

# GREEN-AREA – Intelligentes Gründachkataster auf der Basis von GIS-Daten

Martina Klärle, Ute Langendörfer, Sandra Lanig und Friederike Popp

## Zusammenfassung

Grüne Dächer binden Feinstaub, produzieren Frischluft und sind schön. Aber eignet sich das eigene Haus für eine Dachbegrünung? Und was bringt sie für das städtische Klima? Das erste intelligente Gründachkataster Deutschlands gibt Aufschluss darüber. Es basiert auf hochauflösenden Geobasisdaten und betrachtet nicht nur die allgemeine Eignung eines Daches für die Bepflanzung, sondern macht auch Angaben zu Feinstaubbindung, CO<sub>2</sub>-Bindung und Frischluftproduktion. Es gibt zudem Pflanzempfehlungen für den jeweiligen Standort in Abhängigkeit von Besonnung und Substrathöhe.

## Summary

*Green roofs bind particulate matter, produce fresh air and look nice. However, is the own house suitable for roof greening? And what effect does it have on urban climate? The first intelligent green roof register provides information about these issues. On the basis of high resolution GIS data it gives an evaluation of the roof's general suitability for plantation and quantifies dust suppression, CO<sub>2</sub> absorption and production of fresh air. In addition, the roof register supplies recommendations for suitable plants depending on the characteristics of the particular site, solar radiation and soil depth.*

**Schlüsselwörter:** Dachbegrünung, GIS, Klimawandel, Urban Gardening, Hochwasserschutz

## 1 Einleitung

Die Vorteile einer Dachbegrünung sind vielfältig. So verringert sich bei einem bepflanzten Dach die Abwassermenge bei Regen, da bis zu 80 % des Niederschlags dort zurückgehalten werden. Dadurch werden Abwassergebühren eingespart und Kanalsysteme bei Starkniederschlägen weniger stark belastet. Der Pflanzenbewuchs im Stadtgebiet reduziert außerdem den Gehalt von CO<sub>2</sub> und Feinstaub in der Luft – ein wichtiges Element von Anpassungsstrategien der Ballungsräume an den Klimawandel. Zu den weiteren Vorteilen eines Gründaches zählt die Steigerung der biologischen Vielfalt in der Stadt. Bepflanzte Dächer können von Vögeln und Insekten als Aufenthaltsort genutzt werden, die in eng bebauten Stadtgebieten sonst nur wenige Rückzugsgebiete vorfinden. Ein Dachgarten ist auch ein idealer Ort für »Urban Gardening« und kann den Bewohnern des Hauses als Ort der Erholung dienen.

Das Gründachkataster GREEN-AREA bestimmt über flächendeckend vorhandene, hochauflösende Geobasis-



Foto: Stadt Marburg, Tina Eppler

**Abb. 1:** Präsentation des Gründachkatasters Marburg am 17. November 2016 (von links): Björn Ament (Klärle GmbH), Prof. Dr. Martina Klärle (Frankfurt University of Applied Sciences), Bürgermeister Dr. Franz Kahle (Stadt Marburg), Klimaschutzbeauftragter Achim Siehl (Stadt Marburg)

daten die individuellen Standortfaktoren aller Gebäude – z. B. Dachneigung, Ausrichtung und Besonnung – und ermittelt daraus die Eignung für eine Dachbegrünung. Liegt schon ein Solardachkataster vor, kann darauf aufgebaut und die vorhandene Solardach-Website um das Gründachkataster ergänzt werden. So geschehen auch im Falle des Gründachkatasters für die Stadt Marburg, welches Ende 2016 von Prof. Dr. Martina Klärle, Professorin für Landmanagement an der Frankfurt University of Applied Sciences, zusammen mit Dr. Franz Kahle, Bürgermeister der Stadt Marburg, im Marburger Rathaus vorgestellt wurde (Abb. 1).

## 2 Vorteile einer Dachbegrünung

### 2.1 Klima-, Natur- und Hochwasserschutz

Gründächer oder Dachbegrünungen (Abb. 2) dienen in vielfacher Weise der Verbesserung des Kleinklimas in Städten und Ballungsräumen. Jede begrünte Fläche vermindert den Versiegelungsgrad und wirkt der Bildung von Wärmeinseln entgegen. Durch Feuchtigkeitsaufnahme und Verdunstung heizen sich die begrünten Gebäudeoberflächen im Sommer weniger stark auf, was zu einer lokalen Reduktion der Temperatur führt. Pflanzen binden CO<sub>2</sub> (Herfort et al. 2012), Feinstaub und Luftschadstoffe (Gorbachevskaya und Herfort 2012). Die Luftqualität kann dadurch insbesondere in stark belasteten Innenstädten erheblich verbessert werden (Sempel et al. 2013).

Gründächer sind (Ersatz-)Lebensräume für Pflanzen und Tiere, vor allem für verschiedene Insektenarten und Vögel. Langzeituntersuchungen in Berlin und Branden-



Quelle: fotolia – Heiner Wittthake

Abb. 2: Dachbegrünung

burg haben gezeigt, dass sich auf den Gründächern ca. 7 % des regionalen Artenspektrums an Gefäßpflanzen ansiedeln konnten. Weiterhin wurden mehr als 50 verschiedene Wildbienenarten und Honigbienen nachgewiesen. In Basel wurden ebenfalls eine Vielzahl an Insekten- und Spinnenarten auf einem Gründach nachgewiesen, darunter auch viele gefährdete Arten (Brenneisen 2006, Köhler 2006). Die biologische Artenvielfalt von Fauna und Flora kann durch das Einbringen unterschiedlicher Strukturen erhöht werden, z. B. Variation in der Substrathöhe durch partielle Anhäufung sowie Einbringung von Totholz, Steinhaufen oder kleinen Kiesbereichen.

Gründächer leisten außerdem einen Beitrag zum Hochwasserschutz. Abhängig vom Gefälle, von der Wasserspeicherfähigkeit und der Stärke des Substrats werden 40 bis 80 % des Jahresniederschlags zurückgehalten. Auch die Abflussspitzen bei Unwettern und Starkregen fallen geringer aus (Rüngeler 1998).

## 2.2 Vorteile für Hauseigentümer

Ein Gründach bedeutet eine optische Aufwertung und Verbesserung des Arbeits- und Wohnumfeldes für die Menschen, besonders bei begehbaren bzw. einsehbaren Dachbegrünungen. Das Dach kann von den Hausbewohnern als Gartenersatz oder -ergänzung genutzt werden (Stichwort »Urban Gardening«), als »grüner Wohnraum« und Erholungsraum (hierzu weiterführend Kolb und Schwarz 1993).

Seit der Einführung der gesplitteten Abwassergebühr (vgl. z. B. Abwassersatzung der Universitätsstadt Marburg vom 16.10.2015) trägt eine Dachbegrünung auch zur Reduzierung der Abwassergebühren bei. Gründächer fallen in Marburg unter die Rubrik »Teilversiegelte befestigte Flächen«, wofür unabhängig von der Art der Bepflanzung ein einheitlicher Versiegelungsfaktor von 0,5 angesetzt wird. Durch ein Gründach werden demnach in Abhängigkeit von der Dachgröße 50 % der Abwassergebühren für Niederschlagswasser gespart.

Dachbegrünungen wirken dämmend. Untersuchungen haben gezeigt, dass Gründächer den Wärme- und Kälteschutz verbessern.

Nicht zuletzt stellt die Bepflanzung einen Schutz vor UV-Strahlung und starken Temperaturschwankungen dar und bewirkt somit eine längere Lebensdauer der Dachabdichtung. Nach Erkenntnissen des Deutschen Dachgärtner e. V. liegt bei fachgerechter Ausführung die Lebensdauer von bekiesten Flachdächern durchschnittlich bei 15 bis 25 Jahren, die Lebensdauer eines Gründachs bei etwa 40 Jahren.

## 2.3 Kombination mit einer Photovoltaikanlage

Dachbegrünungen lassen sich sehr gut mit einer Photovoltaikanlage kombinieren, da sie den Wirkungsgrad von Photovoltaikanlagen im Sommer erhöhen. Der Wirkungsgrad von Photovoltaik-Modulen ist abhängig von der Temperatur. Es gilt die Faustregel: Je wärmer das Modul, desto geringer der Wirkungsgrad und damit der Ertrag. Die Module können sich auf Dächern mit Kiesabdeckungen oder dunklen Abdichtungsbahnen sehr stark aufheizen. Dachbegrünungen hingegen führen zu einer niedrigeren Umgebungstemperatur auf dem Dach und erhöhen somit den Stromertrag der Photovoltaik-Module.

## 2.4 Vorteile für Kommunen

Kommunen und Landkreise profitieren von den positiven Effekten der Dachbegrünung wie CO<sub>2</sub>- und Feinstaubbindung und werden so auf ihrem Weg zur Erreichung der lokalen Klimaschutzziele unterstützt. Vor allem für Großstädte in Kessellage wie z. B. Stuttgart sind Frischluftproduktion und Vermeidung von Überhitzung von herausragender Bedeutung. Durch die Verbesserung des Kleinklimas und lokale Temperaturreduktion in den Sommermonaten erhöht sich die Aufenthaltsqualität für Bürger und Besucher.

Das zurückgehaltene Regenwasser und die verringerten Abflussspitzen mildern die Folgen von Unwettern und Starkregen. Die Abwasserkanäle werden weniger stark belastet.

Darüber hinaus kann GREEN-AREA auch im Rahmen von kommunalen Klimaschutzkonzepten genutzt werden, beispielsweise zur Abschätzung oder Quantifizierung potenzieller kleinklimatischer Veränderungen.

## 3 Aufbau einer Dachbegrünung

Ein Gründach (s. Bsp. in Abb. 3) kann sowohl eine Stärke von wenigen cm als auch von mehr als einem Meter aufweisen (FLL 2008). Entscheidend dafür sind die statische Belastbarkeit und das Gefälle des Daches. Bei einer nachträglichen Begrünung ist nur selten ein Aufbau von mehr als 30 cm möglich, deshalb ist im Gründachkataster die Auswahl des Aufbaus auf 10 cm, 20 cm und 30 cm

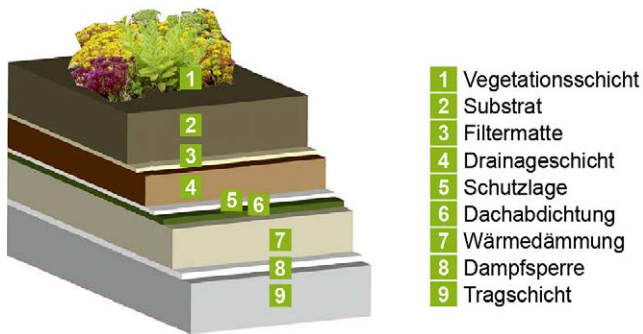


Abb. 3: Beispielhafter Aufbau eines Gründaches (Warmdach)

beschränkt. Die Stärke des Substrats entscheidet über den Wasserrückhalt und die Pflanzenverwendung, was wiederum die Feinstaub- und CO<sub>2</sub>-Bindung beeinflusst.

### 3.1 Statische Anforderungen

Die Eignung für die Dachbegrünung hängt von der Statik des Gebäudes und der Neigung des Daches ab. Zudem wird eine intakte Dachabdichtung vorausgesetzt.

Die statischen Anforderungen an Dach und Gebäude sollten vor der Planung von einem Fachmann überprüft werden. Dachbegrünungen wiegen je nach Aufbau 80 bis 300 kg/m<sup>2</sup> (wassergesättigter Zustand mit Vegetation). Dazu kommen noch die Schneelast und die Verkehrslast bei begehbaren Dächern. Zur Orientierung: Auf einer Garage mit einer Kiesschicht von etwa 5 bis 6 cm – das entspricht etwa einem Gewicht von 120 kg/m<sup>2</sup> – ist also eine ausreichende Lastreserve für eine Extensivbegrünung vorhanden.

Das Gefälle spielt eine entscheidende Rolle bei der Eignung als Gründach. Je steiler das Dach ist, umso größer ist der Aufwand an Sicherungsmaßnahmen gegen das Abrutschen der Konstruktion, des Substrats und der Pflanzen. Prinzipiell sind alle Flachdächer (bis 5° Dachneigung) sehr gut und alle Dachflächen mit einer Neigung von 5° bis 10° gut bzw. von 10° bis 15° noch geeignet, wenn die Statik passend ist. Ab einer Dachneigung von 15° müssen Schubsicherungen eingebaut werden. Mit Schubsicherung sind in der Regel Dachbegrünungen bis zu einer Neigung von 35° möglich. Ist das Dach stärker als 35° geneigt, wird von einer Dachbegrünung abgeraten.

### 3.2 Bepflanzung

Begrünte Dächer sind Extremstandorte mit einer hohen Strahlungsintensität, starker Windhöffigkeit, Sommer-trockenheit und Winterfeuchte. Die Pflanzen, die an diese Standortfaktoren angepasst sind, finden sich v.a. in Trockenrasen, Steppen und im Gebirge (vgl. Oberdorfer 2001).

Extensive Begrünungen verfügen über nur wenige cm Pflanzsubstrat, auf denen hauptsächlich trockenheits-

Tab. 1: Pflanzlisten für Dachbegrünungen unterschiedlicher Standorte

■ Pflanzliste 1:	Sonniger und trockener Standort, für Dachaufbau bis 10 cm
■ Pflanzliste 2:	Halbschattiger Standort, für Dachaufbau bis 10 cm
■ Pflanzliste 3:	Sonniger Standort, für Dachaufbau bis 20 cm
■ Pflanzliste 4:	Halbschattiger Standort, für Dachaufbau bis 20 cm
■ Pflanzliste 5:	Sonniger Standort, für Dachaufbau bis 30 cm
■ Pflanzliste 6:	Halbschattiger Standort, für Dachaufbau bis 30 cm

resistente Sedum-Arten gepflanzt werden. Auch eine Einsaat mit gebietsheimischem Saatgut oder der Einbau von vorkultivierten Vegetations- und Moosmatten ist auf wenig geneigten Dächern möglich. Meistens handelt es sich um große Dächer auf Industrie- oder öffentlichen Gebäuden.

Intensive Begrünungen erlauben mit einer höheren Substratstärke eine größere Pflanzenvielfalt. Die Blütezeit lässt sich bis in den Oktober verlängern. Bei Substratstärken ab 60 cm können auch Sträucher und Bäume gepflanzt werden (vgl. Götz und Häussermann 2006). Außerdem sind auf diesen Dachgärten Kombinationen mit Terrassenflächen und Sitzbereichen möglich.

Ist eine individuelle Bepflanzung gewünscht, wird dem Nutzer des Gründachkatasters in Abhängigkeit von Besonnung und Dachaufbau eine Pflanzliste vorgeschlagen (s. Tab. 1), mit Informationen zu Wuchshöhe, Blütenfarbe und -zeit. Dazu gibt es zahlreiche Hinweise zu Auswahl, Pflanzung und Pflege der Pflanzen.

### 3.3 Kosten

Die Kosten für eine extensive Dachbegrünung mit einem Dachaufbau bis zu 10 cm liegen auf großen Flächen bei 30 bis 40 €/m<sup>2</sup>. Je kleiner die Flächen sind, umso höher sind Aufwand und Preis. Bei Intensivbegrünungen hängen die Kosten sehr stark von den individuellen Gestaltungswünschen ab.

Dachbegrünungen bei Neubauten und Sanierungen werden in einigen Kommunen durch direkte finanzielle Zuschüsse gefördert; auch bei der Kreditanstalt für Wiederaufbau (KfW) gibt es zinsgünstige Kredite. Das KfW-Programm »Energieeffizient Sanieren« (Programmnummern 151, 152, 430, 274) unterstützt beispielsweise Maßnahmen zur Senkung des Energieverbrauchs, zur Solarstromerzeugung und zur Verbesserung der Umweltsituation.

#### 4 Technische Realisierung des Gründachkatasters

Als Datengrundlage für das Gründachkataster dienen hochauflösende Laserscannerdaten (LiDAR-Daten), Geobasis- und Katasterdaten (ATKIS-Daten), Luftbilder sowie Daten des Deutschen Wetterdienstes, z. B. zu Niederschlagsmenge, Frost- und Hitzetagen. Mittels der LiDAR-Daten kann ein sehr genaues 3D-Oberflächenmodell aufgebaut werden. Dadurch sind kleinräumige Analysen für die Darstellung feingranularer Dachformen samt Dachaufbauten (z.B. Dachgauben, Schornsteine) über große Untersuchungsgebiete hinweg möglich.

Entscheidender Standortfaktor für das Gründach ist die Neigung der Dachoberfläche. Für die Art der Bepflanzung sind zudem noch die Verschattung bzw. die Solareinstrahlung von Bedeutung. Mittels eines 3D-Oberflächenmodells können GIS-gestützt individuelle Standortfaktoren aller Dachflächen (Dachneigung, Ausrichtung, Besonnung bzw. Beschattung) ermittelt werden. Auf dieser Grundlage erfolgt die Bewertung der Eignung für eine Dachbegrünung.

##### 4.1 Visualisierung der Daten

Der online Kartendienst stellt die Eignung jeder einzelnen Dachfläche für eine potenzielle Begrünung dar. Eine farbliche Kennzeichnung gibt Auskunft über die Eignung. Die Klassifizierung erfolgt in fünf Stufen: Sehr gut geeignete Dächer sind in einem satten Grün eingefärbt. Mit abneh-

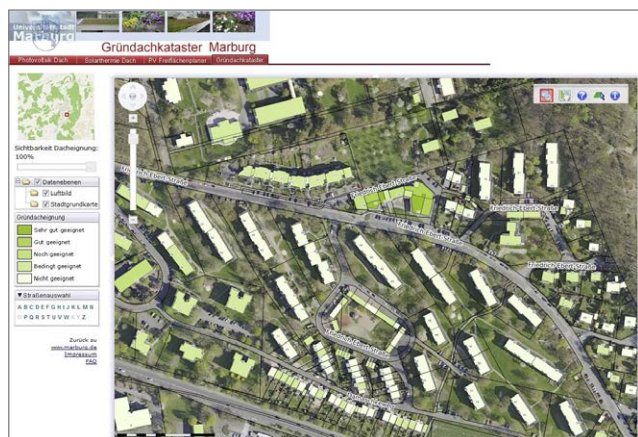


Abb. 4: Ausschnitt aus dem Gründachkataster Marburg



Abb. 5: Gebäudescharfe und detailflächenscharfe Darstellung der Eignung

mender Eignung wird die Intensität der Farbe schwächer, bis hin zu einem Weiß-Grün für nicht geeignete Flächen (s. Bsp. in Abb. 4). Die Darstellung der Eignung erfolgt gebäudescharf für die komplette Dachfläche, in größerem Maßstab auch detailflächenscharf für jede einzelne Dachstruktur (Abb. 5).

##### 4.2 WebGIS

Das WebGIS basiert auf der Mapbender-Technologie. Neben einer Übersichtskarte gibt es das Kartenfenster mit Navigations- und Werkzeugelementen. Um die Eignung eines Gründaches anzuzeigen, wird zunächst das Werkzeug »Gründach einzeichnen« aktiviert. Per Mausklick auf die Dachfläche wird bei der gebäudescharfen Darstellung die gesamte Dachfläche berücksichtigt (cyan-farbiger Umring). Alternativ kann bei der detailscharfen Darstel-

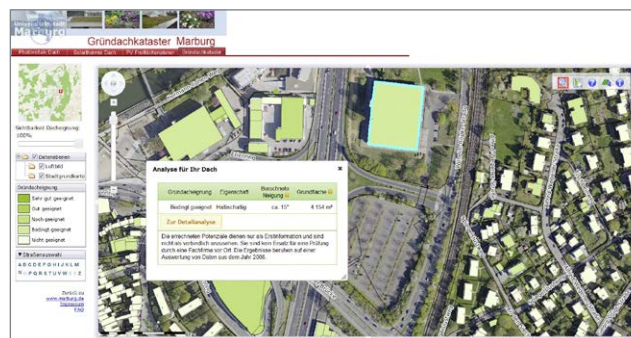


Abb. 6: Informationsfenster für ein ausgewähltes Gebäude

lung durch Einzeichnen der Eckpunkte die potenzielle Eignung des Daches für eine Grünbepflanzung detailflächenscharf und individuell für jede Dachteilfläche ermittelt werden. Ist das Gründach eingezeichnet, öffnet sich ein Informationsfenster, in dem der Gründachrechner gestartet werden kann (Abb. 6).

Der Gründachrechner fasst zunächst alle Analysedaten zusammen. Hierzu zählen die Gründacheignung, die Einstrahlung (halbschattige oder sonnige Standorte), die mögliche Neigung der Fläche sowie die Grundfläche in m<sup>2</sup>.

Im nächsten Schritt erfolgt der Aufruf der Detailanalyse (Abb. 7). Hier werden alle GIS-basierten Grundlagendaten und lokalen Klimadaten zusammengefasst und die Standortfaktoren bewertet. Ermittelt wird die Eignungsklasse, die durch eine Dachbegrünung eingesparte Abwassermenge in m<sup>3</sup> pro Jahr sowie die eingesparte Abwassergebühr. Zudem werden die CO<sub>2</sub>-Absorption sowie der gehaltene Feinstaub in kg pro Jahr angegeben. Die Höhe der CO<sub>2</sub>-Absorption ist abhängig von der Art der Bepflanzung und bleibt für die Lebensdauer der Pflanzen auf einem konstanten Niveau. Die jährliche Feinstaubaufnahme ist abhängig vom lokalen Feinstaubaufkommen sowie den Pflanzenarten auf dem Gründach. Im Ergebnis erfolgt die Anzeige einer Mehrjahresübersicht (bis 40 Jahre) zur eingesparten Abwassermenge und -gebühr sowie zu CO<sub>2</sub>-Absorption und gehaltenem Feinstaub (Abb. 8).

Abb. 7: GREEN-AREA – Online-Analyse und Pflanzempfehlung

Jahre	Eingesparte Abwassergebühr	Eingesparte Abwassermenge	CO <sub>2</sub> -Absorption	Gehaltener Feinstaub
5	5.676 €	7.425 m³	3.441 kg	120,4 kg
10	11.868 €	14.850 m³	3.441 kg	240,9 kg
15	18.576 €	22.275 m³	3.441 kg	361,3 kg
20	25.800 €	29.700 m³	3.441 kg	481,7 kg
25	33.540 €	37.125 m³	3.441 kg	602,1 kg
30	41.796 €	44.550 m³	3.441 kg	722,6 kg
35	50.568 €	51.975 m³	3.441 kg	843,0 kg
40	59.856 €	59.400 m³	3.441 kg	963,4 kg

Abb. 8: GREEN-AREA – Gründachrechner

## 5 Fazit

Das Gründachkataster ist ein ideales Werkzeug für Städte und Ballungsräume mit Anpassungsdruck an den Klimawandel. Es bietet Lösungsansätze insbesondere für die Kaltluftproduktion und die Feinstaubminderung. Es zeigt auf, wo Dächer großflächig begrünt werden können, um das Kleinklima lokal zu verbessern.

Auch Hauseigentümern gibt das Gründachkataster wertvolle Hinweise, ob ihr Dach sich für eine Begrünung eignet, welche Teilflächen sich gegebenenfalls eignen und wie hoch die Reduktion der (gebührenpflichtigen) Abwassermenge sein wird.

Grundsätzlich sind alle Geobasis- und Geofachdaten zur Erstellung eines Gründachkatasters flächendeckend vorhanden. Besondere Vorteile ergeben sich, wenn bereits ein Solardachkataster vorliegt. Durch die Mehrfachnutzung der gleichen Datengrundlagen – Laserscanner-Daten, Luftbilder, amtliche Geobasisdaten, Liegenschaftskarte – werden Synergien geschaffen und das Kosten-Nutzen-Verhältnis optimiert. So können Umweltinformationen in Zeiten der Digitalisierung intelligent vernetzt und Bürgern und Kommunen als Online-Dienstleistung zugänglich gemacht werden. Weitere Informationen zum Gründachkataster stehen unter [www.marburg.de/gruendachkataster](http://www.marburg.de/gruendachkataster) zur Verfügung.

## Literatur

Abwassersatzung der Universitätsstadt Marburg vom 16.10.2015. [www.marburg.de/satzungen/details-900000241-23001.html?titel=Abwassersatzung+der+Universit%C3%A4tsstadt+Marburg](http://www.marburg.de/satzungen/details-900000241-23001.html?titel=Abwassersatzung+der+Universit%C3%A4tsstadt+Marburg), letzter Zugriff 4/2017.

Brenneisen, S. (2006): Space for Urban Wildlife. Designing Green Roofs as Habitat in Switzerland. Urban Habitats 4 (1), S. 27–36.

FLL – Forschungsgesellschaft Landschaftsentwicklung Landschaftsbau e. V. (2008): Richtlinie für die Planung, Ausführung und Pflege von Dachbegrünungen – Dachbegrünungsrichtlinie. 7. Ausgabe, Eigenverlag, Bonn.

Gorbachevskaya, O., Herfort, S. (2012): Feinstaubbindungsvermögen der für Bauwerksbegrünung typischen Pflanzen. Institut für Agrar- und Stadtökologische Projekte an der Humboldt-Universität zu Berlin. [www.gebaeudegruen.info/fileadmin/website/downloads/fbb-untersuchungen/F001\\_feinstaubbindung.pdf](http://www.gebaeudegruen.info/fileadmin/website/downloads/fbb-untersuchungen/F001_feinstaubbindung.pdf), letzter Zugriff 4/2017.

Götz, H., Häussermann, M. (2006): BdS-Handbuch III – Stauden. 2. Auflage, Bund deutscher Staudengärtner (BdS), Bonn.

Herfort, S., Tschuikowa, S., Ibañez, A. (2012): CO<sub>2</sub>-Bindungsvermögen der für die Bauwerksbegrünung typischen Pflanzen. Institut für Agrar- und Stadtökologische Projekte an der Humboldt-Universität zu Berlin. [www.iasp.asp-berlin.de/bilder/co2-2012.pdf](http://www.iasp.asp-berlin.de/bilder/co2-2012.pdf), letzter Zugriff 4/2017.

Köhler, M. (2006): Long-Term Vegetation Research on Two Extensive Green Roofs in Berlin. Urban Habitats 4 (1), S. 3–26.

Kolb, W., Schwarz, T. (1993): Grün auf kleinen Dächern – Dachbegrünung für jedermann. 2. Auflage, BLV Buchverlag, München.

Oberdorfer, E. (2001): Pflanzensoziologische Exkursionsflora für Deutschland und angrenzende Gebiete. 8. Auflage, Verlag Eugen Ulmer, Stuttgart.

Rüngeler, S. (1998): Die Funktion von Dachbegrünungen in urbanen Wasserkreisläufen. Diplomarbeit, TU Berlin, Fachbereich Bauingenieurwesen und angewandte Geowissenschaften. <http://images.energieportal24.de/dateien/downloads/dachbegruenung-silke-ruegeler.pdf>, letzter Zugriff 4/2017.

Sempel, F., Gorbachevskaya, O., Mewis, I., Ulrich, C. (2013): Modellversuch zur Feinstaubbindung: extensive Dachbegrünung vs. Schotterdach. Springer-Verlag, Berlin und Heidelberg. <http://link.springer.com/article/10.1007%2Fs10343-013-0305-6>, letzter Zugriff 4/2017.

## Anschrift der Autorinnen

Prof. Dr. Martina Klärle | Dipl.-Ing. Ute Langendorfer  
 Frankfurt University of Applied Sciences,  
 Fachbereich 1: Architektur – Bauingenieurwesen – Geomatik  
 Nibelungenplatz 1, 60318 Frankfurt am Main  
[martina.klaerle@fb1.fra-uas.de](mailto:martina.klaerle@fb1.fra-uas.de) | [ute.langendoerfer@fb1.fra-uas.de](mailto:ute.langendoerfer@fb1.fra-uas.de)

Dipl.-Geoinf. Sandra Lanig | Dipl.-Ing. Friederike Popp  
 Klärle Gesellschaft für Landmanagement und Umwelt mbH  
 Bachgasse 8, 97990 Weikersheim  
[lanig@klaerle.de](mailto:lanig@klaerle.de) | [popp@klaerle.de](mailto:popp@klaerle.de)

Dieser Beitrag ist auch digital verfügbar unter [www.geodaesie.info](http://www.geodaesie.info).