederherstellung der räumlichen Verortung gewonnener Informationen. Die ursprüngliche U-Net Architektur ist in Abbildung 6 dargestellt. Für das Modell der Gründachkartierung wurde sich für ein U-Net basierend auf einem Resnet34 entschieden. Dabei werden Verbindungen zwischen einzelnen Modell-Layern verwendet, um Informationsverlust in tieferen Informationsschichten zu vermeiden.

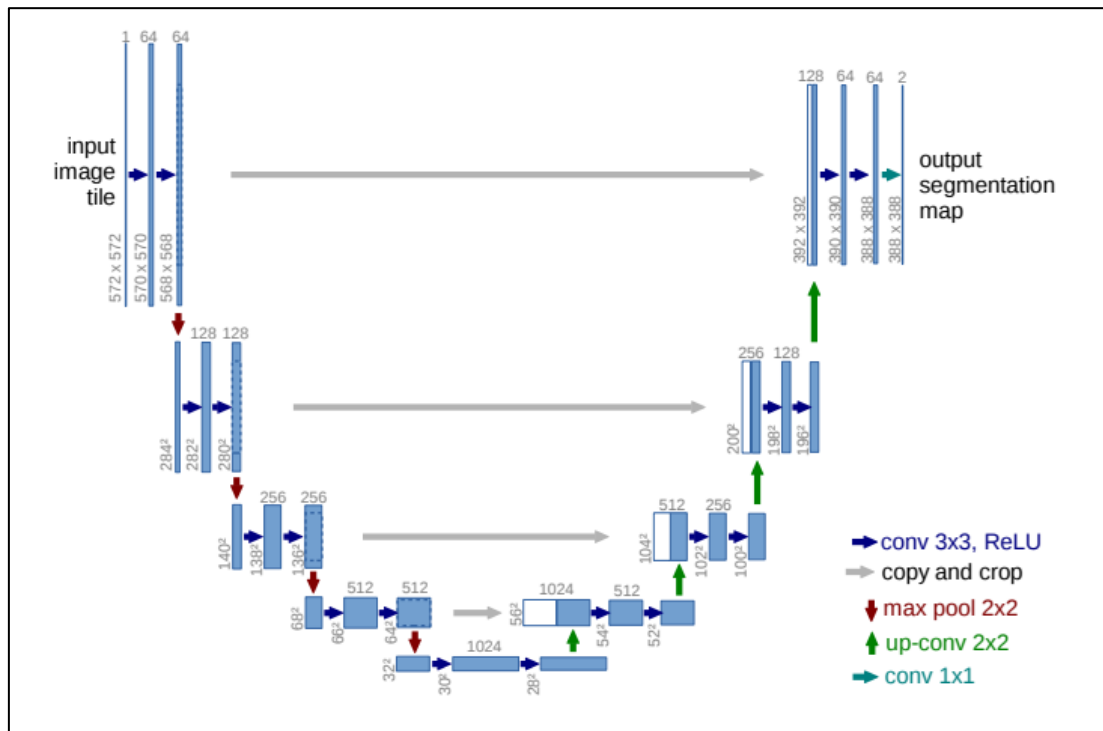


Abbildung 6: U-Net Architektur nach Ronneberger et al. (2015)

Um CNN-Algorithmen zu trainieren, werden komplette Referenzmasken von Bildausschnitten verwendet, damit räumliche Informationen berücksichtigt werden können. Zusätzlich neigen Neuronale Netze durch die hohe Anzahl zu trainierender Modellparameter schnell zum Overfitting. Um dies zu vermeiden, wird eine große Menge an Trainingsdaten verwendet. Die qualitativen und quantitativen Anforderungen an die Referenzdaten erhöhen die Schwierigkeit des Trainings im Vergleich zu etablierten pixelbasierten Ansätzen des maschinellen Lernens, wie zum Beispiel Random Forest. Um dem steigenden Bedarf an Referenzdaten zu begegnen, werden Data Augmentation Techniken verwendet (Kattenborn et al. 2021). Diese beinhalten beispielsweise die Erstellung neuer Referenzdaten durch Transformationen, wie zum Beispiel das Spiegeln oder Rotieren existierender Referenzdaten.

Für das Training des Modells wurden demnach aus dem Teilgebiet (Kap. 4.1.1.1) Ausschnitte mit einer Ausdehnung von 200 x 200 Pixel extrahiert. Insgesamt konnten so durch Verwendung von Transformationen 730 Ausschnitte erstellt werden. Nach einer Aufteilung der Referenzdaten in 70 % Trainings- und 30 % Referenzdaten, war die Grundlage für das Modelltraining gegeben. Dies erfolgte mit einer Batchsize von 5 bei 30 Epochen. Als Loss-Funktion wurde CrossEntropy verwendet und die Lernrate wurde zwischen 0,0005 bis 0,005 variiert. Bei dem Verlauf der Genauigkeitswerte des Trainings (Abbildung 7) zeigt sich der höchste F-Score bei Epoche 26 (0,904). Das Modell bei Epoche 26 wurde demnach zur Vorhersage von Gründächern innerhalb des Projekts verwendet.

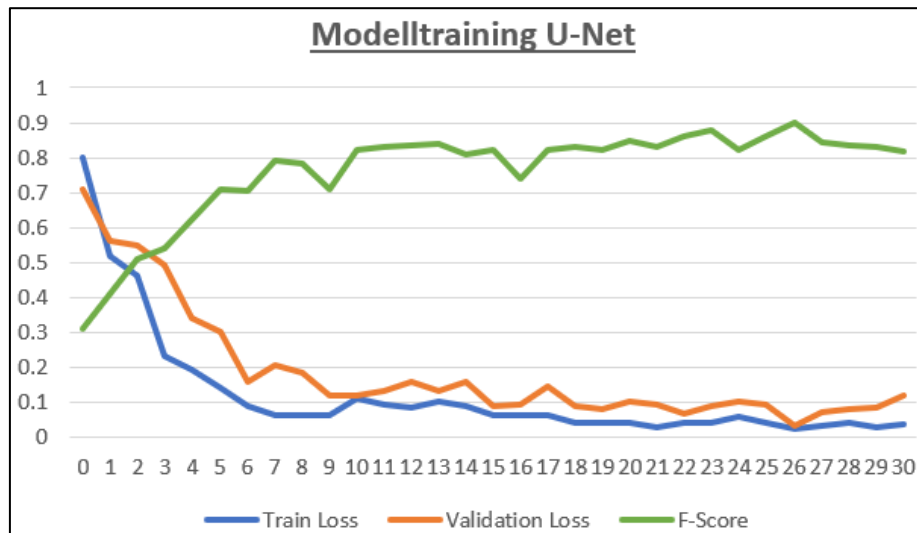


Abbildung 7: Trainingsverlauf zur Erkennung von Gründächern in Berlin

Die Modellvorhersage einer beispielhaften Teilfläche für die automatisierte Vorkartierung kann der folgenden Abbildung 8 entnommen werden. Der Vorteil bei der Verwendung des Modells ist das fortlaufende Training. Neuronale Netze können mit Hilfe von zusätzlichen Referenzdaten zu einem späteren Zeitpunkt weitertrainiert werden. Demnach könnte das Modell zukünftig mit Hilfe von Gründachkartierungen ergänzt und somit die Genauigkeit erhöht werden.

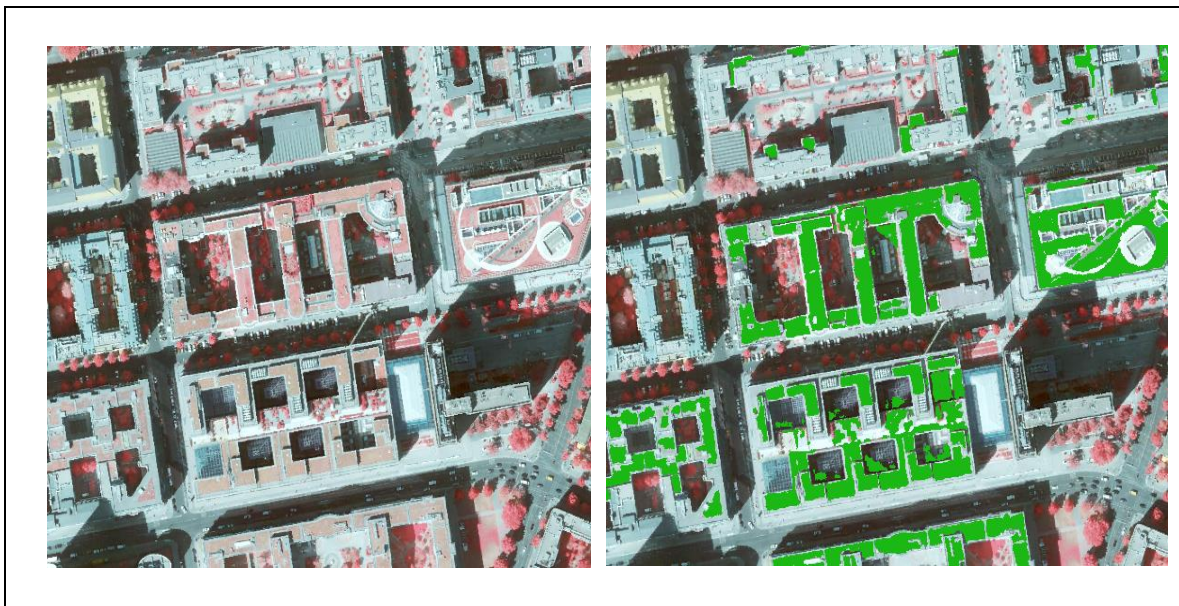


Abbildung 8: Ergebnisse zur überwachten Klassifizierung; links: True-Orthophoto 2020, rechts: automatisierte Vorkartierung Gründachbestand (grün)

4.1.2 Nachkartierung

Die Zwischenergebnisse der automatisierten Vorkartierung wurden vektorisiert und mittels Luftbildinterpretation geprüft und verbessert (Abbildung 9).

Die Interpretations- und Kartierregeln lauteten wie folgt:

- Als Gründach gelten alle bewachsenen Dachflächen, unabhängig davon, ob sie als Gründach angelegt (nicht immer erkennbar) oder durch Spontanvegetation entstanden sind.
- Große Pflanzkübel und Dachgärten werden als Gründach kartiert.
- Vorrangig werden die vorkartierten Flächen geprüft, große fehlende Gründächer werden zusätzlich digitalisiert, wenn sie gesichtet werden.
- Begrünte Dachflächen, auf denen zusätzlich Solaranlagen installiert sind, werden vollflächig als Gründach erfasst.
- Ein Gründach gilt als erfasst, wenn es zu mehr als zwei Dritteln durch die Vorkartierung abgebildet ist. In diesem Fall findet keine flächenscharfe Nachdigitalisierung statt. Bei Gründächern, die zu weniger als zwei Dritteln erfasst sind, wird das Gründach nachdigitalisiert.
- Wenn durch Schattenwurf oder Überdeckung durch Bäume, hier vor allem Garagendächer, das Gründach nicht erkennbar ist, wird eine vorhandene Vorkartierung gelöscht. Eine Ausnahme bilden überschränkte Dachflächen, auf denen 2016 ein Gründach erkannt wurde. In diesen Fällen werden TrueOrthophotos vom Februar 2021 geprüft. Sollte ein Gründach im unbelaubten Zustand erkennbar sein, wird dies nachkartiert.
- Sehr schmale linienhafte Elemente oder Wege müssen nicht ausgegrenzt werden (vgl. Abbildung 10).

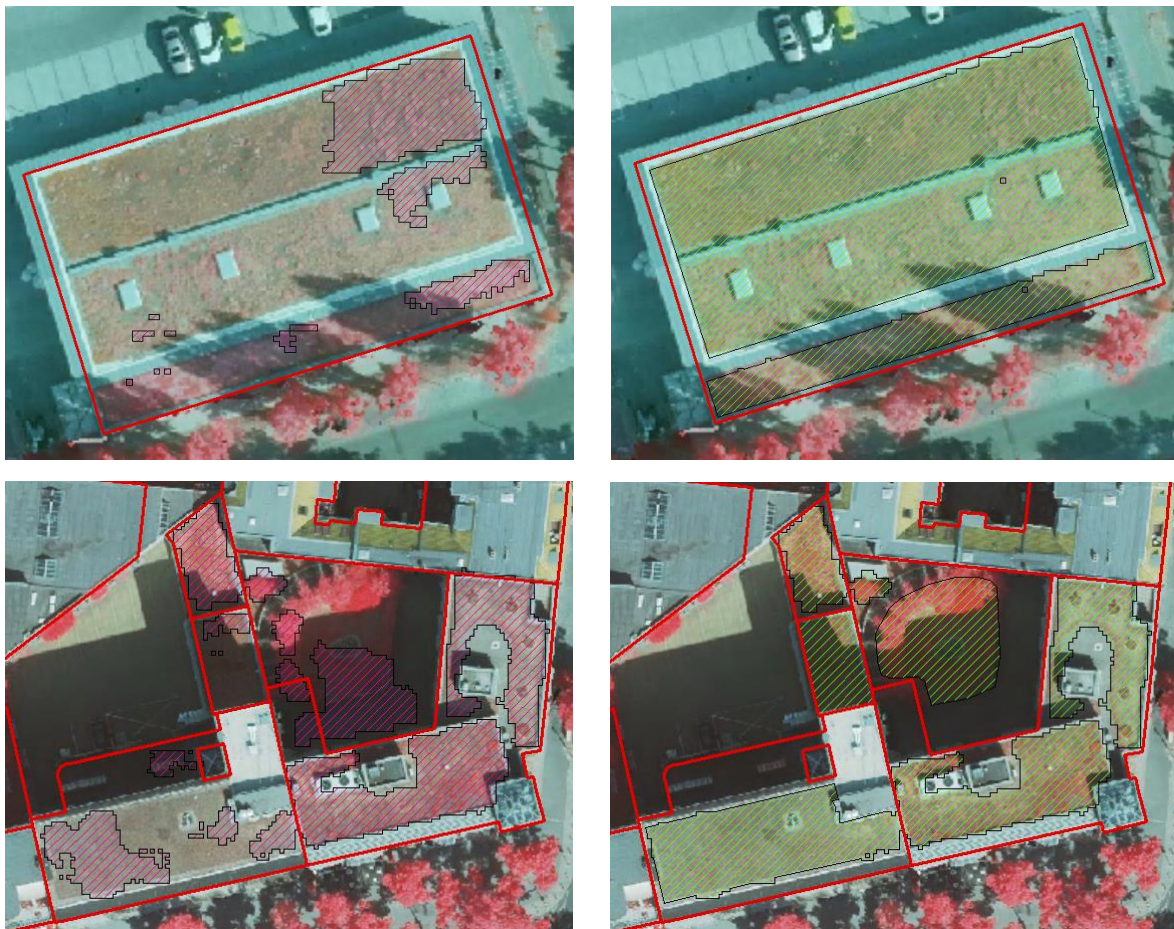


Abbildung 9: Kartierungsergebnis nach Luftbildinterpretation (Ausschnitt)

Links: automatisierte Vorkartierung (pink), rechts: manuelle Nachkartierung (grün)

Hintergrund: CIR-Luftbild 2020, rot: Gebäudeumrisse

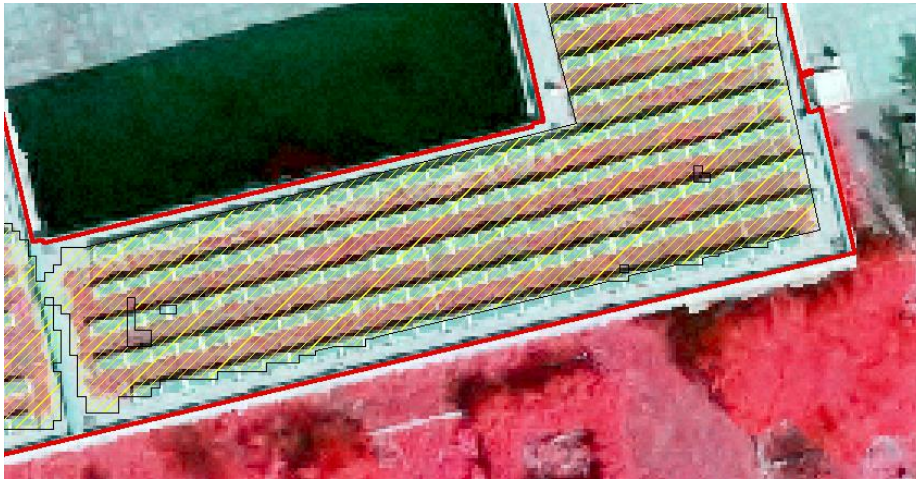


Abbildung 10: Keine Ausgrenzung schmaler linienhafter Elemente

Hintergrund: CIR-Luftbild, gelb: manuelle Nachkartierung, rot: Gebäudeumrisse

Die folgenden Abbildungen zeigen Beispiele für häufige Fehlkartierungen der automatisierten Gründacherfassung, die manuell korrigiert bzw. aus dem Datensatz gelöscht wurden. Diese waren:

1. Überschirmung von Dächern durch Baumkronen,
2. dunkle Dachflächen (meist Giebeldächer mit mehreren Gauben),
3. beschattete Dachflächen sowie
4. nicht mehr existierende Gebäude, die in dem Gebäude-Layer (ALKIS) noch enthalten sind.

Die Fehlkartierungen wurden aus der Gründach-Vorkartierung durch die Luftbildinterpreten gelöscht und fehlende Gründächer nachdigitalisiert. Unvollständige Vorkartierungen wurden manuell ergänzt.

Die bei der vergangenen Kartierung auftretenden Verkippungseffekte konnten bei der aktuellen Kartierung durch die Verwendung von TrueOrthophotos vermieden werden.

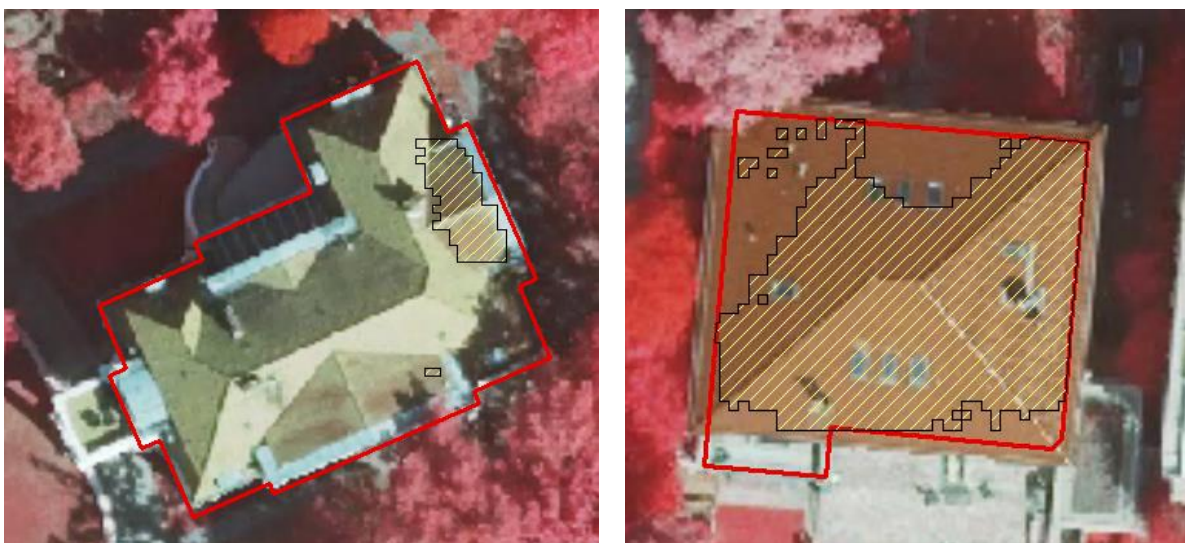


Abbildung 11: Fehlkartierungen der automatisierten Gründacherfassung

Links: Dach mit mehreren Gauben, rechts: dunkle Dachfläche

Hintergrund: CIR-Luftbild 2020, gelb: Vorkartierung, rot: Gebäudeumrisse

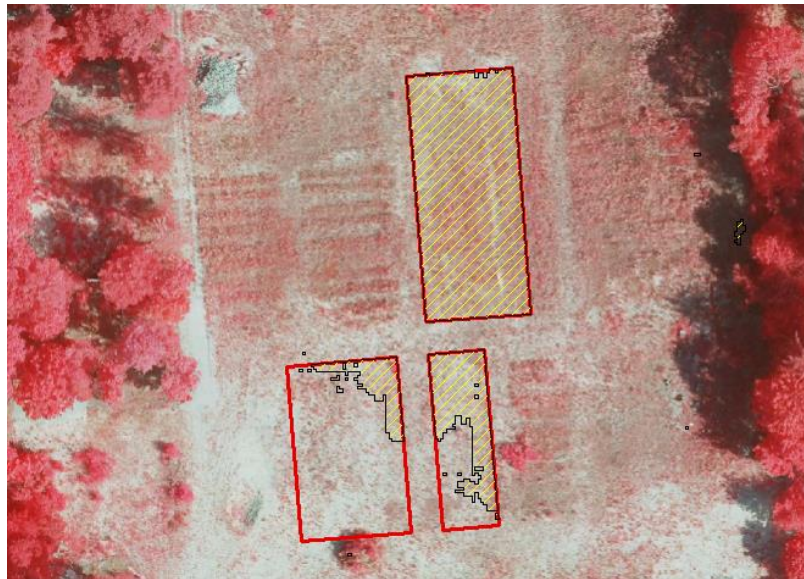


Abbildung 12: Fehlkartierungen der automatisierten Gründacherfassung – nicht existierendes Gebäude aus ALKIS

Hintergrund: CIR-Luftbild 2020, gelb: Vorkartierung, rot: Gebäudeumrisse



Abbildung 13: Fehlkartierungen der automatisierten Gründacherfassung – Schattenflächen

Links: Gründacherfassung auf beschatteter Fläche falsch; rechts: Gründacherfassung auf beschatteter Fläche unvollständig

Hintergrund: CIR-Luftbild 2020, gelb: Vorkartierung, rot: Gebäudeumrisse



Abbildung 14: unvollständige automatisierte Gründacherfassung neuer Gründächer mit junger Vegetation

Hintergrund: CIR-Luftbild 2020, gelb: Vorkartierung, rot: Gebäudeumrisse

Eine weitere weniger häufig auftretende, aber markante Fehl-Vorkartierung trat bei Solaranlagen auf, die oft fälschlicherweise als Gründach erkannt werden (Abbildung 15).



Abbildung 15: Fehlkartierungen der automatisierten Gründacherfassung – Solaranlagen

Links: CIR-Luftbild 2020, rechts: automatisierte Vorkartierung im linken Gebäude (nur Solaranlage) falsch und im rechten Gebäude (Solaranlage über Gründach) richtig

Hintergrund: CIR-Luftbild 2020; gelb: Vorkartierung; rot: Gebäudeumrisse

Es ist weiterhin nicht auszuschließen, dass einzelne Gebäude in der Gebäudedatengrundlage fehlen. Die folgende Abbildung zeigt ein begrüntes Tankstellengebäude, das in der Datengrundlage nicht enthalten ist.



Abbildung 16: Fehlendes Gebäude in Gebäudedatengrundlage, Aral-Tankstelle Ecke Kurfürstendamm/Schwarzbacher Straße

Hintergrund: CIR-Luftbild 2020; rot: Gebäudeumrisse

Im Zuge der manuellen Nachkartierung wurden insgesamt 25.480 Dachflächen überprüft. Dies entspricht allen Dachflächen, für die entweder durch die automatisierte Vorkartierung 2020 eine Gründachfläche festgestellt wurde oder die im Rahmen der Kartierung 2016 als Gründach kartiert wurden. Von diesen Dachflächen wurde auf 14.615 Dächern eine Anpassung der Vorkartierung vorgenommen, auf 10.865 Dächern war keine Anpassung der Vorkartierung nötig.

4.1.3 Erstellung der Ergebnis-Layer

Abschließend wurden aus den oben beschriebenen Zwischenergebnissen die begrünten Dachflächen ausgewählt, die pro Gebäude >10 m² begrünte Fläche aufweisen. Damit können einzelne Pixel und Kleinstflächen auftreten, entscheidend ist die Gesamtsumme pro Dachfläche. Anschließend wurden die Gründachflächen anhand eines NDVI-Schwellwertes in intensive (NDVI >0,162) und extensive Begrünung (NDVI ≤ 0,162) eingeteilt. Je nach Kategorienanteil der Dachbegrünung (> 50 %) wurde das gesamte Dach in „intensiv“ oder „extensiv“ begrünt eingeordnet. Als intensiv begrünte Flächen gelten hier stark bewachsene Flächen mit vitaler Vegetation. Extensiv begrünte Flächen weisen einen schwächeren und ggf. trockeneren Bewuchs auf. Abschließend wurden die folgenden Ergebnis-Layer erstellt bzw. zusammengeführt:

- begrünte **Dachteilfläche** mit der Angabe der Begrünungskategorien „extensiv“ oder „intensiv“ (vgl. Kap. **Fehler! Verweisquelle konnte nicht gefunden werden.**),
- **Gebäudegrundfläche** mit den Angaben „extensiv begrünte Dachfläche“ (m²), „intensiv begrünte Dachfläche“ (m²), „gesamte begrünte Dachfläche“ (m²), „nicht bewachsene Dachfläche“ (m²), „Grundfläche“ (m²), „Anteil der extensiv begrünten Dachfläche an der Grundfläche“ (%),

„Anteil der intensiv begrünter Dachfläche an der Grundfläche“ (%) sowie
 „Anteil der gesamten begrünter Dachfläche an der Grundfläche“ (%),

- **Block- und Blockteifläche** des ISU (Stand 31.12.2020) mit den Angaben
 „extensiv begrünte Dachfläche“ (m²),
 „intensiv begrünte Dachfläche“ (m²),
 „gesamte begrünte Dachfläche“ (m²),
 „nicht bewachsene Dachfläche“ (m²),
 „Grundfläche“ (m²),
 „Anteil der extensiv begrünter Dachfläche an der Grundfläche“ (%),
 „Anteil der intensiv begrünter Dachfläche an der Grundfläche“ (%) sowie
 „Anteil der gesamten begrünter Dachfläche an der Grundfläche“ (%).

4.2 Ergebnisse

4.2.1 Kartierungsergebnis

In Berlin haben 20.446 von insgesamt 629.666 (3,2 %) Gebäuden inkl. Tiefgaragen ohne Überbauung eine begrünte Dachfläche bzw. begrünte Dachteilflächen von > 10 m². Insgesamt sind 565 ha der Dachfläche begrünt (5,4 %) (vgl. Kap. **Fehler! Verweisquelle konnte nicht gefunden werden.**, Tabelle 1). Damit ist die Anzahl begrünter Gebäude im Vergleich zu 2016 um 0,2 % gestiegen. Der Anteil der begrünter Dachfläche nahm sogar von 3,9 auf 5,4 % zu. Insgesamt stieg die begrünte Dachfläche um 165 ha. Der Blick auf die Abbildung 17 zeigt eine Konzentration der begrünter Dachflächen in der Innenstadt Berlins.

Weitere Auswertungen finden sich in Kapitel 4.2.2.

Tabelle 1: Begrünte Dachflächen in Berlin

Tabelle. 1: Begrünte Dachflächen in Berlin									
		Anzahl der Gebäude		begrünte Dachfläche				Grundfläche der Gebäude	
				intensiv		extensiv		m ²	%
			%	m ²	%	m ²	%	m ²	%
2016	begrünte Dachfläche vorhanden	18.368	3,0	605.507	0,6	3.397.176	3,3	11.847.832	11,5
	Summe Berlin	604.865		4.002.682 / 3,9				103.299.727	
2020	begrünte Dachfläche vorhanden	20.446	3,2	1.482.468	1,4	4.169.584	4,0	13.985.119	13,4
	Summe Berlin	629.666		5.652.053 / 5,4				104.599.458	

Die Zuordnung pro Gebäude in "intensiv" oder "extensiv begrünt" erfolgt anhand des überwiegenden Anteils. Weist ein Gebäude eine begrünte Dachfläche von >50 % "extensiv" auf, geht die gesamte begrünte Dachfläche als "extensiv" in die Berechnungen ein.

Die Gebäudedatengrundlage umfasst 2020 etwa 540.000 ALKIS-Gebäude und 88.000 NOT-ALKIS-Gebäude



Abbildung 17: Verteilung der begrünter Dachflächen in Berlin und Ausschnitt auf Gebäudeebene

links: Gründächer sind in der Gesamtansicht überzeichnet dargestellt.

rechts: Gebäude-Layer: grau, Gründach „extensiv“: hellgrün, Gründach „intensiv“: dunkelgrün

4.2.2 Statistische Analysen

In der dritten Auswertungsstufe erfolgten Verschnidungen mit Gebäude- und ISU-Daten zur Ableitung von Angaben zum Gründachbestand pro Gebäude, pro Block- bzw. Blockteillfläche sowie pro Bezirk. Damit wurden auch Analysen pro Gebäudenutzung und Flächennutzung möglich.

Gebäude

Anhand der ALKIS- Nutzung wurden die Gebäude in sechs Gebäudenutzungsklassen eingeteilt. Für die NOT-ALKIS-Gebäude ist keine Nutzung vorhanden. Diese Gebäude sind unter „Sonstige“ enthalten. Tabelle 2 und Abbildung 18 zeigen die Größenordnung und Anteile der mit Gründächern bedeckten Gebäudenutzungen. Im Anhang 8 ist die Zuordnung der ALKIS- und NOT-ALKIS-Nutzung zu den sechs Gebäudenutzungen aufgelistet.

Die begrünten Dachflächen [m²] teilen sich mit Prozentanteilen zwischen 22 und 30 % relativ gleichmäßig auf die Gebäudenutzungen „Wohnen“ (inkl. Wochenendhäuser), „Nichtwohngeläude“ (z. B. Schulen, Rathäuser, Seniorenheime, Verwaltungsgebäude), „Bürogebäude, Gewerbe“ und „Tiefgaragen ohne Überdeckung“ auf. Die Begrünungen auf Tiefgaragen sind tendenziell vollflächiger und intensiver als auf Gebäuden. Auf Tiefgaragenflächen ist das Verhältnis von intensiver zu extensiver Begrünung etwa 80 % zu 20 %, auf Gebäudeflächen genau umgekehrt.

Tabelle 2 zeigt darüber hinaus mögliche Potenziale für zukünftige Gründächer. Die Gebäudenutzung „Bürogebäude, Gewerbe“, die einen hohen Anteil an Flachdächern vermuten lässt, weist bisher nur auf 3,4 % der Gebäude begrünte Dachflächen auf. Hier kann von einem hohen Gründachpotenzial ausgegangen werden. Dieses Potenzial ist hingegen zu 77 % im Bereich der Tiefgaragen ohne Überbauung erwartungsgemäß deutlich intensiver ausgenutzt, wenn auch mit unterschiedlichen Begrünungsanteilen auf den einzelnen Dachflächen begrünter Tiefgaragen.

Auch auf Garagen- und Schuppen könnte man einen größeren Anteil begrünter Dächer erwarten. Hier ergibt sich allerdings die Schwierigkeit, dass auf diesen meist kleinflächigen Dächern eine Dachbegrünung im Rahmen der Kartierung durch die Übershirmung von großen Bäumen nicht erkannt und aufgenommen werden kann. Dies war im Zuge der Kartierung 2020 im Vergleich zur Kartierung 2016 häufiger der Fall, da ein TrueOrthophoto aus dem

Sommer (August) verwendet wurde. Der tatsächliche Anteil der Dachbegrünung sollte in der Realität in der Gebäudenutzungskategorie demnach höher liegen.

Tabelle 2: Verteilung der begrünten Dachflächen pro Gebäudenutzung 2020

Tabelle 2: Verteilung der begrünten Dachflächen pro Gebäudenutzung													
Gebäude-nutzung	Anzahl Gebäude mit begrünter Dachfläche						Anzahl Gebäude ohne begrünte Dachfläche	Anzahl Gebäude gesamt	Begrünte Dachfläche [m ²]			Gebäude-grundfläche [m ²]	Anteil Begrü-nung [%]*
	≤25*	>25-50*	>50-75*	>75*	Summe	Summe [%]			intensiv	extensiv	Summe		
Wohnen	2.603	2.614	3.278	1.581	10.076	3,1	312.219	322.295	160.656	1.532.105	1.692.761	55.933.797	3,0
Nichtwohngebäude	835	538	642	801	2.816	5,2	51.437	54.253	179.340	1.119.492	1.298.832	25.484.178	5,1
Bürogebäude, Gewerbe	526	450	457	473	1.906	3,4	54.184	56.090	77.918	1.175.135	1.253.053	13.168.485	9,5
Tiefgarage ohne Überbauung	322	617	1.033	1.245	3.217	76,9	968	4.185	1.013.929	295.632	1.309.561	2.704.467	48,4
Garage, Schuppen	37	117	428	1.765	2.347	2,2	102.432	104.779	49.021	34.802	83.823	3.409.259	2,5
Sonstige	14	33	30	7	84	0,1	87.980	88.064	1.604	12.418	14.022	3.899.272	0,4
Summe	4.337	4.369	5.868	5.872	20.446	3,2	609.220	629.666	1.482.468	4.169.584	5.652.052	104.599.458	5,4

* Anteil der begrünten Dachfläche an der Gebäudegrundfläche [%]

Auf Gebäudeebene wird die begrünte Fläche in intensiv und extensiv unterteilt. Dabei ist zu beachten, dass diese Unterteilung mit Hilfe eines Schwel lenw erts auf Grundlage der spektralen Eigenschaften der verwendeten Orthophotos von August 2020 erfolgte. Ggf. wurden so vitale Grünflächen zu der Kategorie "intensiv" zugeordnet, obwohl es sich in der Realität um extensive Gründächer handelt.

Die Zuordnung pro Gebäude in "intensiv" oder "extensiv begrünt" erfolgt anhand des überwiegenden Anteils. Weist ein Gebäude eine begrünte Dachfläche von >50 % "extensiv" auf, geht die gesamte begrünte Dachfläche als "extensiv" in die Berechnungen ein.

In dieser Auswertung wird die Nutzungsangabe der ALKIS-Gebäude verwendet. Für NOT-ALKIS ist keine Nutzung vorhanden. Diese Gebäude sind unter „Sonstige“ enthalten.

Es können Rundungsdifferenzen auftreten

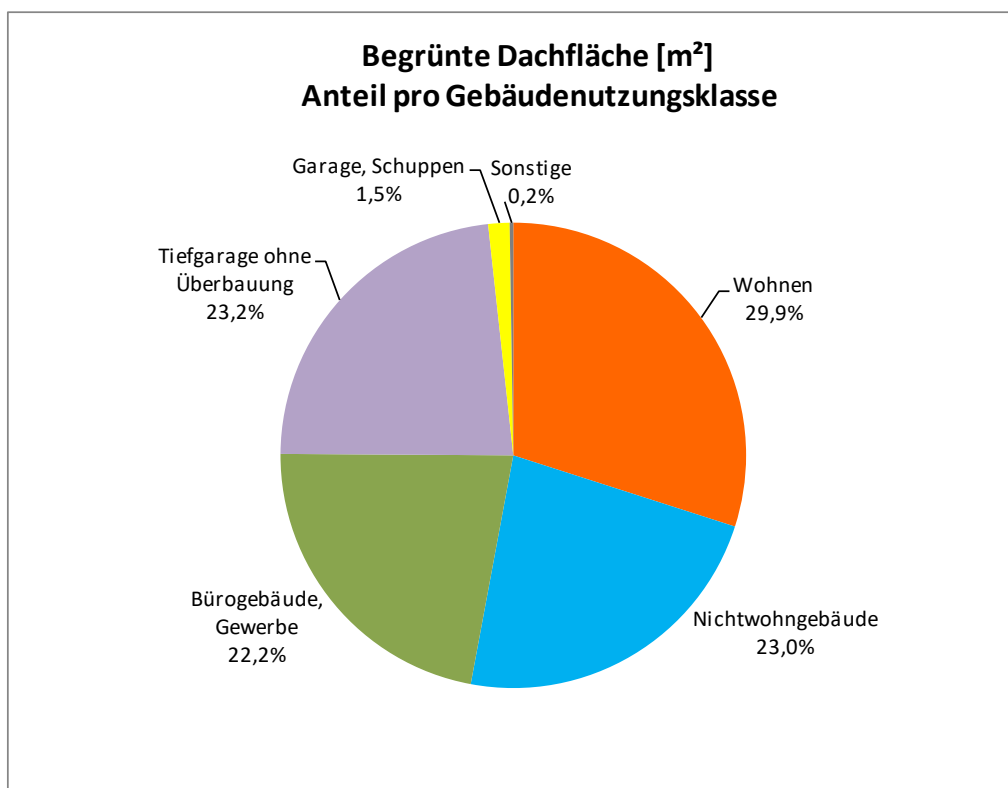


Abbildung 18: Begrünte Dachfläche [m²] - Anteil pro Gebäudenutzung

Block(teil)flächen

Über die Lage der Gebäude in den Block(teil)flächen des ISU können auch Analysen anhand der dort geführten Flächentypen durchgeführt werden.

In der Summe mit jeweils über 30 ha weisen die Flächentypen „Siedlung der 1990er Jahre und jünger (73)“, „Gewerbe- und Industriegebiet, großflächiger Einzelhandel mit geringer Bebauung (30)“, „Geschlossene Blockbebauung, Hinterhof, 5-geschossig (2)“, sowie „Geschlossene und halboffene, entkernte Blockrandbebauung, Lückenschluss nach 1945 (7)“ und „Kerngebiet (29)“ absolut die größten begrünten Dachflächen auf. Im Verhältnis zur vorhandenen Gebäudegrundfläche pro Flächentyp stechen die beiden Flächentypen „Stadtplatz / Promenade (54)“ und „Siedlung der 1990er Jahre und jünger (73)“ mit einem begrünten Dachanteil von 26,2 bzw. 27 % der Gebäudegrundfläche heraus. Dies entspricht auch dem Eindruck einer Häufung von begrünten Dachflächen in der Innenstadt. Der weitere Flächentyp mit vielen Gebäuden „Freistehende Einfamilienhäuser mit Garten (23)“ weist hingegen nur einen Anteil mit begrünten Dächern von 1,1 % der Gebäudegrundfläche auf. Dies lässt darauf schließen, dass im privaten Bereich noch Potenziale für Gründächer bestehen. Allerdings ist hier das Potenzial geringer, da in diesem Flächentyp nur wenige begrünbare Dachformen erwartet werden können (Tabelle 3).

Tabelle 3: Verteilung der begrünter Dachflächen pro Flächentyp des ISU

Flächentyp 2020	Anzahl Gebäude mit Gründach			begrünte Fläche [m ²]			Anzahl Gebäude gesamt	Gebäudegrundfläche gesamt [m ²]	Anteil der begrünter Dachfläche an der Gebäudegrundfläche [%]
	intensiv	extensiv	Summe	intensiv	extensiv	Summe			
1 Dichte Blockbebauung, geschlossener Hinterhof, 5 - 6-geschossig	94	360	454	17.418	55.119	72.538	4.899	1.800.118	4,0
2 Geschlossene Blockbebauung, Hinterhof, 5-geschossig	692	2.339	3.031	150.029	392.657	542.685	28.666	9.197.774	5,9
3 Geschlossene u. halboffene Blockbebauung, Schmuck- und Gartenhof, 4-geschossig	234	346	580	38.730	54.253	92.983	10.951	2.756.669	3,4
6 Mischbebauung, halboffener und offener Schuppenhof, 2-4-geschossig	50	117	167	6.121	15.874	21.994	4.824	684.227	3,2
7 Geschlossene u. halboffene, entkernte Blockrandbebauung, Lückenschluss nach 1945	444	890	1.334	170.080	224.227	394.307	11.484	3.885.130	10,1
8 Heterogene, innerstädtische Mischbebauung, Lückenschluss nach 1945	147	300	447	58.105	96.958	155.063	3.451	1.246.368	12,4
9 Großsiedlungen und Punkthochhäuser, 4 – 11-geschossig	241	447	688	73.862	147.858	221.720	10.726	5.160.501	4,3
10 Blockrandbebauung mit Großhöfen, 3 – 5-geschossig	96	141	237	28.140	43.768	71.908	10.051	3.040.205	2,4
11 Zeilenbebauung mit landschaftlichem Siedlungsgrün, 3 – 6-geschossig	416	524	940	86.359	128.507	214.866	20.627	5.494.552	3,9
12 Altbau-Schule (Baujahr vor 1945)	23	77	100	3.098	20.018	23.116	1.740	850.042	2,7
13 Neubau-Schule (Baujahr nach 1945)	92	216	308	29.224	130.022	159.245	3.268	2.153.979	7,4
16 Ungedeckte Sportanlagen	30	69	99	5.020	40.012	45.032	2.890	825.537	5,5
17 Gedeckte Sportanlagen	22	37	59	3.925	29.410	33.336	1.417	456.616	7,3
21 Dörfliche Mischbebauung	22	35	57	2.276	4.599	6.874	7.482	739.695	0,9
22 Reihen- und Doppelhäuser mit Garten	244	1.062	1.306	22.817	55.522	78.338	57.406	3.595.042	2,2
23 Freistehende Einfamilienhäuser mit Garten	1.168	1.260	2.428	84.286	99.209	183.495	248.194	17.416.763	1,1
24 Villen und Mietvillen mit parkartigem Garten	516	370	886	54.036	35.510	89.545	27.585	3.036.434	2,9
25 Verdichtung in Einzelhausgebieten, Mischbebauung mit Gärten u. halbprivater Umgrünung	258	298	556	38.307	39.269	77.576	16.940	2.084.934	3,7
27 Friedhof	19	33	52	3.144	5.878	9.022	1.031	137.652	6,6
29 Kerngebiet	134	421	555	59.820	315.766	375.586	2.214	2.433.629	15,4
30 Gewerbe- und Industriegebiet, großflächiger Einzelhandel mit geringer Bebauung	156	686	842	59.365	599.537	658.902	16.350	11.395.480	5,8

Ergebnisse

Flächentyp 2020	Anzahl Gebäude mit Gründach			begrünte Fläche [m ²]			Anzahl Gebäude gesamt	Gebäudegrundfläche gesamt [m ²]	Anteil der begrünter Dachfläche an der Gebäudegrundfläche [%]
	intensiv	extensiv	Summe	intensiv	extensiv	Summe			
31 Gewerbe- und Industriegebiet, großflächiger Einzelhandel mit dichter Bebauung	67	295	362	35.055	275.753	310.808	3.619	4.671.293	6,7
32 Flächen der Ver- und Entsorgung	14	46	60	2.839	14.640	17.479	2.259	1.223.898	1,4
33 Mischgebiet, überwiegend Handwerk und Kleingewerbe, mit geringer Bebauung	83	216	299	16.295	61.503	77.798	6.069	1.398.403	5,6
36 Baumschule / Gartenbau	5	5	10	377	583	960	347	111.194	0,9
37 Kleingartenanlage	12	23	35	1.145	2.577	3.722	67.854	3.154.629	0,1
38 Mischgebiet, überwiegend Handwerk und Kleingewerbe, mit dichter Bebauung	44	134	178	12.514	46.180	58.693	1.532	634.562	9,2
41 Sicherheit und Ordnung	13	32	45	5.357	18.117	23.475	1.284	907.999	2,6
43 Verwaltung	49	125	174	34.895	84.628	119.522	1.122	1.141.105	10,5
44 Hochschule und Forschung	26	123	149	2.993	114.479	117.473	1.403	1.126.288	10,4
45 Kultur	16	41	57	11.647	21.456	33.103	618	598.254	5,5
46 Krankenhaus	47	132	179	13.914	102.324	116.238	1.415	1.217.690	9,5
47 Kindertagesstätte	8	30	38	2.227	10.117	12.343	617	279.479	4,4
49 Kirche	7	10	17	1.312	3.035	4.347	529	170.645	2,5
51 Sonstige Jugendeinrichtungen	4	19	23	327	5.474	5.801	488	145.902	4,0
53 Park / Grünfläche	63	26	89	2.623	11.031	13.655	1.514	177.596	7,7
54 Stadtplatz / Promenade	1	3	4	4.185	2.854	7.039	86	26.918	26,2
55 Wald	5	7	12	607	1.105	1.713	1.088	103.205	1,7
56 Landwirtschaft	0	1	1	0	40	40	122	24.682	0,2
57 Brachfläche	2	4	6	53	1.134	1.187	471	47.653	2,5
58 Campingplatz	0	1	1	0	172	172	125	9.589	1,8
59 Wochenendhäuser und kleingartenähnliche Gebiete	16	13	29	877	1.956	2.833	21.734	997.292	0,3
60 Sonstige und heterogene Gemeinbedarfs- und Sondergebiete	61	145	206	11.813	64.087	75.900	2.908	1.418.195	5,4
72 Zeilenbebauung mit architektonischem Zeilengrün, 3 – 5-geschossig	69	67	136	10.015	12.519	22.534	7.338	1.663.848	1,4
73 Siedlung der 1990er Jahre und jünger	624	2.467	3.091	311.701	755.557	1.067.259	9.931	3.951.979	27,0
91 Parkplatz	47	8	55	1.020	7.033	8.053	438	84.292	9,6
92 Bahnhöfe und Bahnanlagen ohne Gleiskörper	4	9	13	1.032	6.184	7.217	629	470.022	1,5

Ergebnisse

Flächentyp 2020	Anzahl Gebäude mit Gründach			begrünte Fläche [m ²]			Anzahl Gebäude gesamt	Gebäudegrundfläche gesamt [m ²]	Anteil der begrünter Dachfläche an der Gebäudegrundfläche [%]
	intensiv	extensiv	Summe	intensiv	extensiv	Summe			
93 Flughafen	2	9	11	363	2.975	3.338	127	159.734	2,1
94 sonstige Verkehrsflächen	1	6	7	27	4.597	4.624	141	36.693	12,6
98 Baustelle	0	3	3	0	349	349	112	32.763	1,1
99 Gleiskörper	2	3	5	1.004	749	1.753	445	99.680	1,8
100 Gewässer	2	2	4	711	97	808	91	6.558	12,3
Gebäude auf Straßen	14	7	21	1.382	2.306	3.688	1.014	116.071	3,2
Summe	6.406	14.040	20.446	1.482.468	4.169.585	5.652.053	629.666	104.599.458	5,4

Auf Gebäudeebene wird die begrünte Fläche in intensiv und extensiv unterteilt. Dabei ist zu beachten, dass diese Unterteilung mit Hilfe eines Schwellenwerts auf Grundlage der spektralen Eigenschaften der verwendeten TrueOrthophotos von August 2020 erfolgte. Ggf. wurden so vitale Grünflächen zu der Kategorie "intensiv" zugeordnet, obwohl es sich in der Realität um extensive Gründächer handelt.

Die Zuordnung pro Gebäude in "intensiv" oder "extensiv begrünt" erfolgt anhand des überwiegenden Anteils. Weist ein Gebäude eine begrünte Dachfläche von >50 % "extensiv" auf, geht die gesamte begrünte Dachfläche als "extensiv" in die Berechnungen ein.

Bezirk

Auf Bezirksebene werden verschiedene Analysen durchgeführt (vgl. auch Tabelle 4). Abbildung 19 zeigt die begrünte Dachfläche in Quadratmetern pro Bezirk mit Unterscheidung des begrünten Dachflächenanteils. Mitte und Charlottenburg-Wilmersdorf haben absolut die größten begrünten Dachflächen. Abbildung 20 zeigt, dass in Friedrichshain-Kreuzberg der Anteil von begrünter Dachfläche an der vorhandenen Gebäudegrundfläche im Vergleich am höchsten ist. Diese Grafik unterstreicht noch einmal die Konzentration von begrünten Dachflächen in der Innenstadt, die auch durch die dort vorrangig vorhandenen Flachdächer und Berliner Dächer bedingt ist. Abbildung 21 verdeutlicht die insgesamt geringen Anteile der Intensivgründächer. Jedoch schwanken die Anteile von intensiven zu extensiven begrünten Dachflächen zwischen den Bezirken.

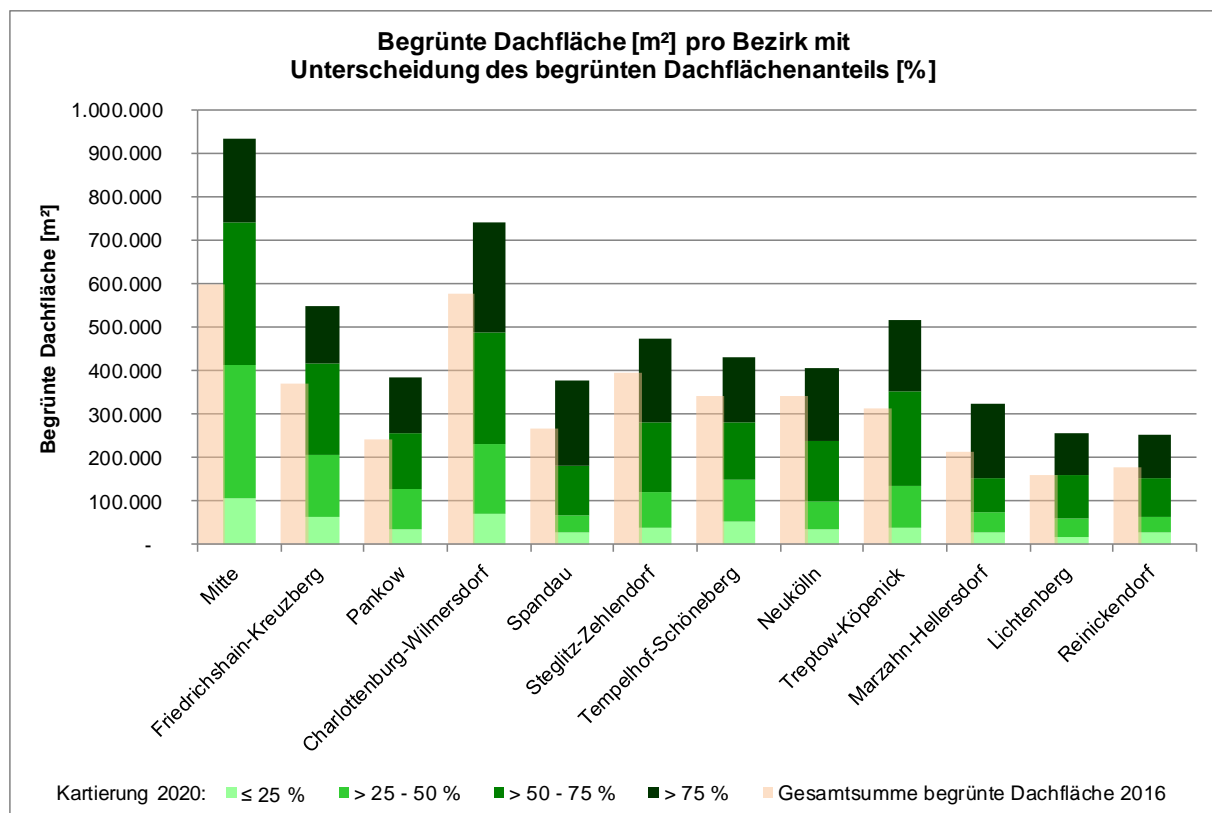


Abbildung 19: Begrünte Dachfläche [m²] pro Bezirk mit Unterscheidung des begrünten Dachflächenanteils

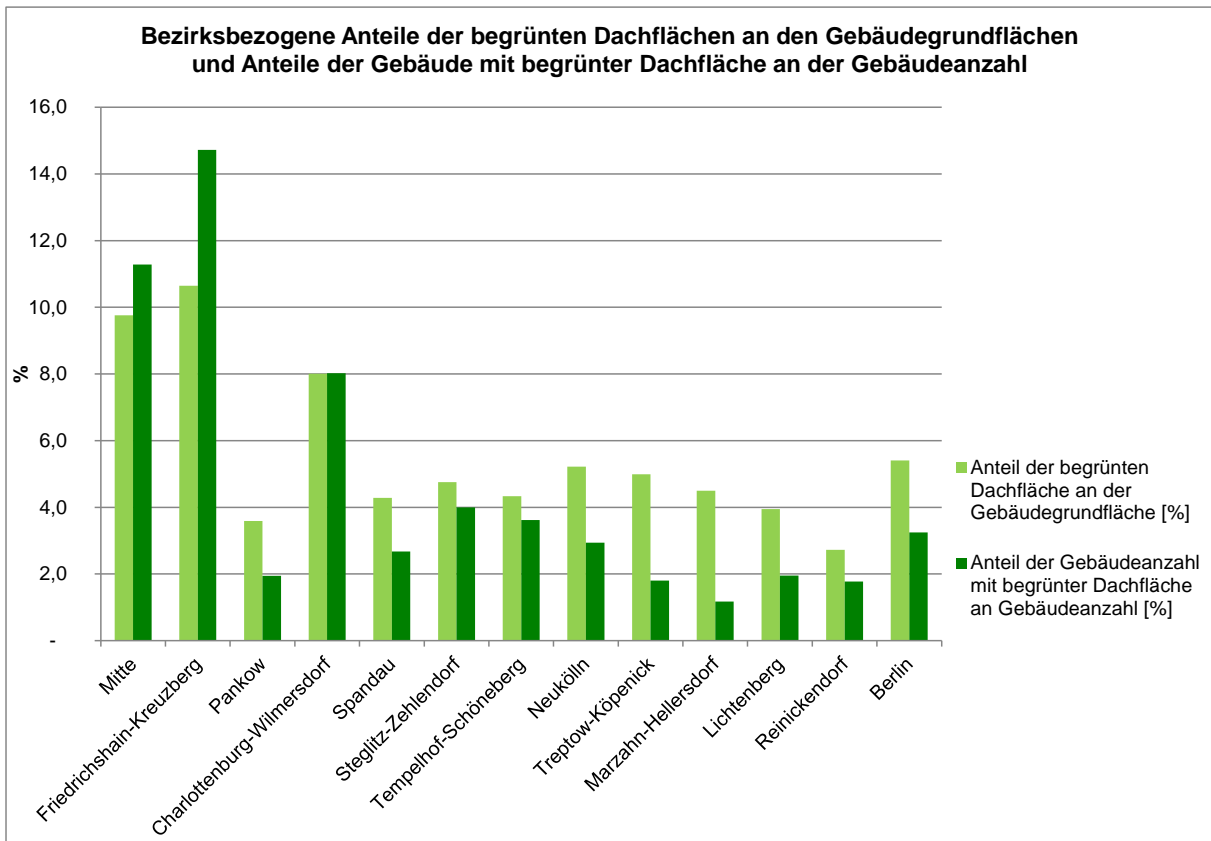


Abbildung 20: Bezirksbezogene Anteile der begrünten Dachflächen an den Gebäudegrundflächen und Anteile der Gebäude mit begrünter Dachfläche an der Gebäudeanzahl 2020

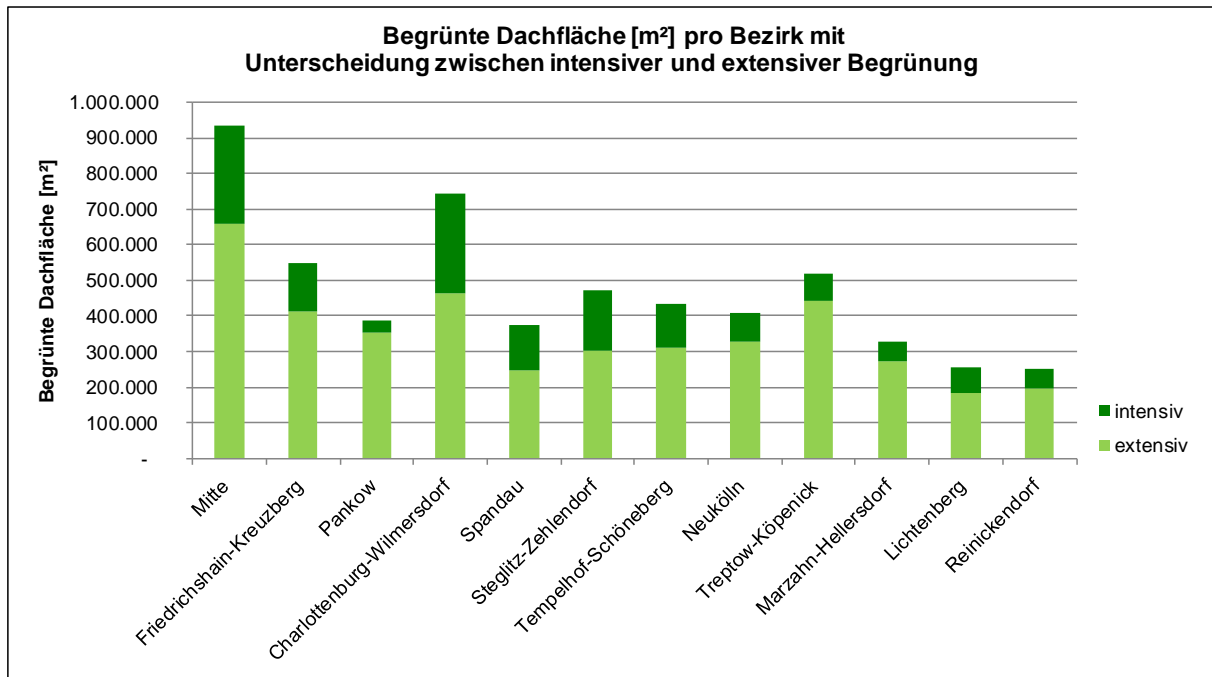


Abbildung 21: Begrünte Dachfläche [m²] pro Bezirk mit Unterscheidung zwischen intensiver und extensiver Begrünung 2020

Tabelle 4: Verteilung der begrünter Dachflächen pro Bezirk

Bezirk	Anzahl Gebäude mit Gründach					Begrünte Dachfläche [m ²]							Anzahl Gebäude	Gebäudegrundfläche [m ²]	Anteil der Gebäudeanzahl mit begrünter Dachfläche an Gebäudeanzahl [%]	Anteil der begrünter Dachfläche an der Gebäudegrundfläche [%]
	<=25*	25-50*	50-75*	>75*	Summe	<=25*	25-50*	50-75*	>75*	intensiv	extensiv	Summe				
1 Mitte	716	694	734	376	2.520	107.502	306.103	326.239	194.919	277.432	657.331	934.763	22.336	9.579.485	11,3	9,8
2 Friedrichshagen-Kreuzberg	497	535	591	294	1.917	62.715	144.554	209.477	133.413	137.428	412.730	550.158	13.022	5.168.114	14,7	10,6
3 Pankow	391	369	447	300	1.507	34.610	94.805	128.641	128.433	31.597	354.893	386.489	77.566	10.769.143	1,9	3,6
4 Charlottenburg-Wilmersdorf	717	582	638	594	2.531	72.994	159.328	257.797	251.875	276.670	465.324	741.994	31.555	9.268.164	8,0	8,0
5 Spandau	295	240	426	796	1.757	27.808	39.803	115.617	193.042	129.990	246.280	376.270	65.752	8.777.662	2,7	4,3
6 Steglitz-Zehlendorf	384	471	800	1.011	2.666	39.053	81.558	159.318	193.218	171.476	301.672	473.147	66.731	9.954.173	4,0	4,8
7 Tempelhof-Schöneberg	417	404	563	479	1.863	54.098	94.098	134.987	148.864	123.342	308.705	432.047	51.464	9.962.851	3,6	4,3
8 Neukölln	255	340	425	554	1.574	35.069	63.116	140.835	167.163	79.448	326.735	406.183	53.580	7.786.839	2,9	5,2
9 Treptow-Köpenick	216	323	522	516	1.577	40.417	94.910	217.079	165.512	76.703	441.214	517.917	87.463	10.382.757	1,8	5,0
10 Marzahn-Hellersdorf	108	108	202	294	712	27.099	47.794	77.867	173.280	51.487	274.551	326.038	60.514	7.250.867	1,2	4,5
11 Lichtenberg	110	110	193	187	600	18.305	41.036	101.665	94.562	72.326	183.241	255.567	30.780	6.477.828	1,9	3,9
12 Reinickendorf	231	193	327	471	1.222	28.620	34.555	89.040	99.264	54.569	196.910	251.479	68.903	9.221.575	1,8	2,7
Summe	4.337	4.369	5.868	5.872	20.446	548.288	1.201.660	1.958.561	1.943.544	1.482.468	4.169.585	5.652.053	629.666	104.599.458	3,2	5,4

* Anteil der begrünter Dachfläche an der Gebäudegrundfläche [%]

Die Zuordnung pro Gebäude in "intensiv" oder "extensiv begrünt" erfolgt anhand des überwiegenden Anteils. Weist ein Gebäude eine begrünte Dachfläche von >50 % "extensiv" auf, geht die gesamte begrünte Dachfläche als "extensiv" in die Berechnungen ein.

Veränderungsanalyse

Die Gesamtfläche der begrünten Dachflächen hat von 2016 zu 2020 um 165 ha zugenommen. Damit stieg der Anteil der begrünten Dachfläche von 3,0 auf 3,2 %. Knapp die Hälfte (ca. 75 ha) der neu hinzugekommenen Gründachflächen wurde dabei auf Gebäuden mit Wohnnutzung angelegt. Dies zeigt sich auch in der Analyse der Flächentypen (vgl. Tab. 3). Rund 53 ha neue Dachbegrünung entstanden auf Flächen des Typs „Siedlung der 1990er Jahre und jünger“. Weitere 17 ha auf dem meist in den Innenstadtbezirken zu findenden Flächentyp „Geschlossene Blockbebauung, Hinterhof, 5-6-geschossig“. Auf den Gebäudenutzungen „Nichtwohngebäude“ sowie „Bürogebäude, Gewerbe“ kamen jeweils knapp 40 ha neue Dachbegrünung hinzu, auf „Tiefgaragen ohne Überbauung“ etwa 28 ha.

Die Analyse auf Bezirksebene zeigt zunächst, dass in allen Bezirken sowohl der Anteil der Gebäudeanzahl mit begrünter Dachfläche an der Gebäudeanzahl sowie der Anteil der begrünten Dachfläche an der Gebäudegrundfläche zugenommen hat. Eine differenzierte Betrachtung lässt erkennen, dass sich die für Dachbegrünungen geeigneten Dachformen eher in den Innenstadtbezirken befinden und auch neue Gründächer vermehrt im Innenstadtbereich angelegt werden. So nahm die Anzahl der begrünten Gebäude an der Gesamtgebäudeanzahl in Mitte und Friedrichshain-Kreuzberg um 2 bzw. 3 % zu. Auffällig ist weiterhin ein Zuwachs von etwa 20 ha Gründachfläche im Bezirk Treptow-Köpenick. Hier wurden in Adlershof zahlreiche neue Wohn- und Gewerbebauten mit begrünten Dächern errichtet.

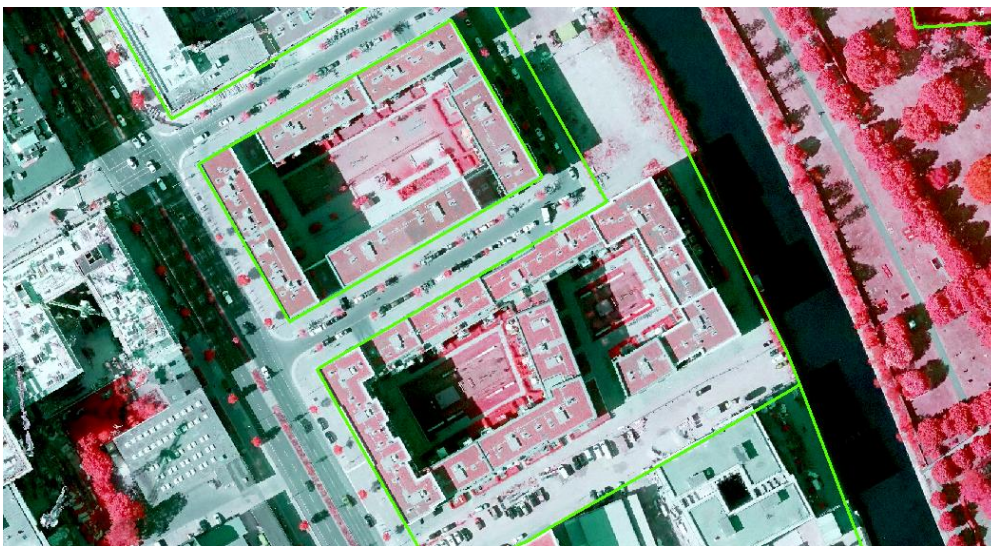
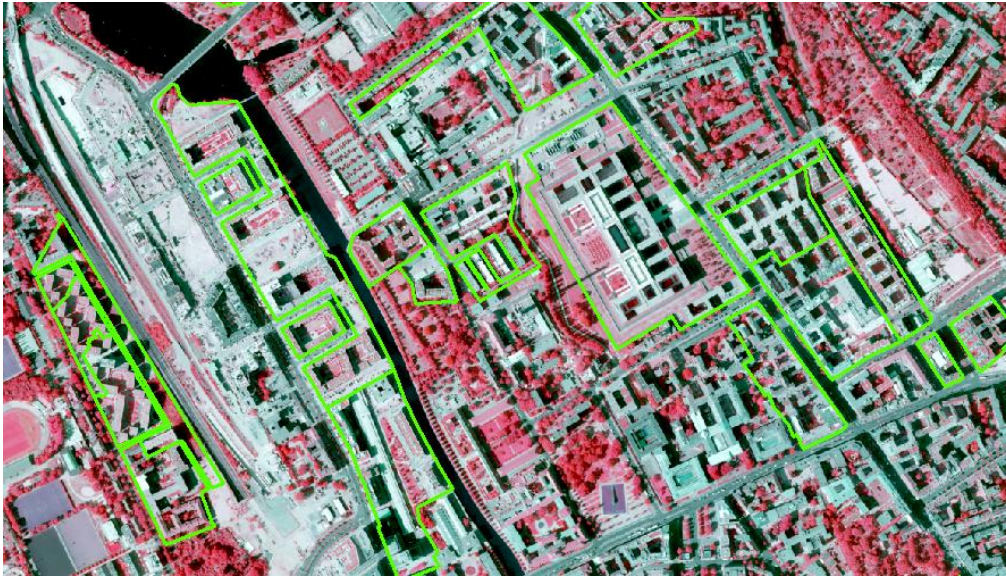
In der folgenden Differenzkarte ist die räumliche Verteilung der prozentualen Veränderung des Anteils der Dachbegrünung an der Block(teil)fläche dargestellt.



Abbildung 22: Veränderungskartierung 2016-2020: Anteil begrünte Dachfläche an Block(teil)fläche [%]

Insgesamt stehen 86 Block(teil)flächen mit einer Abnahme der prozentualen Dachbegrünung von mehr als 2 % 1.258 Block(teil)flächen mit einer Zunahme der prozentualen Dachbegrünung von mehr als 2 % gegenüber. Ein Areal mit einer deutlichen Aggregation von

Block(teil)flächen mit neu angelegten Gründächern ist die Europacity (nördlich des Hauptbahnhofs).

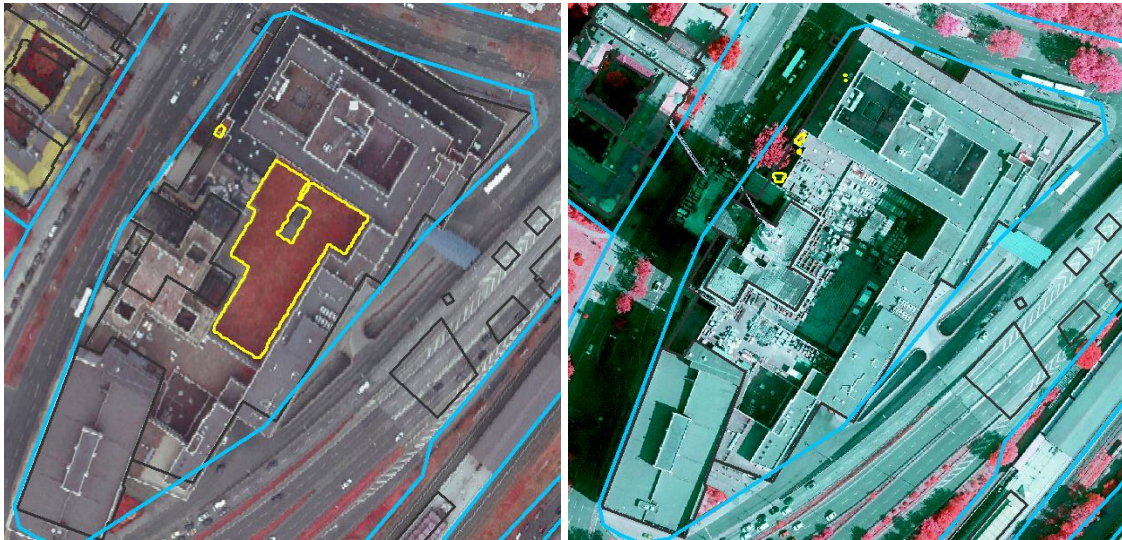


Oben: grün: Block(teil)flächen mit einer Zunahme der prozentualen Dachbegrünung > 5 %;
unten: Ausschnitt neue Bebauung mit Gründächern; Hintergrund: CIR-Luftbild 2020

Abbildung 23: Beispiel Europacity: neue Bebauung mit Gründächern

Auch am Wissenschaftsstandort Adlershof (Bezirk Treptow-Köpenick) wurden räumlich konzentriert viele neue Gebäude mit Gründächern errichtet. Es handelt sich sowohl um gewerblich genutzte Gebäude im Wissenschafts- und Technologiepark, Universitätsgebäude des Campus sowie um moderne Mehrfamilienhäuser.

Ein Beispiel für Rückbau von Gründächern ist der Block 1200620771000000 an der Ecke Schloßstraße / Albrechtstraße. Hier wurde ein Gründach auf einem niedrigen Gebäudeteil zurückgebaut und stattdessen eine Lagerfläche angelegt.



Gelb: begrünte Dachfläche, blau: Block(teil)fläche, schwarz: Gebäude
Oben: Kartierung 2016, unten: Kartierung 2020

Abbildung 24: Beispiel Rückbau eines Gründachs an der Schloßstraße

5 Diskussion und Bewertung

Das entwickelte Kartierungsverfahren für die Erfassung von Gründächern sieht die kombinierte Nutzung von aktuellen digitalen TrueOrthophotos, Fachplanungsdaten und weiteren Geodaten vor. Deren Aktualität und Genauigkeit stellen die Grundvoraussetzung für ein hochgenaues Kartieren dar. Für die Verwendbarkeit der Kartierungsergebnisse ist eine qualitative Genauigkeitsabschätzung erforderlich. Nachfolgend werden daher wesentliche Aspekte beschrieben.

Digitale TrueOrthophotos

Die verfügbaren digitalen TrueOrthophotos wurden aus RGBI-Luftbildern prozessiert, die das Stadtgebiet am 1., 8., 12. und 16. August des Jahres 2020 abbilden. Anders als für die Kartierung 2016 wurden damit Aufnahmen aus dem Hochsommer verwendet. Damit geht einher, dass durch zunehmenden Trockenstress in den Sommermonaten die Vitalität der Vegetation abnimmt und extensive Gründächer mit spärlicher Vegetation, die 2016 noch als Gründach aufgenommen wurden, nun möglicherweise nicht mehr als solche erkannt wurden.

Weiterhin ist zu beachten, dass der Laubaustrieb im August 2020 anders als in der Aufnahme vom April 2016 vollständig abgeschlossen war. In der 2016er Kartierung wurden daher viele kleine begrünte Garagendächer, die von großen Laubbäumen überschirmt sind, richtigerweise als Gründach erkannt. Im 2020er TrueOrthophoto war die Begrünung dieser Dachflächen durch die vollständige Überschirmung jedoch nicht erkennbar. In diesem Fall greift eigentlich die Kartierregel, dass bei Überdeckung durch Bäume eine vorhandene Vorkartierung gelöscht wird. Um die Differenzen zwischen den Kartierungen 2016 und 2020 durch Pseudoeffekte so gering wie möglich zu halten, wurde in diesen Fällen daher zusätzlich die TrueOrthophotos vom Februar 2021 geprüft, um bestehende Gründachflächen unter den unbelaubten Bäumen zu identifizieren.

Eine Verbesserung der Kartiergenauigkeit gegenüber der Erfassung 2016 konnte durch die Verwendung von TrueOrthophotos erreicht werden. Hierbei werden Oberflächenmodelle aus den originalen Luftbildern generiert und die Höheninformationen in die Orthophotoprozessierung eingebunden. Verkippungen von Gebäuden können somit minimiert werden. Die Lagegenauigkeit der Gründachflächen konnte somit erheblich verbessert werden. Es ist jedoch zu beachten, dass die Kartierungen 2016 und 2020 dadurch etwas weniger vergleichbar sind. Durch die Verkippungseffekte liegen die kartierten Gründachflächen 2016 teilweise außerhalb der Gebäudeumrisse von 2020.

Für die Verwendbarkeit von Digitalen TrueOrthophotos zur automatisierten Vorkartierung von Vegetationsflächen auf Dächern sind vor allem folgende Voraussetzungen zu beachten:

- Für die multispektralen Kartierungen sind 4-kanalige Luftbilder mit den Kanälen Rot, Grün, Blau, Infrarot (RGBI) erforderlich.
- Die Befliegungen sollten innerhalb eines möglichst kleinen Zeitfensters innerhalb weniger Tage stattfinden, sodass für stadtweite Auswertungen eine möglichst vergleichbare phänologische Situation abgebildet wird.
- Aufgrund der Erfahrungen aus den Versiegelungskartierungen von 2005, 2011 und 2016 können die Monate April, Mai, Juni und Juli als besonders geeigneter Aufnahmezeitraum genannt werden (COENRADIE et al. 2007, COENRADIE & HAAG 2016). Dabei werden besonders die Monate April und Mai als geeignet angesehen, da der Laubaustrieb zu diesem Zeitpunkt noch nicht vollständig abgeschlossen ist und so Fehlkartierungen durch Überschirmungseffekte verringert werden können.

Geodaten

Die Verwendung der NOT-ALKIS-Daten anstelle der in der vergangenen Kartierung verwendeten NOT-ALK-Daten stellte insbesondere aufgrund der besseren Aktualität eine sinnvolle

Erneuerung dar. Weiterhin traten in der Gebäudedatengrundlage 2016 zahlreiche Überschneidungen und Doppelungen von Flächen der ALKIS- und NOT-ALKIS-Gebäude auf, wodurch teilweise Gründachflächen mehrmals erfasst wurden. Dies konnte in der aktuellen Kartierung vermieden werden, indem Überlappungen von Gebäudeflächen mit Gründach entfernt wurden. Dennoch ist darauf hinzuweisen, dass auch die NOT-ALKIS-Datengrundlage nicht fehlerfrei ist. Es wurden an einigen Stellen (insbesondere auf Baustellen) Flächen identifiziert, die fehlerhaft als Gebäude erkannt wurden. Diese Flächen wurden manuell entfernt. Auch die Vollständigkeit der NOT-ALKIS-Daten ist nur begrenzt, da diese Daten nur auf Flächen bestimmter Nutzungstypen verwendet wurden (vgl. Kap. 3.2.1). Bei zukünftigen Kartierungen ist auf eine sorgfältige Zusammenstellung der Gebäudedatengrundlage dringend zu achten.

Verfahren

Zur Erzielung einer hohen Kartierungsgenauigkeit hat sich das zweistufige Auswertungskonzept bewährt. Dies sieht eine Prüfung und Verbesserung von automatisierten Vorkartierungsergebnissen mittels Luftbildinterpretationen vor. Bei der automatisierten Vorkartierung wurde eine spektrale Klassifikation auf Grundlage eines CNN-Algorithmus gewählt. Dieser Algorithmus benötigt zum Training eine große Anzahl an Referenzdaten. Die Anforderung konnte im Rahmen des Projekts nur bedingt gewährleistet werden, dennoch stellten die Ergebnisse eine gute Grundlage für die visuelle Nachkartierung dar. Der Vorteil des trainierten Algorithmus ist das fortlaufende Training. Dadurch kann das bestehende Modell mit Hilfe von neuen Referenzdaten weiter trainiert und somit verbessert werden. Eine Möglichkeit wäre das Training auf Grundlage der gesamten Gründachkartierung und die Verwendung des Modells auf eine zukünftige TrueOrthophoto-Befliegung. Problematisch könnten dabei die radiometrischen oder phänologischen Unterschiede der zukünftigen TrueOrthophotos sein. Um dem entgegenzuwirken, sind gängige Methoden eine radiometrische Anpassung (Domain Adaptation, Wittich & Rottensteiner 2021) oder mit einer geringen Anzahl von Trainingsdaten aus dem neuen Befliegungsjahr das Modell nachzutrainieren (Transfer Learning, Naushad et al. 2021).

Kartierungsergebnisse

In Berlin haben 20.446 von insgesamt 629.666 (3,2 %) Gebäuden, inkl. Tiefgaragen ohne Überbauung, eine begrünte Dachfläche von > 10 m². Insgesamt sind 565 ha der Dachfläche begrünt (5,4 %). Je nach Flächenanteil der Begrünungskategorien wurden anschließend Gebäude mit Dachbegrünung in „extensiv begrünt“ oder „intensiv begrünt“ eingeteilt (vgl. Kap. **Fehler! Verweisquelle konnte nicht gefunden werden.**, Tabelle 1). Abbildung 17 zeigt eine Konzentration der begrünten Dachflächen in der Innenstadt Berlins.

Die Bezirke Mitte, Friedrichshain-Kreuzberg und Charlottenburg-Wilmersdorf weisen die größten begrünten Dachflächen auf. Dies unterstreicht die Konzentration von Gründächern in der Innenstadt.

Betrachtet man die begrünte Dachfläche [m²] teilen sich die begrünten Dachflächen mit zwischen 22 und 29 % relativ gleichmäßig auf die Gebäudenutzungen „Wohnen“ (inkl. Wochenendhäuser), „Nichtwohngebäude“ (z. B. Schulen, Rathäuser, Seniorenheime, Verwaltungsgebäude) und „Bürogebäude, Gewerbe“ und „Tiefgaragen ohne Überdeckung“ auf.

Mögliche Potenziale für zukünftige Gründächer bestehen in der Gebäudenutzung „Bürogebäude, Gewerbe“, die einen hohen Anteil an Flachdächern vermuten lässt. Hier sind weisen bisher nur auf 3,4 % der Gebäude begrünte Dachflächen auf.

Die Analyse der Block- und Blockteilflächen zeigt, dass die Flächentypen „Siedlung der 1990er Jahre und jünger (73)“, „Gewerbe- und Industriegebiet, großflächiger Einzelhandel mit geringer Bebauung (30)“, „Geschlossene Blockbebauung, Hinterhof, 5-geschossig (2)“, „Geschlossene und halboffene, entkernte Blockrandbebauung, Lückenschluss nach 1945 (7)“ sowie „Kerngebiet (29)“ absolut die größten begrünten Dachflächen aufweisen. Auch

hier überwiegen Gebäude mit Flachdächern und Berliner Dächern. Im Gegensatz dazu sind im Flächentyp „Freistehende Einfamilienhäuser mit Garten (23)“ derzeit nur knapp 1,1 % der Gebäudegrundfläche mit begrünten Dächern ausgestattet. Dies lässt darauf schließen, dass im privaten Bereich noch Potenziale für Gründächer bestehen. Allerdings ist hier das Potenzial geringer, da in diesem Flächentyp wenige Flachdächer erwartet werden können.

6 Zusammenfassung

Das im Jahr 2016 von Digitale Dienste Berlin, Büro für Angewandte Fernerkundung, und Luftbild Umwelt Planung GmbH entwickelte Verfahren zur Erfassung von Gründächern in Berlin konnte zur Fortschreibung der Daten im Jahr 2020 erfolgreich erneut angewendet werden. Das Auswertungskonzept beruht auf der kombinierten Auswertung von aktuellen Digitalen RGBI-TrueOrthophotos, Fachplanungs- und Geodaten. In einem ersten Schritt werden Verdachtsflächen in spektralen Vorkartierungen ermittelt. Diese Zwischenergebnisse werden abschließend mittels Luftbildinterpretationen geprüft und ggf. verbessert. Die Kartierungsergebnisse wurden statistischen Analysen unterzogen. Die Verteilung von begrünten Dachflächen zeigt Konzentrationen auf einzelne Bezirke, Flächentypen bzw. Gebäudenutzungen.

Die Methode ermöglicht eine stadtweit homogene, aktuelle und hinreichend genaue Erfassung von Gründächern und ist dabei operationell und kostengünstig.

In Berlin haben 20.446 von insgesamt 629.666 (3,2 %) Gebäuden, inkl. Tiefgaragen ohne Überbauung, eine begrünte Dachfläche von > 10 m². Insgesamt sind 565 ha der Dachfläche begrünt (5,4 %).

Die Ergebnisse der Gründachkartierung werden im Umweltatlas Berlin unter <https://www.berlin.de/umweltatlas/nutzung/gruendaecher/> präsentiert.

7 Literatur

- ABGEORDNETENHAUS VON BERLIN (2022): Schriftliche Anfrage des Abgeordneten Stefan Evers (CDU) vom 23. Juni 2022 zum Thema „Grüne Dächer in Berlin“. Drucksache 19/12330. Auf: <https://pardok.parlament-berlin.de/starweb/adis/cit/VT/19/SchrAnfr/S19-12330.pdf>. Zugriff am: 25.10.2022.
- AHRENDT, J. (2007): Historische Gründächer: Ihr Entwicklungsgang bis zur Erfindung des Eisenbetons, Teil I. Promotion an der Fakultät VI der TU Berlin. Auf: https://deposition.tu-berlin.de/bitstream/11303/1846/1/Dokument_1.PDF. Zugriff am: 29.11.2022.
- ALBERTZ, J. (2001): Einführung in die Fernerkundung - Grundlagen der Interpretation von Luft- und Satellitenbildern. Wissenschaftliche Buchgesellschaft, 2. Aufl., Darmstadt.
- BAUGESETZBUCH (BAUGB) Baugesetzbuch in der Fassung der Bekanntmachung vom 3. November 2017 (BGBl. I S. 3634), das zuletzt durch Artikel 11 des Gesetzes vom 8. Oktober 2022 (BGBl. I S. 1726) geändert worden ist.
Internet:
<https://www.gesetze-im-internet.de/bbaug/BauGB.pdf>. Zugriff am: 29.11.2022.
- BERLINER WASSERBETRIEBE (BWB) (2021): Satzung über die Erhebung von Gebühren und Kostenersatz für die zentrale öffentliche Abwasserbeseitigung (Abwassergebührensatzung - AGKS). Auf: <https://www.bwb.de/de/assets/downloads/abwassergebuehrensatzung-agks.pdf>. Zugriff am: 29.11.2022.
- BUNDESMINISTERIUMS FÜR UMWELT, NATURSCHUTZ, BAU UND REAKTORSICHERHEIT (BMUB) (Hrsg.) 2015: Grünbuch Stadtgrün. Auf: http://www.bmub.bund.de/fileadmin/Daten_BMU/Pool/Broschueren/gruenbuch_stadtgruen_broschuere_bf.pdf. Zugriff am: 29.11.2022.
- BUNDESNATURSCHUTZGESETZ (BNATSCHG) Bundesnaturschutzgesetz vom 29. Juli 2009 (BGBl. I S. 2542), das zuletzt durch Artikel 1 des Gesetzes vom 20. Juli 2022 (BGBl. I S. 1362, 1436) geändert worden ist.
Auf: https://www.gesetze-im-internet.de/bnatschg_2009/BNatSchG.pdf. Zugriff am: 29.11.2022.
- COENRADIE, B.; HAAG, L., DAMM, A.; KLEINSCHMIT, B.; HOSTERT, P. (2007): Hauptstudie "Entwicklung und Umsetzung eines hybriden Verfahrensansatzes zur Versiegelungskartierung in Berlin". Abschlussbericht. Senatsverwaltung für Stadtentwicklung (Hrsg.). Auf: https://www.berlin.de/umweltatlas/assets/literatur/ab_versiegelung_2007.pdf. Zugriff am: 07.12.2022.
- COENRADIE, B.; HAAG, L. (2016): Versiegelungskartierung Berlin - Anwendung und Weiterentwicklung des hybriden Auswertungsverfahrens für das Jahr 2016 sowie Kartierung von Veränderungen. Abschlussbericht. Senatsverwaltung für Stadtentwicklung und Umwelt (Hrsg.). Auf: https://www.berlin.de/umweltatlas/assets/literatur/ab_versiegelung_2016.pdf. Zugriff am: 13.12.2022.
- DEUTSCHE BUNDESSTIFTUNG UMWELT (DBU) (2011): Leitfaden Dachbegrünung für Kommunen-Nutzen, Fördermöglichkeiten, Praxisbeispiele-. Abschlussbericht Oktober 2011. Auf: <https://www.dbu.de/media/29071409182171pn.pdf> (Zugriff am: 29.11.2022).
- DEUTSCHER DACHGÄRTNER VERBAND E. V. (DDV) (2016): Kommunale Gründach-Strategien. Inventarisierung, Potenzialanalyse, Praxisbeispiele. Auf: https://digital.zlb.de/viewer/api/v1/records/16079949/files/images/DDV_Kommunale_Gruendach_Strategien.pdf/full.pdf. Zugriff am: 29.11.2022.
- DEUTSCHES ZENTRUM FÜR LUFT- UND RAUMFAHRT (DLR) (2014): Bestimmung von Gebäude- und Vegetationshöhen in Berlin. Ergebnisbericht. Auf: <http://www.stadtentwick->

- [lung.berlin.de/umwelt/umweltatlas/download/0610_Ausgabe2014_Endbericht_Gebaeude_Vegetationshoehen_Berlin.pdf](http://www.lung.berlin.de/umwelt/umweltatlas/download/0610_Ausgabe2014_Endbericht_Gebaeude_Vegetationshoehen_Berlin.pdf). Zugriff am: 21.10.2016.
- KATTENBORN, T., LEITLOFF, J., SCHIEFER, F., & HINZ, S. (2021): Review on Convolutional Neural Networks (CNN) in vegetation remote sensing. *ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing*, 173, 24-49.
- RICHARDS, J.A. & X. JIA (1999): *Remote Sensing Digital Image Analysis - An Introduction*. Springer-Verlag, 3rd Edition, Berlin/Heidelberg. Auf: https://www.researchgate.net/publication/348559309_Review_on_Convolutional_Neural_Networks_CNN_in_Vegetation_Remote_Sensing. Zugriff am: 19.12.2022
- NAUSHAD, R., KAUR, T., & GHADERPOUR, E. (2021). DEEP TRANSFER LEARNING FOR LAND USE AND LAND COVER CLASSIFICATION: A COMPARATIVE STUDY. *SENSORS*, 21(23), 8083.
- RONNEBERGER, O., FISCHER, P., BROX, T., (2015): U-net: Convolutional networks for biomedical image segmentation. In: *International Conference on Medical image computing and computer-assisted intervention*, pp. 234–241. https://doi.org/10.1007/978-3-319-24574-4_28 (cit. on pp. 5, 26, 38). Auf: <https://arxiv.org/pdf/1505.04597.pdf>. Zugriff am: 09.12.2022.
- SENATSV ERWALTUNG FÜR JUSTIZ UND VERBRAUCHERSCHUTZ (SENJUST) (2016): Verordnung über die Erlaubnisfreiheit für das schadlo se Versickern von Niederschlagswasser (Niederschlagswasserfreistellungsverordnung - NWFreiV). Vom 24. August 2001. Auf: http://gesetze.berlin.de/jportal/portal/t/ys6/page/bsbeprod.psml?pid=Dokument-anzeige&showdoccase=1&js_peid=Trefferliste&documentnumber=1&numberofresults=1&fromdoctodoc=yes&doc.id=jlr-NiedSchlWasVBE-pELS&doc.part=X&doc.price=0.0#focuspoint. Zugriff am: 28.11.2022.
- SENATSV ERWALTUNG FÜR STADTENTWICKLUNG (SENSTADT) (2010): Konzepte der Regenwasserbewirtschaftung. Gebäudebegrünung, Gebäudekühlung. Leitfaden für Planung, Bau, Betrieb und Wartung. Auf: http://www.gebaeudekuehlung.de/SenStadt_Regenwasser_dt.pdf. Zugriff am: 28.11.2022.
- SENATSV ERWALTUNG FÜR STADTENTWICKLUNG, BAUEN UND WOHNEN (SENSBW) (2022): Liegenschaftskataster Amtliches Liegenschaftskatasterinformationssystem (ALKIS). Auf: https://fbinter.stadt-berlin.de/fb/index.jsp?loginkey=showMap&mapId=wmsk_alkis@senstadt. Zugriff am: 25.10.2022.
- SENATSV ERWALTUNG FÜR STADTENTWICKLUNG UND UMWELT (SENSTADTUM) (2016): Anpassung an die Folgen des Klimawandels in Berlin – AFOK. Auf: <https://www.berlin.de/sen/uvk/klimaschutz/anpassung-an-den-klimawandel/programm-zur-anpassung-an-die-folgen-des-klimawandels/>. Zugriff am: 28.11.2022.
- SENATSV ERWALTUNG FÜR STADTENTWICKLUNG UND UMWELT (SENSTADTUM) (2016): StEP Klima KONKRET – Klimaanpassung in der wachsenden Stadt. Auf: <https://www.stadtentwicklung.berlin.de/planen/stadtentwicklungsplanung/de/klima/index.shtml>. Zugriff am: 28.11.2022.
- SENATSV ERWALTUNG FÜR STADTENTWICKLUNG UND WOHNEN (SENSW) (2020A): Geoportal Berlin / DOM – Digitales Oberflächenmodell 2020. Auf: https://fbinter.stadt-berlin.de/fb/index.jsp?loginkey=showMap&mapId=k_dom1@senstadt. Zugriff am: 25.10.2022.
- SENATSV ERWALTUNG FÜR STADTENTWICKLUNG UND WOHNEN (SENSW) (2020B): Geoportal Berlin / Informationssystem Stadt und Umwelt (ISU5) – Raumbezug. Auf: https://fbinter.stadt-berlin.de/fb/index.jsp?loginkey=showMap&mapId=k_isu5@senstadt. Zugriff am: 25.10.2022.
- SENATSV ERWALTUNG FÜR STADTENTWICKLUNG UND WOHNEN (SENSW) (2020C): Digitale farbige TrueOrthophotos 2020 (TrueDOP2020RGB) - Sommerbefliegung. Auf:

https://fbinter.stadt-berlin.de/fb/index.jsp?loginkey=showMap&mapId=k_luftbild2020_true_rgb@senstadt. Zugriff am: 25.10.2022.

SENATSWERWALTUNG FÜR STADTENTWICKLUNG UND WOHNEN (SENSW) (2020D): Umweltatlas Berlin, Karte 06.10.02 Vegetationshöhen, Stand 2020, Berlin. Auf: <https://www.berlin.de/umweltatlas/nutzung/gebäude-und-vegetationshöhen/>. Zugriff am: 25.10.2022.

SENATSWERWALTUNG FÜR STADTENTWICKLUNG UND WOHNEN (SENSW) (2021A): Geoportal Berlin / DGM - Digitales Geländemodell 2021. Auf: https://fbinter.stadt-berlin.de/fb/index.jsp?loginkey=showMap&mapId=k_dgm1@senstadt. Zugriff am: 25.10.2022.

SENATSWERWALTUNG FÜR STADTENTWICKLUNG UND WOHNEN (SENSW) (2021B): Digitale farbige TrueOrthophotos 2021 (TrueDOP2020RGB) – Bildflug vom 22.02.2021. Auf: https://fbinter.stadt-berlin.de/fb/index.jsp?loginkey=zoomStart&mapId=k_luftbild2021_rgb@senstadt. Zugriff am: 25.10.2022.

SENATSWERWALTUNG FÜR UMWELT, VERKEHR UND KLIMASCHUTZ (SENUVK) (2021): Der Biotopflächenfaktor – Ihr ökologisches Planungsinstrument. Auf: https://www.berlin.de/sen/uvk/assets/natur-gruen/landschaftsplanung/bff-biotopflaechenfaktor/broschuere_bff_als_oekologisches_planungsinstrument.pdf. Zugriff am: 25.10.2022.

WITTICH, D., & ROTTENSTEINER, F. (2021). APPEARANCE BASED DEEP DOMAIN ADAPTATION FOR THE CLASSIFICATION OF AERIAL IMAGES. ISPRS JOURNAL OF PHOTOGRAMMETRY AND REMOTE SENSING, 180, 82-102. Auf: <https://arxiv.org/abs/2108.07779>. Zugriff am: 19.12.2022.

8 Anhang

8.1 Gebäudenutzungsklassen

Die im ALKIS und in den NOT-ALK-Daten geführten Nutzungsangaben wurden für die Gründachanalysen zusammengefasst. Die anschließende Tabelle zeigt die Zuordnung der ALKIS- und NOT-ALKIS-Nutzung zu den sechs verwendeten Gebäudenutzungsklassen.

Tabelle 5: Zuordnung der Gebäudenutzungsklassen

Originaldaten	Gebäudenutzung
ALKIS: BEZGFK	
Allgemein bildende Schule	Nichtwohngebäude
Aquarium, Terrarium, Voliere	Nichtwohngebäude
Badegebäude	Nichtwohngebäude
Badegebäude für medizinische Zwecke	Nichtwohngebäude
Bahnhofsgebäude	Nichtwohngebäude
Bahnwärterhaus	Nichtwohngebäude
Berufsbildende Schule	Nichtwohngebäude
Betriebsgebäude des Güterbahnhofs	Nichtwohngebäude
Betriebsgebäude für Flugverkehr	Nichtwohngebäude
Betriebsgebäude für Schienenverkehr	Nichtwohngebäude
Betriebsgebäude für Schiffsverkehr	Nichtwohngebäude
Betriebsgebäude für Straßenverkehr	Nichtwohngebäude
Betriebsgebäude zur Schleuse	Nichtwohngebäude
Betriebsgebäude zu Verkehrsanlagen (allgemein)	Nichtwohngebäude
Bibliothek, Bücherei	Nichtwohngebäude
Bootshaus	Nichtwohngebäude
Botschaft, Konsulat	Nichtwohngebäude
Bürogebäude	Bürogebäude, Gewerbe
Campingplatzgebäude	Nichtwohngebäude
Dock (Halle)	Nichtwohngebäude
Einkaufszentrum	Bürogebäude, Gewerbe
Elektrizitätswerk	Nichtwohngebäude
Empfangsgebäude	Nichtwohngebäude
Empfangsgebäude des botanischen Gartens	Nichtwohngebäude
Empfangsgebäude des Zoos	Nichtwohngebäude
Fabrik	Nichtwohngebäude
Fahrzeughalle	Nichtwohngebäude
Ferienhaus	Wohnen
Festsaal	Nichtwohngebäude
Feuerwehr	Nichtwohngebäude
Flughafengebäude	Nichtwohngebäude
Flugzeughalle	Nichtwohngebäude
Forschungsinstitut	Nichtwohngebäude
Forsthaus	Nichtwohngebäude
Freizeit- und Vergnügungsstätte	Nichtwohngebäude

Originaldaten	Gebäudenutzung
Freizeit-, Vereinsheim, Dorfgemeinschafts-, Bürgerhaus	Nichtwohngebäude
Friedhofsgebäude	Nichtwohngebäude
Garage	Garage, Schuppen
Gartenhaus	Wohnen
Gaststätte, Restaurant	Nichtwohngebäude
Gaswerk	Nichtwohngebäude
Gebäude an unterirdischen Leitungen	Nichtwohngebäude
Gebäude der Kläranlage	Nichtwohngebäude
Gebäude fuer religiöse Zwecke	Nichtwohngebäude
Gebäude für Handel und Dienstleistung mit Wohnen	Bürogebäude, Gewerbe
Gebäude für Beherbergung	Nichtwohngebäude
Gebäude für betriebliche Sozialeinrichtung	Nichtwohngebäude
Gebäude für Bewirtung	Nichtwohngebäude
Gebäude für Bildung und Forschung	Nichtwohngebäude
Gebäude für Erholungszwecke	Nichtwohngebäude
Gebäude für Fernmeldewesen	Nichtwohngebäude
Gebäude für Forschungszwecke	Nichtwohngebäude
Gebäude für Gesundheitswesen	Nichtwohngebäude
Gebäude für Gewerbe und Industrie	Bürogebäude, Gewerbe
Gebäude für Gewerbe und Industrie mit Wohnen	Bürogebäude, Gewerbe
Gebäude für Handel und Dienstleistung mit Wohnen	Bürogebäude, Gewerbe
Gebäude für Handel und Dienstleistungen	Bürogebäude, Gewerbe
Gebäude für kulturelle Zwecke	Nichtwohngebäude
Gebäude für Kurbetrieb	Nichtwohngebäude
Gebäude für Land- und Forstwirtschaft	Nichtwohngebäude
Gebäude für öffentliche Zwecke	Nichtwohngebäude
Gebäude für öffentliche Zwecke mit Wohnen	Nichtwohngebäude
Gebäude für Sicherheit und Ordnung	Nichtwohngebäude
Gebäude für soziale Zwecke	Nichtwohngebäude
Gebäude für Sportzwecke	Nichtwohngebäude
Gebäude für Vorratshaltung	Nichtwohngebäude
Gebäude für Wirtschaft oder Gewerbe	Bürogebäude, Gewerbe
Gebäude im botanischen Garten	Nichtwohngebäude
Gebäude im Freibad	Nichtwohngebäude
Gebäude im Zoo	Nichtwohngebäude
Gebäude zum Busbahnhof	Nichtwohngebäude
Gebäude zum Parken	Nichtwohngebäude
Gebäude zum S-Bahnhof	Nichtwohngebäude
Gebäude zum Sportplatz	Nichtwohngebäude
Gebäude zum U-Bahnhof	Nichtwohngebäude
Gebäude zur Abfallbehandlung	Nichtwohngebäude
Gebäude zur Abwasserbeseitigung	Nichtwohngebäude
Gebäude zur Elektrizitätsversorgung	Nichtwohngebäude

Originaldaten	Gebäudenutzung
Gebäude zur Entsorgung	Nichtwohngebäude
Gebäude zur Freizeitgestaltung	Nichtwohngebäude
Gebäude zur Müllverbrennung	Nichtwohngebäude
Gebäude zur Versorgung	Nichtwohngebäude
Gebäude zur Wasserversorgung	Nichtwohngebäude
Gemeindehaus	Nichtwohngebäude
Gemischt genutztes Gebäude mit Wohnen	Wohnen
Gericht	Nichtwohngebäude
Geschäftsgebäude	Bürogebäude, Gewerbe
Gewächshaus (verschiebbar)	Nichtwohngebäude
Gewächshaus (Botanik)	Nichtwohngebäude
Gotteshaus	Nichtwohngebäude
Hallenbad	Nichtwohngebäude
Heilanstalt, Pflegeanstalt, Pflegestation	Nichtwohngebäude
Heizwerk	Nichtwohngebäude
Hochschulgebäude (Fachhochschule, Universität)	Nichtwohngebäude
Hotel, Motel, Pension	Nichtwohngebäude
Jugendfreizeitheim	Nichtwohngebäude
Jugendherberge	Nichtwohngebäude
Justizvollzugsanstalt	Nichtwohngebäude
Kantine	Nichtwohngebäude
Kapelle	Nichtwohngebäude
Kaserne	Nichtwohngebäude
Kaufhaus	Bürogebäude, Gewerbe
Kegel-, Bowlinghalle	Nichtwohngebäude
Kinderheim	Nichtwohngebäude
Kinderkrippe, Kindergarten, Kindertagesstätte	Nichtwohngebäude
Kino	Nichtwohngebäude
Kiosk	Nichtwohngebäude
Kirche	Nichtwohngebäude
Konzertgebäude	Nichtwohngebäude
Krankenhaus	Nichtwohngebäude
Kreditinstitut	Nichtwohngebäude
Krematorium	Nichtwohngebäude
Kühlhaus	Nichtwohngebäude
Laden	Bürogebäude, Gewerbe
Lagerhalle, Lagerschuppen, Lagerhaus	Nichtwohngebäude
Land- und forstwirtschaftliches Betriebsgebäude	Nichtwohngebäude
Land- und forstwirtschaftliches Wohn- und Betriebsgebäude	Wohnen
Land- und forstwirtschaftliches Wohngebäude	Wohnen
Lokschuppen, Wagenhalle	Garage, Schuppen
Markthalle	Bürogebäude, Gewerbe
Messehalle	Nichtwohngebäude

Originaldaten	Gebäudenutzung
Moschee	Nichtwohngebäude
Müllbunker	Nichtwohngebäude
Museum	Nichtwohngebäude
Nach Quellenlage nicht zu spezifizieren	Nichtwohngebäude
Obdachlosenheim	Nichtwohngebäude
Parkdeck	Nichtwohngebäude
Parkhaus	Nichtwohngebäude
Parlament	Nichtwohngebäude
Pflanzenschauhaus	Nichtwohngebäude
Polizei	Nichtwohngebäude
Post	Nichtwohngebäude
Pumpstation	Nichtwohngebäude
Pumpwerk (nicht für Wasserversorgung)	Nichtwohngebäude
Rathaus	Nichtwohngebäude
Rundfunk, Fernsehen	Nichtwohngebäude
Scheune	Garage, Schuppen
Scheune und Stall	Garage, Schuppen
Schloss	Nichtwohngebäude
Schullandheim	Nichtwohngebäude
Schuppen	Garage, Schuppen
Schutzbunker	Nichtwohngebäude
Schutzhütte	Nichtwohngebäude
Schwesternwohnheim	Nichtwohngebäude
Seniorenfreizeitstätte	Nichtwohngebäude
Seniorenheim	Nichtwohngebäude
Sonstiges Gebäude für Gewerbe und Industrie	Bürogebäude, Gewerbe
Speditionsgebäude	Nichtwohngebäude
Speichergebäude	Nichtwohngebäude
Spielkasino	Nichtwohngebäude
Sport-, Turnhalle	Nichtwohngebäude
Stall	Nichtwohngebäude
Stall für Großtierhaltung	Nichtwohngebäude
Stall im Zoo	Nichtwohngebäude
Stellwerk, Blockstelle	Nichtwohngebäude
Straßenmeisterei	Nichtwohngebäude
Studenten-, Schülerwohnheim	Nichtwohngebäude
Synagoge	Nichtwohngebäude
Tankstelle	Nichtwohngebäude
Theater, Oper	Nichtwohngebäude
Tiefgarage	Tiefgarage
Tierschauhaus	Nichtwohngebäude
Toilette	Nichtwohngebäude
Trauerhalle	Nichtwohngebäude

Originaldaten	Gebäudenutzung
Treibhaus	Nichtwohngebäude
Umformer	Nichtwohngebäude
Umspannwerk	Nichtwohngebäude
Veranstaltungsgebäude	Nichtwohngebäude
Versicherung	Nichtwohngebäude
Verwaltungsgebäude	Nichtwohngebäude
Wartehalle	Nichtwohngebäude
Wasserwerk	Nichtwohngebäude
Wasserbehälter	Nichtwohngebäude
Werft (Halle)	Nichtwohngebäude
Werkstatt	Nichtwohngebäude
Windmühle	Nichtwohngebäude
Wochenendhaus	Wohnen
Wohngebäude	Wohnen
Wohngebäude mit Gemeinbedarf	Wohnen
Wohngebäude mit Gewerbe und Industrie	Wohnen
Wohngebäude mit Handel und Dienstleistungen	Wohnen
Wohnhaus	Wohnen
Wohnheim	Wohnen
Zollamt	Nichtwohngebäude
NOT-ALKIS	
	Sonstige
Ohne Angaben	
	Sonstige

8.2 Daten

Die im Projekt verwendeten, bearbeiteten und erstellten Daten wurden der SenStadtUm nach Abschluss der Arbeiten in digitaler Form übergeben. Hierbei handelt es sich auch teilweise um Daten, die für die Durchführung von zukünftigen Auswertungen eingebunden werden können.

Nachfolgend werden Vektor- und Rasterdaten sowie Datenbanken aufgelistet und beschrieben, soweit dies notwendig ist. Eine Auflistung und Beschreibung der SML-Modelle ist in Kapitel **Fehler! Verweisquelle konnte nicht gefunden werden.** bereits erfolgt.

Tabelle 6: Zwischen- und Endergebnisse

Daten	Kurzbeschreibung	Kodierung, Eigenschaft
<i>Rasterdaten</i>		
Gruendach_vorkartierung.img	Ergebnis der automatisierten Vorkartierung „begrünte Dachflächen und begrünte unbebaute Tiefgaragen“	geometrische Auflösung: 0,5 m x 0,5 m; Grauwert 1: Verdachtsflächen Grauwert 0: sonstige Flächen
NDVI_kategorien.img	Unterscheidungen von Vegetationsflächen: - NDVI-Werte <= 0,162 - NDVI-Werte > 0,162	geometrische Auflösung: 0,5 m x 0,5 m; Grauwert 1: NDVI-Werte <= 0,162 Grauwert 2: NDVI-Werte > 0,162
<i>Ergebniskarten</i>		
gruendach_2020_ISU5.mxd	Ergebniskarte der Gründachkartierung, ISU5	zur Nutzung im FIS-Broker und als pdf-Grundlage
egruendach_2020_ISU5_pdf.mxd	Ergebniskarte der Gründachkartierung, ISU5, Englisch	zur Nutzung im FIS-Broker und als pdf-Grundlage
gruendach_2020_ISU5_mit_Gebaeude.mxd	Ergebniskarte der Gründachkartierung mit Gebäuden und Gründachflächen, ISU5	
egruendach_2020_ISU5_mit_Gebaeude.mxd	Ergebniskarte der Gründachkartierung mit Gebäuden und Gründachflächen, ISU5, Englisch	
06_11_2020_V2.pdf	Ergebniskarte im pdf-Format	Englische Legende enthalten
gruendach_2020_veraenderung.mxd	Ergebniskarte der Gründachkartierung – Veränderung 2016-2020, ISU5	
06_2020_V3.pdf	Ergebniskarte Veränderung 2016-2020 im pdf-Format	Ohne Englische Legende

Tabelle 7: Attribute der Endergebnisse der Dachteilflächen

Daten	Kurzbeschreibung
<i>Gruendach_2020.gdb, gruene_dachteifl_2020</i>	
ID	eindeutige ID pro begrünte Dachteilfläche
gruen_kat	intensiv, extensiv
Shape_Area	Flächengröße [m ²]

Daten	Kurzbeschreibung
Shape_Length	Flächenumring [m]
<i>Gruendach_2020.gdb, gruene_dachteiffl_tiefgarage_2020</i>	
ID	eindeutige ID pro begrünte Dachteiffläche
gruen_kat	Intensiv, extensiv
Shape_Area	Flächengröße [m²]
Shape_Length	Flächenumring [m]

Tabelle 8: Attribute des gebäudebasierten Endergebnisses

Daten	Kurzbeschreibung
<i>Gruendach_2020.gdb, gruendach_gebaeude_2020</i>	
Geb_id	eindeutige Gebäude-ID
gruendach	vorhanden nicht vorhanden
gruen20_m2	kartierte begrünte Dachfläche 2020, gesamt [m²]
gex20_m2	kartierte begrünte Dachfläche 2020, extensiv [m²]
gint20_m2	kartierte begrünte Dachfläche 2020, intensiv [m²]
gruen20_p	kartierte begrünte Dachfläche 2020, gesamt bezogen auf die Gebäudegrundfläche [%]
gex20_p	kartierte begrünte Dachfläche 2020, extensiv bezogen auf die Gebäudegrundfläche [%]
gint20_p	kartierte begrünte Dachfläche 2020, intensiv bezogen auf die Gebäudegrundfläche [%]
gruen16_m2	kartierte begrünte Dachfläche 2016, gesamt [m²]
gruen16_p	kartierte begrünte Dachfläche 2016, gesamt bezogen auf die Gebäudegrundfläche [%]
geb_area	Gebäudegrundfläche [m²]
geb_nutz	Gebäudenutzungsklassen für die Analyse
nutz	Herkunft der Daten (ALKIS, NOT-ALKIS)
gruend_kat	Gründachkategorie: <=25 25-50 50-75 >75 entspricht dem Anteil der begrünten Dachfläche an der Gebäudegrundfläche [%]
EX_INT	Begrünungskategorie: extensiv (wenn gex_m2 > gint_m2) intensiv (wenn gint_m2 > gex_m2)
bezugfk	Gebäudenutzung aus ALKIS
SCHLUESSEL	Block(teil)flächenschlüssel der ISU5, Stand 31.12.2020
bezneu	Bezirksnummer (12) nach der Verwaltungsreform am 1.Januar 2001
NEUBEZIRK	Bezirksname
WOZ	Nutzung der bebauten Fläche 2020 (Code), Stand 31.12.2020, siehe Umweltatlaskarte 06.01
GRZ	Grün- und Freiflächennutzung 2020 (Code), Stand 31.12.2020, siehe Umweltatlaskarte 06.02

Daten	Kurzbeschreibung
TYP	Flächentyp der ISU5, Stand 31.12.2020, siehe Umweltatlaskarte 06.08
Hinweis	Hinweis zur Kartierung / zum Gebäude
Shape_Area	Flächengröße [m ²]
Shape_Length	Flächenumring [m]

Tabelle 9: Attribute des blockbasierten Endergebnisses

Daten	Kurzbeschreibung
<i>Gruendach_2020.gdb, ISU_2020</i>	
SCHLUESSEL	Block(teil)flächenschlüssel der ISU5, Stand 31.12.2020
Blocknr	Blocknummer der Block(teil)fläche
FLALLE	Flächengröße [m ²]
bezneu	Bezirksnummer (12) nach der Verwaltungsreform am 1. Januar 2001
WOZ	Nutzung der bebauten Fläche 2020 (Code), Stand 31.12.2020, siehe Umweltatlaskarte 06.01
GRZ	Grün- und Freiflächennutzung 2020 (Code), Stand 31.12.2020, siehe Umweltatlaskarte 06.02
TYP	Flächentyp der ISU5, Stand 31.12.2020, siehe Umweltatlaskarte 06.08
gruen20_m2	kartierte begrünte Dachfläche 2020, gesamt [m ²]
gex20_m2	kartierte begrünte Dachfläche 2020, extensiv [m ²]
gint20_m2	kartierte begrünte Dachfläche 2020, intensiv [m ²]
gruen20_p	kartierte begrünte Dachfläche 2020, gesamt bezogen auf die Gebäudegrundfläche des Blocks [%]
gex20_p	kartierte begrünte Dachfläche 2020, extensiv bezogen auf die Gebäudegrundfläche des Blocks [%]
gint20_p	kartierte begrünte Dachfläche 2020, intensiv bezogen auf die Gebäudegrundfläche des Blocks [%]
gruen16_m2	kartierte begrünte Dachfläche 2016, gesamt [m ²]
gruen16_p	kartierte begrünte Dachfläche 2016, gesamt bezogen auf die Gebäudegrundfläche des Blocks [%]
diff_20_16_p	Differenz des Anteils der begrünten Dachfläche an der Block(teil)fläche [%] 2016-2020
area_geb	Gebäudegrundfläche des Blocks [m ²]
anzahl_gru	Anzahl der Gebäude mit Gründach 2020
anzahl_geb	Anzahl aller Gebäude pro Block- bzw. Blockteilfläche 2020
Shape_Area	Flächengröße [m ²]
Shape_Length	Flächenumring [m]