



06.11 Gründächer 2020

Einleitung

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, schaffen Verdunstungsflächen und können die biologische Vielfalt erhöhen (DBU 2011). Durch die Möglichkeit der Schaffung zusätzlicher begrünter Aufenthalts- und Betätigungsflächen tragen sie zur Verbesserung des städtischen Wohnumfeldes bei.

Ziel ist es, durch Maßnahmen der Dachbegrünung als ein Element der Gebäudebegrünung im Neubau und im Bestand eine **Entlastung der Stadtkanalisation, lufthygienische Verbesserungen, kühlende Effekte auf das Stadtklima** sowie eine Stärkung der Artenvielfalt zu erreichen. Weitere positive Effekte der Gebäudebegrünung sind die Verminderung des Lärmpegels sowie eine Bereicherung des Stadtbildes. All diese Effekte tragen auch zur Gesundheitsförderung der Stadtbevölkerung im Sinne der Klimaanpassung bei (SenStadtUm 2016, SenStadtUm 2016a).

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).

Die Dachbegrünung kann Probleme der versiegelten Stadt wie städtische Hitzeinseln vermindern und als ein Element der Regenwasserbewirtschaftung 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 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 Berlin (West) gab es ab 1983 ein "Hofbegrünungsprogramm". Ziel war in erster Linie die Verringerung der Grünflächendefizite in den innerstädtischen Gebieten. Die Förderung innerhalb dieses Programms erfolgte für Maßnahmen der Hofbegrünung, der Fassadenbegrünung und für die extensive Dachbegrünung. Auch in Berlin (Ost) gab es in den achtziger Jahren ein „Hofbegrünungsprogramm“. Ab 1990 wurde das 1983 entwickelte Programm im gesamten Berliner Innenstadtbereich durchgeführt und eine Beratung zum Erhalt und zur Pflege der Anlagen angeschlossen. In der Laufzeit des Programms von 1983 bis Ende 1995 wurden 1.643 Projekte bewilligt, 740.000 m² Hof- und Fassadenflächen sowie 65.000 m² Dachflächen begrünt (Reichmann 2009).

In den Richtlinien für den öffentlich geförderten sozialen Wohnungsbau wurden bereits 1990 ökologische Anforderungen definiert, nach denen bei Bauvorhaben Ressourcenschonung und Umweltverträglichkeit berücksichtigt werden sollen. Förderungsfähig waren z. B. Vegetationskonzepte für die Fassaden- und Dachbegrünung sowie besondere ökologische Freiflächenkonzepte und deren Durchführung.

Seit 1992 werden in Berlin ökologische Planungskriterien für Wettbewerbe erstellt. Darin heißt es, "insbesondere in verdichteten Innenstadtbereichen sind Ausgleichsmaßnahmen in Form von Dachgärten, Dach- und Fassadenbegrünungen sinnvoll [...]" (SenStadt 2019). Dach- und Fassadenbegrünungen sind

auch wichtige Bausteine gebäudebezogener ökologischer Gesamtkonzepte; herausragende Projekte im Bereich des ökologischen Bauens in Berlin finden sich [hier](#) (SenSW 2017b, SenSW 2017c).

In der Innenstadt stellt der "Biotopflächenfaktor" (BFF) eine besondere Form der Sicherung von "grünen Qualitäten" zum Ausgleich von Defiziten im Freiraum und zum Abbau von Umweltbelastungen dar. Der BFF kann in Berlin als Rechtsverordnung in einem Landschaftsplan festgelegt werden. Er benennt den Flächenanteil eines Grundstücks, der als Pflanzenstandort dient bzw. Funktionen für den Naturhaushalt übernimmt, und schließt damit Gründächer ein (SenUVK 2021).

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)

Die vorliegenden Bestandsdaten zu begrünten Dächern sind für unterschiedliche Zwecke nutzbar; sie können ebenso als Basis für Konzepte der Regenwasserbewirtschaftung im urbanen Raum sowie als Datengrundlage für Klimamodellierungen genutzt werden. Ebenso dienen sie für ein kontinuierliches Monitoring der weiteren Entwicklung im Gründachbestand. Darüber hinaus kann die vorliegende Inventarisierung von Gründächern auch für eine zukünftige Gründachstrategie genutzt werden; für diesen Zweck wäre die Ermittlung des weiteren Gründachpotenziales in der Stadt eine wichtige Ergänzung.

Datengrundlage

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 Color-Infrarot-TrueOrthophotos und Höhendaten einerseits sowie Gebäude- bzw. Dachumrissen andererseits waren die wesentlichen Datengrundlagen für eine genaue Zuordnung vorhanden.

Als Datengrundlagen wurden die folgenden Informationen genutzt:

- Digitale Color-Infrarot-TrueOrthophotos (TrueDOP20CIR) und ein normalisiertes Digitales Oberflächenmodell (nDOM), Befliegungen vom 01., 08., 12. und 16.08.2020 (SenSW 2020a),
- Gebäudegeometrien sowie Tiefgaragen des Amtlichen Liegenschaftskatasterinformationssystem (ALKIS) von Mai 2022 (SenSBW 2022),
- NOT-ALKIS-Gebäude: einzelnstehende Gebäude, Stand 2021,
- Informationssystem Stadt und Umwelt (ISU5) – Raumbezug und Flächennutzungsdaten (Stand 31.12.2020) (SenSW 2020b).

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

Zur Ergänzung der ALKIS-Gebäude wurde eine Klassifikation des nDOM von 2020 durchgeführt und daraus die NOT-ALKIS Gebäude abgeleitet (SenSW 2020b, SenSW 2021a). Die so ermittelten Gebäude wurden als ergänzende Gebäudedatengrundlage für ausgewählte Flächentypen (Einfamilien-, Reihen- und Doppelhäuser, Villen, Kleingartenanlagen, Wochenendhäuser und Geschosswohnungsbau der 1990er Jahre und jünger) verwendet. Für die Gründachkartierung wurden von diesen Flächen zusätzlich 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.

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.

Methode

Die entwickelte Methode zur Gründacherfassung besteht aus zwei Arbeitsschritten:

- der automatisierten Vorkartierung, einschließlich der Referenzflächenermittlung sowie
- der Prüfung und Verbesserung der Vorkartierungsergebnisse mittels Luftbildinterpretation (visuelle Nachkartierung).

Das folgende Schema zeigt den Verfahrensablauf im Detail. Eine entsprechend detaillierte Beschreibung des Verfahrens findet sich im Abschlussbericht (Pauligk & Stöckigt 2022).

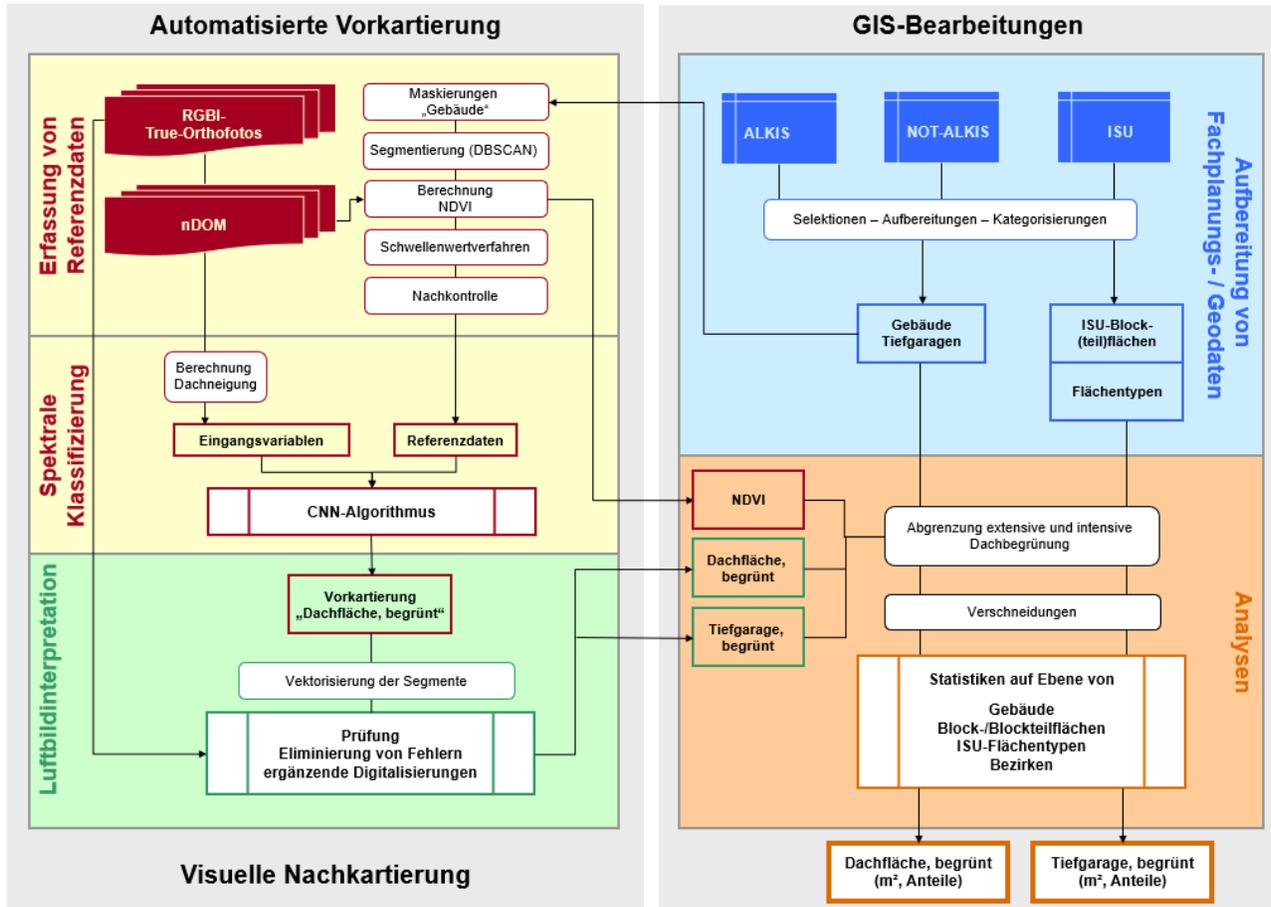


Abb. 1: Verfahrensschema - Erfassung des Gründachbestands im Land Berlin 2020

Automatisierte Vorkartierung

Im Rahmen der automatisierten Vorkartierung wurde eine überwachte Klassifizierung zur Vorhersage von Gründächern durchgeführt. Dafür mussten Referenzdaten in einem Teilgebiet (~2000 ha) von Berlin detailliert erfasst werden. 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.

Im ersten Schritt wurde dabei ein dichte-basiertes Clustering (DBSCAN) bei Analyseflächen innerhalb der Gebäudeumrisse angewandt. Das DBSCAN ist ein unüberwachter Algorithmus, um Pixelwerte anhand der räumlichen Nähe im Merkmalsraum zu gruppieren und somit in 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. Der NDVI ist ein synthetischer Kanal, der Informationen aus dem Nahen Infrarot (NIR-Kanal) und dem roten Spektralbereich

(Rot-Kanal) miteinander kombiniert, wodurch Vegetationsflächen besonders hervorgehoben werden. In zahlreichen Untersuchungen hat sich dieser Zusatzkanal zur Differenzierung von vegetationsbedeckten und vegetationslosen Oberflächen sowie zur Klassifizierung von Versiegelungsgraden bewährt (Coenradie et al. 2021, Coenradie & Haag 2016a). Aufgrund der geringen Flächengröße von ~2000 ha des Teilgebiets zur Herleitung von Referenzdaten, konnte die erste Erfassung von Gründächern mit geringem Aufwand durch eine visuelle Korrektur angepasst werden und diente im Weiteren als genaue Referenz für die 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 Klassifizierung von Bilddaten etabliert, da es neben der spektralen Signatur auch räumliche Strukturen innerhalb des Bildes in die Vorhersage mit einbezieht (Kattenborn et al. 2021). Eines der meist genutzten CNN-Architekturen ist das U-Net, das auch in diesem Projekt zur Gründacherkennung verwendet wurde (Ronneberger et al. 2015). Die überwachte Klassifizierung benötigt neben den beschriebenen Referenzdaten auch die zugehörigen Eingangsvariablen. Diese sind neben den Spektralbändern des Orthophotos auch das normalisierte Digitale Oberflächenmodell (nDOM) und die daraus berechnete Neigung der Dachfläche. Nach Training des Algorithmus konnte das Modell auf die restliche Untersuchungsfläche angewandt werden und erleichtert dabei die nachfolgende Kartierung. Aufgrund des hohen Datenbedarfs von Neuronalen Netzen und der vergleichsweise geringen Anzahl hergeleiteter Referenzdaten ist die Nachkartierung innerhalb der Prozesskette weiterhin ein essentieller Bestandteil. Die Modellvorhersage einer beispielhaften Teilfläche kann der folgenden Abb. 2 entnommen werden.



Abb. 2: Ergebnisse zur überwachten Klassifizierung; links: TrueOrthophoto 2020, rechts: automatisierte Vorkartierung Gründachbestand (grün)

Visuelle Nachkartierung

Die Zwischenergebnisse der automatisierten Vorkartierung wurden mittels Luftbildinterpretation geprüft und verbessert.

Die Interpretations- und Kartierregeln lauteten wie folgt:

- Als Gründach gelten alle bewachsenen Dachflächen, unabhängig davon, ob sie als Gründach angelegt wurden (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 wurden.

- Begrünte Dachflächen, auf denen zusätzlich Solaranlagen installiert sind, werden vollflächig als Gründach erfasst.
- Ein Gründach gilt dann 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 (dies betrifft vor allem Garagendächer) das Gründach nicht erkennbar ist, wird eine vorhandene Vorkartierung gelöscht. Eine Ausnahme bilden übershirmte 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.

Nach Abschluss der Überprüfung der Flächen wurden diejenigen begrünten Dachflächen ausgewählt, die pro Gebäude > 10 m² begrünte Fläche aufweisen. Damit können einzelne Pixel und Kleinstflächen auftreten, entscheidend ist die Gesamtsumme pro Dachfläche. Auf Dachflächen mit weniger als 10 m² begrünter Fläche wurden die Gründachflächen gelöscht. 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.

Über die Verknüpfung zu weiteren Geodaten konnten folgende Ergebnis-Layer erstellt werden, die auch im [Geoportal](#) gezeigt werden:

- **begrünte Dachfläche (intensiv/extensiv),**
- **Gebäudegrundfläche** sowie
- **Block(teil)fläche des ISU mit Angaben zur Begrünung.**

Kartenbeschreibung

In Berlin haben 20.446 (3,2 %) von insgesamt 629.666 Gebäuden inkl. Tiefgaragen ohne Überbauung eine begrünte Dachfläche bzw. begrünte Dachteilflächen von > 10 m². Insgesamt sind 656 ha der Dachflächen begrünt (5,4 %) (Tab. 1). Damit ist die Anzahl begrünter Gebäude im Vergleich zu 2016 um 0,2 % gestiegen. Der Anteil der begrünten Dachfläche nahm sogar von 3,9 auf 5,4 % zu. Insgesamt stieg die begrünte Dachfläche um 165 ha. Der Blick auf die Karte zeigt eine Konzentration der begrünten Dachflächen in der Innenstadt Berlins.

Tab. 1: Begrünte Dachflächen in Berlin									
		Anzahl der Gebäude		begrünte Dachfläche				Grundfläche der Gebäude	
				intensiv		extensiv			
			%	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 etw a 540.000 ALKIS-Gebäude und 88.000 NOT-ALKIS-Gebäude

Tab. 1: Begrünte Dachflächen in Berlin 2016 und 2020

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.

Im Folgenden werden Analysen auf drei räumlichen Ebenen gezeigt – Gebäude, Block(teil)fläche des ISU sowie Bezirk.

Gebäude

Anhand der ALKIS- und NOT-ALKIS-Nutzung wurden die Gebäude in sechs Gebäudenutzungskategorien eingeteilt. Tab. 2 und Abb. 3 zeigen die Größenordnung und Anteile der mit Gründächern bedeckten Gebäudenutzungen.

Die begrünten Dachflächen [m²] teilen sich mit Prozentanteilen zwischen 22 und 30 % relativ gleichmäßig auf die Gebäudenutzungen „Wohnen“ (inkl. Wochenendhäuser), „Nichtwohngebäude“ (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 (Abb. 3). Auf Tiefgaragenflächen ist das Verhältnis von intensiver zu extensiver Begrünung etwa 80 % zu 20 %, auf Gebäudeflächen genau umgekehrt.

Tab. 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 ca. **77 % im Bereich der Tiefgaragen** ohne Überbauung erwartungsgemäß deutlich intensiver ausgenutzt, wenn auch mit unterschiedlichen Begrünungsanteilen auf den einzelnen Dachflächen begrünter Tiefgaragen (Tab. 2).

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 Überschirmung von großen Bäumen oft nicht erkannt und aufgenommen werden kann. Dies war im Zuge der Kartierung 2020 im Vergleich zur Kartierung 2016 häufiger der Fall, da TrueOrthophotos aus dem Sommer (August) verwendet wurde. Der tatsächliche Anteil der Dachbegrünung sollte in dieser Gebäudenutzungskategorie demnach höher liegen.

Tab. 2: Verteilung der begrünter 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
Nichtwohng- gebäude	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 begrünter 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 verw endeten Orthophotos von August 2020 erfolgte. Ggf. w urden 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 überw iegenden Anteils. Weist ein Gebäude eine begrünte Dachfläche von >50 % "extensiv" auf, geht die gesamte begrünte Dachfläche als "extensiv" in die Berechnungen ein.

In dieser Ausw ertung wird die Nutzungsangabe der ALKIS-Gebäude verw endet. Für NOT-ALKIS ist keine Nutzung vorhanden. Diese Gebäude sind unter „Sonstige“ enthalten.

Es können Rundungsdifferenzen auftreten

Tab. 2: Verteilung der begrünter Dachflächen pro Gebäudenutzung 2020

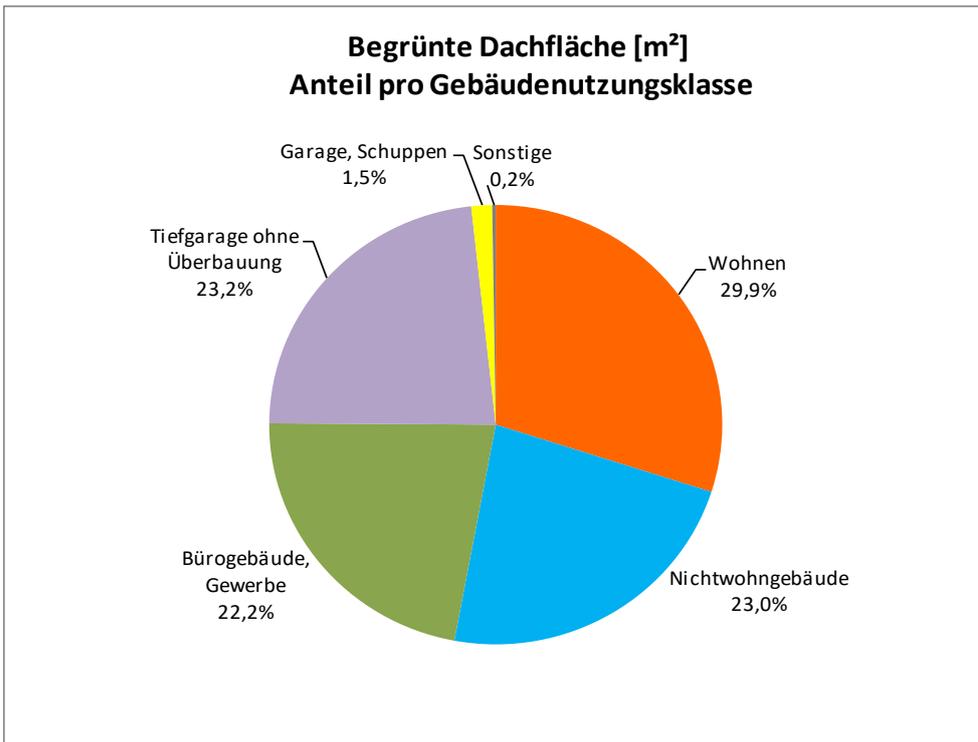


Abb. 3: Begrünte Dachfläche [m²] - Anteil pro Gebäudenutzungs-kategorie 2020

Block(teil)flächen

Über die Zuordnung der Gebäude zu den Block(teil)flächen des ISU können auch Analysen anhand der dort vorhandenen Flächentypen durchgeführt werden (vgl. Tab. 3).

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)“, „Geschlossene und halboffene, entkernte Blockrandbebauung, Lückenschluss nach 1945 (7)“ sowie „Kerngebiet (29)“ absolut die größten begrünten Dachflächen auf. Im Verhältnis zur vorhandenen Gebäudegrundfläche pro Flächentyp heben sich die beiden Flächentypen „Stadtplatz / Promenade (54)“ und „Siedlung der 1990er Jahre und jünger (73)“ mit einem begrünten Dachanteil von ca. 26,2 bzw. 27 % der Gebäudegrundfläche hervor. Als weiterer Flächentyp mit umfangreichem Gebäudebestand weist der Typ „Freistehende Einfamilienhäuser mit Garten (23)“ hingegen nur einen Anteil von 1,1 % begrünter Dachflächen an der Gebäudegrundfläche auf. Dies lässt darauf schließen, dass im privaten Siedlungsbereich grundsätzlich noch größere Potenziale für Gründächer bestehen, die allerdings auf den begrenzten Anteil begrünbarer Dachkonstruktionen (Flach – bzw. gering geneigte Dächer) begrenzt werden.

Tab. 3: Verteilung der begrünter Dachflächen pro Flächentyp des ISU

Flächentyp 2020	Anzahl Gebäude mit Gründach			begrünte Fläche [m ²]			Anzahl Gebäude gesamt	Gebäude-Grundfläche gesamt [m ²]	Anteil der begrünter Dachfläche an der Gebäude-Grundfläche [%]
	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 und 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 und 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 und halbprivater Umrünung	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
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
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 Straßenfläche	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 Schwerenwerts auf Grundlage der spektralen Eigenschaften der verwendeten Orthophotos von August 2020 erfolgte. Ggf. wurden so vitale Grünflächen zu der Kategorie "intensiv" zugeordnet, obwohl sie 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.

Tab. 3: Verteilung der begrünter Dachflächen pro Flächentyp des ISU 2020

Bezirke

Abb. 4 zeigt die begrünte Dachfläche in Quadratmetern pro Bezirk mit Unterscheidung des begrünten Dachflächenanteils in Prozentklassen für die Kartierung 2020. Ebenso dargestellt ist die Gesamtsumme der begrünten Dachfläche 2016. Mitte und Charlottenburg-Wilmersdorf haben mit deutlichem Abstand den umfangreichsten begrünten Dachflächenbestand. Bezogen auf den Anteil von begrünter Dachfläche an der vorhandenen Gebäudegrundfläche weist jedoch Friedrichshain-Kreuzberg im Vergleich den höchsten Wert auf (vgl. Abb. 5). Auch diese Grafik unterstreicht noch einmal die Konzentration von begrünten Dachflächen in der Innenstadt, die auch durch die hohe Anzahl der dort vorhandenen Flach- und Berliner Dächer bedingt ist (Betz 2010). Abb. 6 verdeutlicht die insgesamt geringen Anteile der Intensivgründächer. Jedoch schwanken die Anteile von intensiv und extensiv begrünten Dachflächen zwischen den Bezirken.

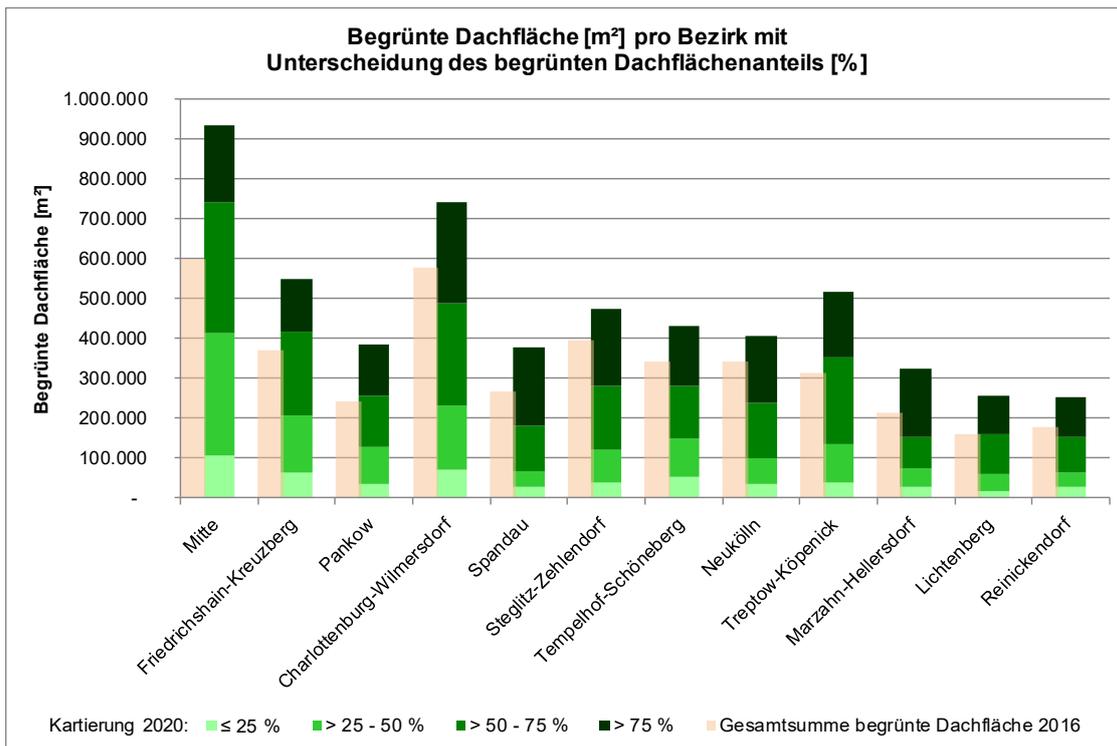


Abb. 4: Begrünte Dachfläche [m²] pro Bezirk mit Unterscheidung des begrünten Dachflächenanteils [%] 2020

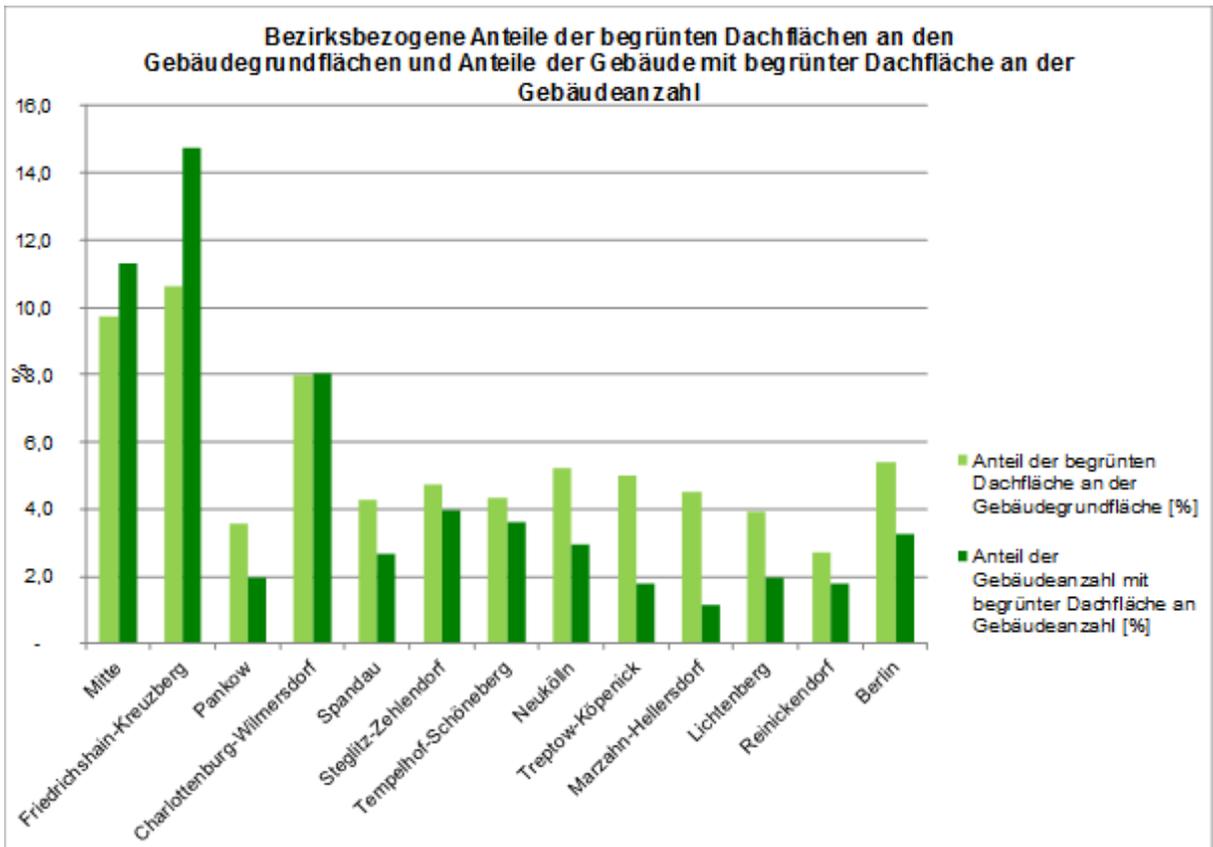


Abb. 5: Bezirksbezogene Anteile der begrünter Dachflächen an den Gebäudegrundflächen und Anteile der Gebäude mit begrünter Dachfläche an der Gebäudeanzahl 2020

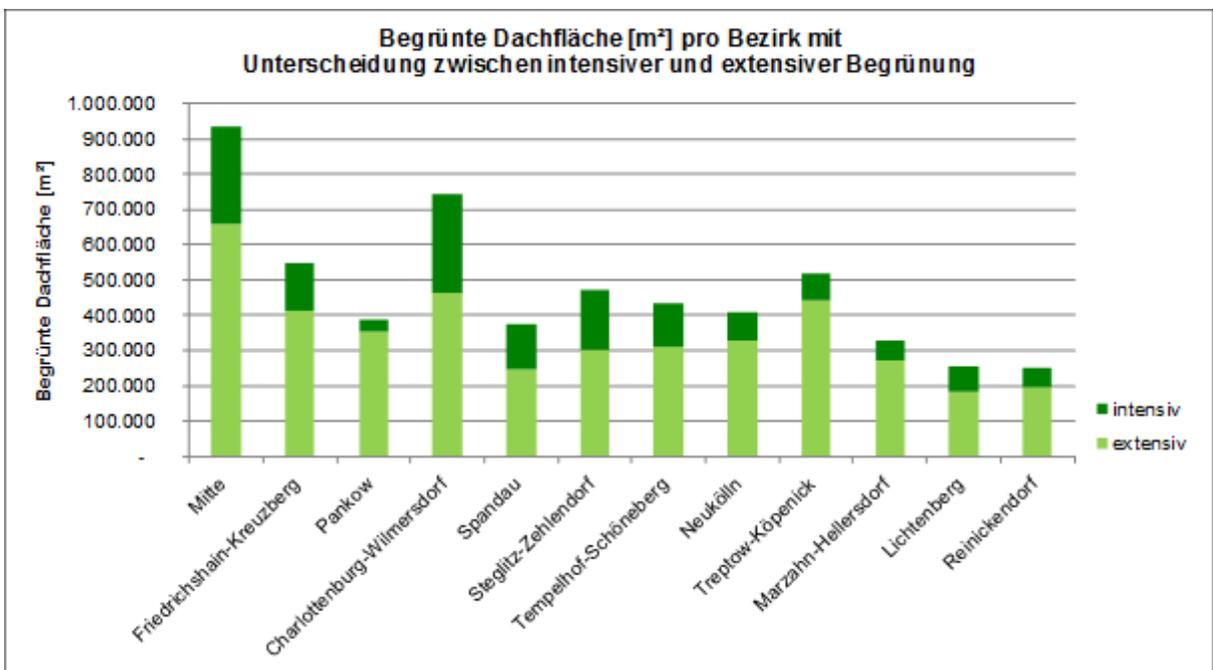


Abb. 6: Begrünte Dachfläche [m²] pro Bezirk mit Unterscheidung zwischen intensiver und extensiver Begrünung 2020

Tab. 4: Verteilung der begrünter Dachflächen pro Bezirk

Bezirk		Anzahl Gebäude mit begrünter Dachfläche					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	Friedrichshain-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.

Tab. 4: Verteilung der begrünter Dachflächen pro Bezirk 2020

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 (vgl. Abb. 4). 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.

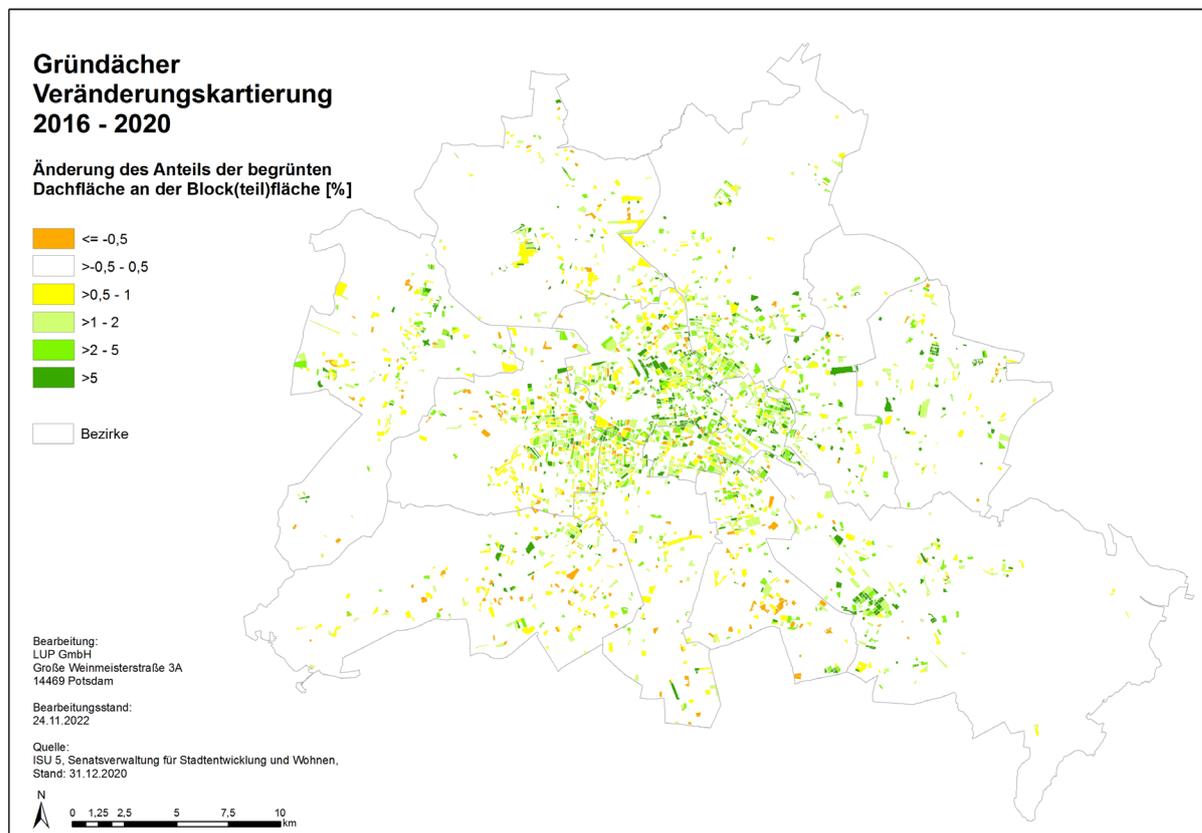
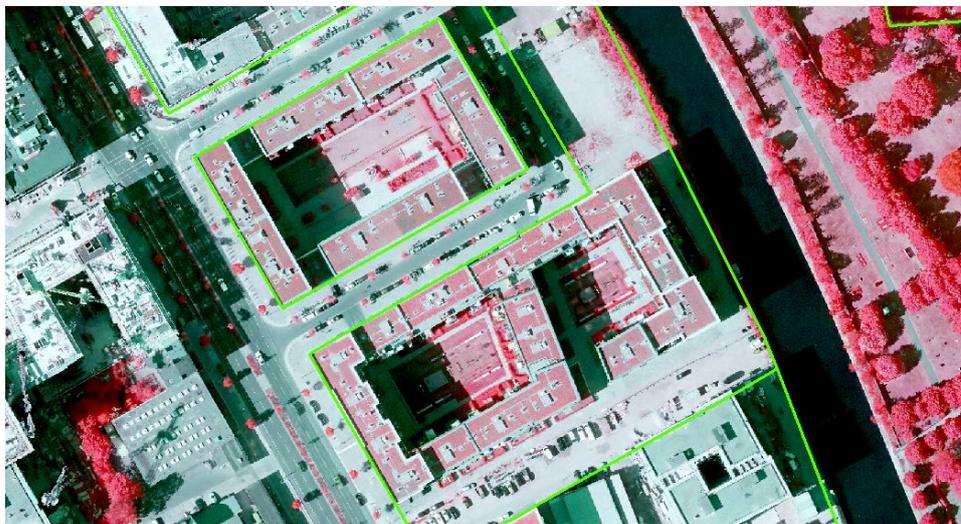


Abb. 7: Veränderungskartierung 2016-2020 in Bezug auf den Anteil der begrünten Dachfläche an der Block(teil)fläche [%]

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 der neuen Bebauung mit Gründächern; Hintergrund: TrueOrthophoto 2020

Abb. 8: Beispiel Europacity: neue Bebauung mit Gründächern 2020

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 den Rückbau eines Gründachs 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
 Links: Kartierung 2016, rechts: Kartierung 2020

Abb. 9: Beispiel Rückbau eines Gründachachs an der Schloßstraße

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. Die Methode ermöglicht eine stadtweit homogene, aktuelle und hinreichend genaue Erfassung von Gründächern und ist dabei operationell und kostengünstig. Eine Verbesserung der Kartiergenauigkeit gegenüber der Erfassung 2016 konnte durch die Verwendung von TrueOrthophotos erreicht werden. Verkippungen von Gebäuden können somit minimiert werden. Anders als für die Kartierung 2016 wurden Luftbild-Aufnahmen aus dem Hochsommer verwendet. Damit geht einher, dass durch zunehmenden Trockenstress in den Sommermonaten die Vitalität der Vegetation abnimmt und extensive Gründachflächen mit spärlicher Vegetation, die 2016 noch als Gründach erkannt wurden, nun möglicherweise nicht mehr aufgenommen wurden. Weiterhin ist zu beachten, dass durch den unterschiedlichen Aufnahmezeitpunkt der Luftbilder von 2016 zu 2020 phänologische Unterschiede auftreten, die zu einer geringeren Vergleichbarkeit der beiden Kartierungen führen. Dies betrifft vor allem Übershirmungseffekte durch große Laubbäume.

Literatur

- [1] **Abgeordnetenhaus Berlin. (2022):**
 Schriftliche Anfrage des Abgeordneten Stefan Evers (CDU) vom 23.Juni 2022 zum Thema „Grüne Dächer in Berlin“. Drucksache 19/12330
 Internet:
<https://pardok.parlament-berlin.de/starweb/adis/citat/VT/19/SchrAnfr/S19-12330.pdf>
 (Zugriff am: 25.10.2022)
- [2] **Ahrendt, J. (2007):**
 Historische Gründächer: Ihr Entwicklungsgang bis zur Erfindung des Eisenbetons, Teil I. Promotion an der Fakultät VI der TU Berlin.
 Internet:
https://depositonce.tu-berlin.de/bitstream/11303/1846/1/Dokument_1.PDF
 (Zugriff am: 28.11.2022)
- [3] **Betz, C. (2010):**
 Methodenentwicklung für den Aufbau eines Gründachkatasters von Berlin am Beispiel des Bezirkes Friedrichshain-Kreuzberg, Masterarbeit am Fachbereich Landschaftsarchitektur, Geoinformatik, Geodäsie und Bauingenieurwesen der Hochschule Neubrandenburg.
 Internet:
http://digibib.hs-nb.de/file/dbhsnb_derivate_0000000845/Masterarbeit-Belz-2010.pdf
 (Zugriff am: 28.11.2022)

- [4] **BMUB (Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz, Bau und Reaktorsicherheit) (Hrsg.) 2015:**
Grünbuch Stadtgrün.
Internet:
https://www.bbsr.bund.de/BBSR/DE/Veroeffentlichungen/ministerien/BMUB/VerschiedeneThemen/2015/gruenbuch-2015-dl.pdf?__blob=publicationFile&v=2
(Zugriff am: 28.11.2022)
- [5] **BWB (Berliner Wasserbetriebe) (2021):**
Satzung über die Erhebung von Gebühren und Kostenersatz für die zentrale öffentliche Abwasserbeseitigung (Abwassergebührensatzung - AGKS)
Internet:
<https://www.bwb.de/de/assets/downloads/abwassergebuehrensatzung-agks.pdf>
(Zugriff am: 25.10.2022)
- [6] **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.).
Internet:
https://www.berlin.de/umweltatlas/assets/literatur/ab_versiegelung_2007.pdf
(Zugriff am: 09.12.2022)
- [7] **Coenradie, B.; Haag, L. (2016a):**
Erhebung und Aufbereitung von Informationen zum Gründachbestand in Berlin. Abschlussbericht. Senatsverwaltung für Stadtentwicklung und Umwelt (Hrsg.).
Internet:
https://www.berlin.de/umweltatlas/assets/literatur/ab_versiegelung_2016.pdf
(Zugriff am: 09.12.2022)
- [8] **Coenradie, B.; Haag, L. (2016b):**
Versiegelungskartierung Berlin - Anwendung und Weiterentwicklung des hybriden Auswertungsverfahrens für das Jahr 2016 sowie Kartierung von Veränderungen. Abschlussbericht. Senatsverwaltung für Stadtentwicklung und Umwelt (Hrsg.).
Internet:
https://www.berlin.de/umweltatlas/assets/literatur/ab_versiegelung_2016.pdf
(Zugriff am: 28.11.2022)
- [9] **Coenradie, B.; Pauligk, A.; Fienitz, M. (2021):**
Versiegelungskartierung Berlin – Anwendung und Weiterentwicklung des hybriden Auswertungsverfahrens für das Jahr 2021 sowie Kartierung von Veränderungen. Abschlussbericht. Senatsverwaltung für Stadtentwicklung, Bauen und Wohnen (Hrsg.).
Internet:
https://www.berlin.de/umweltatlas/assets/literatur/ab_versiegelung_2021.pdf
(Zugriff am: 19.12.2022)
- [10] **DBU (Deutsche Bundesstiftung Umwelt) (2011):**
Leitfaden Dachbegrünung für Kommunen-Nutzen, Fördermöglichkeiten, Praxisbeispiele. Abschlussbericht Oktober 2011.
Internet:
<https://cms.dbu.de/media/29071409182171pn.pdf>
(Zugriff am: 15.05.2023)
- [11] **DDV (Deutscher Dachgärtner Verband e. V.) (2016):**
Kommunale Gründach-Strategien. Inventarisierung, Potenzialanalyse, Praxisbeispiele.
Internet:
https://digital.zlb.de/viewer/api/v1/records/16079949/files/images/DDV_Kommunale_Gruendach_Strategien.pdf/full.pdf
(Zugriff am: 28.11.2022)
- [12] **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.
Internet:

https://www.researchgate.net/publication/348559309_Review_on_Convolutional_Neural_Networks_CNN_in_Vegetation_Remote_Sensing

(Zugriff am: 19.12.2022)

[13] **Pauligk, A; Stöckigt, B. (2022):**

Erhebung und Aufbereitung von Informationen zum Gründachbestand in Berlin. Abschlussbericht. Senatsverwaltung für Stadtentwicklung und Umwelt (Hrsg.). Internet:

https://www.berlin.de/umweltatlas/assets/literatur/ab_gruendach_2020.pdf

(Zugriff am: 27.01.2023)

[14] **Reichmann, B. (2009):**

Stadtökologische Modellvorhaben und Gebäudebegrünung. In: Tagungsband - Internationaler Gründach-Kongress 2009 "Dachbegrünung in der modernen Städtearchitektur", S. 135-144.

[15] **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).

Internet:

<https://arxiv.org/pdf/1505.04597.pdf>

(Zugriff am: 09.12.2022)

[16] **SenJust (Senatsverwaltung für Justiz und Verbraucherschutz) (2016):**

Verordnung über die Erlaubnisfreiheit für das schadloze Versickern von Niederschlagswasser (Niederschlagswasserfreistellungsverordnung - NWFreiV). Vom 24. August 2001. Letzte berücksichtigte Änderung: §§ 1 bis 4 geändert durch Verordnung vom 28.04.2016 (GVBl. S. 248).

Internet:

http://gesetze.berlin.de/jportal/portal/t/ys6/page/bsbeprod.psm1?pid=Dokumentanzeige&showdoccase=1&js_peid=Trefferliste&documentnumber=1&numberofresults=1&fromdocdoc=yes&doc.id=jlr-NiedSchlWasVBEpELS&doc.part=X&doc.price=0.0#focuspoint

(Zugriff am: 28.11.2022)

[17] **SenStadt (Senatsverwaltung für Stadtentwicklung) (2010):**

Konzepte der Regenwasserbewirtschaftung. Gebäudebegrünung, Gebäudekühlung. Leitfaden für Planung, Bau, Betrieb und Wartung.

Internet:

http://www.gebaeudekuehlung.de/SenStadt_Regenwasser_dt.pdf

(Zugriff am: 28.11.2022)

[18] **SenStadtUm (Senatsverwaltung für Stadtentwicklung und Umwelt) (2016):**

Anpassung an die Folgen des Klimawandels in Berlin – AFOK.

Internet: <https://www.berlin.de/sen/uvk/klimaschutz/anpassung-an-den-klimawandel/programm-zur-anpassung-an-die-folgen-des-klimawandels/>

(Zugriff am: 28.11.2022)

[19] **SenStadtUm (Senatsverwaltung für Stadtentwicklung und Umwelt) (2016a):**

StEP Klima KONKRET – Klimaanpassung in der wachsenden Stadt

Internet:

<https://www.stadtentwicklung.berlin.de/planen/stadtentwicklungsplanung/de/klima/index.shtml>

(Zugriff am: 28.11.2022)

[20] **SenSW (Senatsverwaltung für Stadtentwicklung und Wohnen) (2017a):**

Ökologisches Bauen - Modellvorhaben, Projekte. KURAS „Konzepte für urbane Regenwasserbewirtschaftung und Abwassersysteme“.

Internet:

https://www.stadtentwicklung.berlin.de/bauen/oekologisches_bauen/de/modellvorhaben/kuras/index.shtml

(Zugriff am: 28.11.2022)

[21] **SenSW (Senatsverwaltung für Stadtentwicklung und Wohnen) (2017b):**

Nachhaltiges Bauen. Ökologisches Bauen / Ökologische Gebäudekonzepte.

Internet:

https://www.stadtentwicklung.berlin.de/bauen/oekologisches_bauen/index.shtml

(Zugriff am: 28.11.2022)

- [22] **SenSW (Senatsverwaltung für Stadtentwicklung und Wohnen) (2017c):**
Ökologisches Bauen - Ökologische Gesamtkonzepte / Ökologische Bausteine. Baustein Grün.
Internet:
https://www.stadtentwicklung.berlin.de/bauen/oekologisches_bauen/de/bausteine/gruen.shtml
(Zugriff am: 28.11.2022)
- [23] **SenSW (Senatsverwaltung für Stadtentwicklung) (2019):**
Ökologische Kriterien für Bauwettbewerbe.
Internet:
https://www.stadtentwicklung.berlin.de/bauen/oekologisches_bauen/download/bausteine/oekologische_kriterien_0907201966.pdf
(Zugriff am 09.12.2022)
- [24] **SenUVK (Senatsverwaltung für Umwelt, Verkehr und Klimaschutz) (2019):**
Förderrichtlinie zum Programm „1.000 grüne Dächer“.
Internet:
<https://www.ibb-business-team.de/fileadmin/ibb-business-team/gruendachplus/downloads/gruendachplus-richtlinie-des-landes-berlin.pdf>
(Zugriff am: 25.10.2022)
- [25] **SenUVK (Senatsverwaltung für Umwelt, Verkehr und Klimaschutz) (2021):**
Der Biotopflächenfaktor – Ihr ökologisches Planungsinstrument.
Internet:
https://www.berlin.de/sen/uvk/_assets/natur-gruen/landschaftsplanung/bff-biotopflaechenfaktor/broschuere_bff_als_oekologisches_planungsinstrument.pdf
(Zugriff am: 25.10.2022)

Karten

- [26] **SenSBW (Senatsverwaltung für Stadtentwicklung, Bauen und Wohnen Berlin) (Hrsg.) 2022:**
ALKIS Berlin (Amtliches Liegenschaftskatasterinformationssystem), Stand 05.2022.
Internet:
https://fbinter.stadt-berlin.de/fb/index.jsp?loginkey=showMap&mapId=wmsk_alkis@senstadt
- [27] **SenSW (Senatsverwaltung für Stadtentwicklung und Wohnen Berlin) (Hrsg.) 2020a:**
Digitale farbige TrueOrthophotos 2020 (TrueDOP2020RGB) - Sommerbefliegung.
Internet:
https://fbinter.stadt-berlin.de/fb/index.jsp?loginkey=showMap&mapId=k_luftbild2020_true_rgb@senstadt
- [28] **SenSW (Senatsverwaltung für Stadtentwicklung und Wohnen Berlin) (Hrsg.) 2020b:**
Geoportal Berlin / DOM - Digitales Oberflächenmodell 2020.
Internet:
https://fbinter.stadt-berlin.de/fb/index.jsp?loginkey=showMap&mapId=k_dom1@senstadt
- [29] **SenSW (Senatsverwaltung für Stadtentwicklung und Wohnen Berlin) (Hrsg.) 2020b:**
Geoportal Berlin / Informationssystem Stadt und Umwelt (ISU5) – Raumbezug.
Internet:
https://fbinter.stadt-berlin.de/fb/index.jsp?loginkey=showMap&mapId=k_isu5_2020@senstadt
- [30] **SenSW (Senatsverwaltung für Stadtentwicklung und Wohnen) (Hrsg.) 2020c:**
Umweltatlas Berlin, Karte 06.10.02 Vegetationshöhen, Stand 2020, Berlin.
Internet:
<https://www.berlin.de/umweltatlas/biotope/vegetationshoehen/2020/zusammenfassung/>
- [31] **SenSW (Senatsverwaltung für Stadtentwicklung und Wohnen Berlin) (Hrsg.) 2020d:**
Umweltatlas Berlin, Karten 06.07 Stadtstruktur / 06.08 Stadtstruktur - Flächentypen differenziert, 1 : 50.000, Berlin.
Internet:
<https://www.berlin.de/umweltatlas/nutzung/stadtstruktur/2020/zusammenfassung/>

- [32] **SenSW (Senatsverwaltung für Stadtentwicklung und Wohnen Berlin) (Hrsg.) 2021a:**
Geoportal Berlin / DGM - Digitales Geländemodell 2021.
Internet:
https://fbinter.stadt-berlin.de/fb/index.jsp?loginkey=showMap&mapId=k_dgm1@senstadt
- [33] **SenSW (Senatsverwaltung für Stadtentwicklung und Wohnen Berlin) (Hrsg.) 2021b:**
Digitale farbige TrueOrthophotos 2021 (TrueDOP2020RGB) – Bildflug vom 22.02.2021.
Internet:
https://fbinter.stadt-berlin.de/fb/index.jsp?loginkey=showMap&mapId=k_luftbild2021_rgb@senstadt