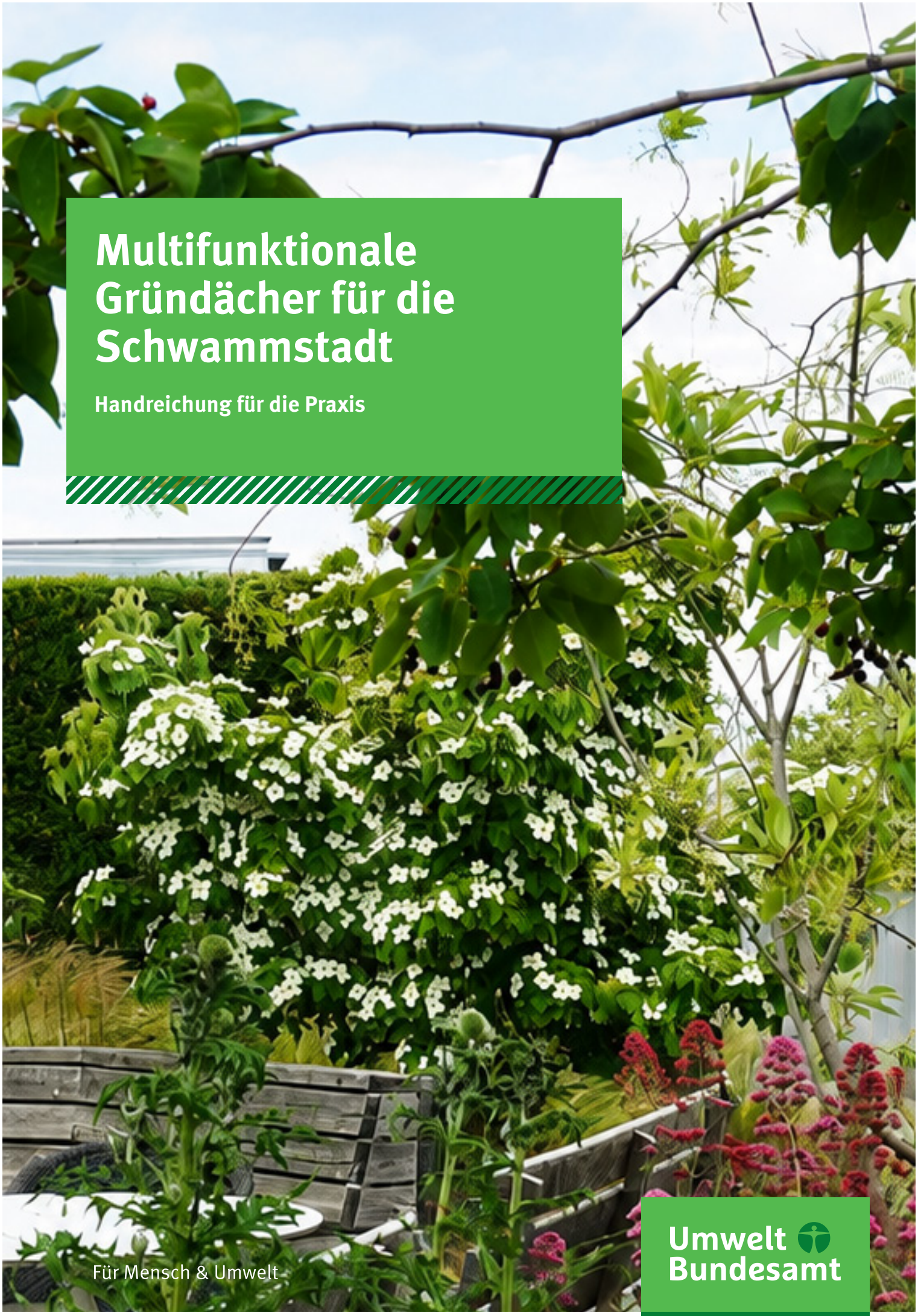


Multifunktionale Gründächer für die Schwammstadt

Handreichung für die Praxis

Für Mensch & Umwelt

Umwelt Bundesamt

Handreichung für die Praxis: Multifunktionale Gründächer für die Schwammstadt

Manfred Köhler, ehem. Hochschule Neubrandenburg,
Past President World Green Infrastructure Network

Alexandra Dehnhardt, Institut für ökologische Wirtschaftsforschung (IÖW), Berlin

Im Auftrag des Umweltbundesamtes

Impressum

Herausgeber
Umweltbundesamt
Wörlitzer Platz 1
06844 Dessau-Roßlau
Tel: +49 340-2103-0
Fax: +49 340-2103-2285
buergerservice@uba.de
Internet: www.umweltbundesamt.de

Redaktion:
Fachgebiet III 1.4 Stoffbezogene Produktfragen
Outi Ilvonen

Abschlussdatum:
September 2026

Titelbild:
Blühender Dachgarten. Foto von Manfred Köhler.

Publikationen als pdf:
http://www.umweltbundesamt.de/publikationen

Dessau-Roßlau, August 2026

Trotz sorgfältiger Prüfung sämtlicher Angaben dieser Fachbroschüre, können Fehler nicht mit letzter Sicherheit ausgeschlossen werden. Die Richtigkeit, Vollständigkeit und Aktualität des Inhalts sind daher ohne Gewähr. Eine Haftung des Herausgebers auch für die mit dem Inhalt verbundenen potenziellen Folgen ist ausgeschlossen.

Wir erlauben das Kopieren sowie die sonstige Nutzung aller in dieser Fachbroschüre enthaltenen Inhalte, sofern sie nicht verfälscht oder auf sonstige missbräuchliche Art und Weise genutzt werden.

Inhaltsverzeichnis

1 Einleitung und Aufbau der Handreichung 6
2 Bauwerksbegrünung als Baustein einer nachhaltigen und klimaangepassten Stadtentwicklung .. 8
2.1 Die Bedeutung grüner Infrastruktur 8
2.2 Die Wirksamkeit von Bauwerksbegrünungen 8
2.3 Internationale Erfahrungen 9
2.4 Europäische Politik und Rechtsrahmen 10
3 Kommunale Strategien und Instrumente zur Förderung multifunktionaler Gründächer 11
3.1 Auswahl geeigneter Gründachtypen 11
3.2 Kommunale Planungsinstrumente 13
3.3 Wirtschaftlichkeit und Fördermöglichkeiten 14
3.4 Nachhaltigkeit und Lebenszyklusbetrachtung 17
3.5 Überblick über die Leistungen verschiedener Gründachtypen 18
4 Beiträge von Gründächern zur Schwammstadt 21
4.1 Stadtklima, Verdunstung und Energieeinsparung 21
4.2 Regenwasserrückhalt und Schwammstadt 23
4.3 Wasserreinigung und Pflanzenklärsysteme 26
4.4 CO_2-Bindung und Beitrag zum Klimaschutz 26
4.5 Biodiversität und Biotopverbund 27
4.6 Energiegewinnung durch Biosolardächer 27
4.7 Aufenthaltsqualität, Gesundheit und Umweltbildung 28
4.8 Gründächer und Brandschutz 29
4.9 Lärmminderung durch Gebäudebegrünung 30
4.10 Langlebigkeit und Ressourceneffizienz 31
4.11 Moosbegrünungen zur Luftreinhaltung und Feinstaubbindung 32
4.12 Dachlandwirtschaft und lokale Lebensmittelproduktion 33
4.13 Kombinationseffekte multifunktionaler Dächer 33
5 Wirtschaftlichkeit und Lebenszykluskosten 35
6 Kernbotschaften für die kommunale Praxis 37
7 Quellenverzeichnis 39

1 Einleitung und Aufbau der Handreichung

Gründächer sind ein wesentlicher Baustein der Schwammstadt. Sie tragen dazu bei, Niederschlagswasser dort zurückzuhalten, zwischenzuspeichern, zu verdunsten und teilweise nutzbar zu machen, wo es anfällt. Gleichzeitig verbessern sie das Stadtklima, fördern die Biodiversität und schaffen zusätzliche Aufenthalts- und Freiräume in dicht bebauten Stadtgebieten.

Wie können Kommunen Gründächer so planen, fördern und umsetzen, dass sie möglichst viele Funktionen für Klima, Wasserhaushalt, Natur und Menschen erfüllen? Diese Handreichung gibt darauf Antworten. Sie unterstützt Kommunen, Planende, Auftraggebende und Bauwillige, das Potenzial begrünter Dächer besser zu nutzen und die Qualität zukünftiger Dachbegrünungen zu erhöhen. Langfristig soll der Anteil begrünter Dachflächen deutlich gesteigert werden. Technisch ist dies auf vielen Flach- und leicht geneigten Dächern heute bereits möglich.

Deutschland gilt international als Vorreiter der Dachbegrünung. Dennoch ist nur ein vergleichsweiser kleiner Teil der Dächer tatsächlich begrünt, obwohl das Potenzial viel höher ist. Mit Instrumenten wie Bauleitplanung, kommunalen Förderprogrammen, Satzungen und Vorbildprojekten können Kommunen die Verbreitung von Gründächern voranbringen.

Für eine erfolgreiche Umsetzung der Schwammstadt reicht es jedoch nicht aus, allein die Fläche begrünter Dächer zu vergrößern. Förderprogramme und planerische Vorgaben sollten verstärkt auch die Qualität und Multifunktionalität von Dachbegrünungen in den Blick nehmen. So können Retentionsdächer, Biodiversitätsdächer, Biosolardächer oder multifunktionale Kombidächer einen deutlich höheren Beitrag zum Regenwasserrückhalt, zur Verdunstungskühlung, zur Artenvielfalt und zur sozialen Nutzung leisten, als extensive Dachbegrünungen, die vorrangig umgesetzt werden.

Die Handreichung zeigt auf, wie Kommunen und andere Auftraggebende die unterschiedlichen Funktionen von Gründächern bereits in der Planung definieren und gezielt in Ausschreibungen verankern können. Damit wird die Umsetzung hochwertiger, multifunktionaler Gründächer als Bestandteil einer klimaangepassten und wassersensiblen Stadtentwicklung erleichtert.

Die Empfehlungen und Erfahrungen richten sich insbesondere an Kommunen, Klimaschutz- und Klimaanpassungsbeauftragte, Planende, Projektentwickler*innen, Bauwillige sowie weitere Entscheidungsträger*innen, die Gründächer als multifunktionale Infrastruktur der Schwammstadt umsetzen möchten. Diese Handreichung versteht Gründächer nicht nur als Begrünungsmaßnahme, sondern als leistungsfähige Infrastruktur der Schwammstadt, die verschiedene Aufgaben gleichzeitig erfüllen kann: Dachbegrünung nicht als Selbstzweck, sondern als multifunktionales Instrument der Schwammstadt (siehe Abbildung 1).

Die Handreichung folgt dem typischen Planungsprozess: von den fachlichen Grundlagen über kommunale Steuerungsinstrumente bis zu den Funktionen, Praxisbeispielen und Handlungsempfehlungen für die Schwammstadt.

Abbildung 1: Gründach als multifunktionales Instrument der Schwammstadt



Quelle: Open AI (2026a)

2 Bauwerksbegrünung als Baustein einer nachhaltigen und klimaangepassten Stadtentwicklung

2.1 Die Bedeutung grüner Infrastruktur

Begrünte Dächer und Fassaden können einen wichtigen Beitrag zu einer nachhaltigen und klimaangepassten Stadtentwicklung leisten. Orientierung bieten dabei die 17 Ziele für nachhaltige Entwicklung (Sustainable Development Goals, SDGs) der Vereinten Nationen. Sie verbinden ökologische, soziale und wirtschaftliche Ziele und können auch auf kommunaler Ebene als Leitbild dienen. Bauwerksbegrünungen leisten einen Beitrag zur Erreichung mehrerer SDGs wie etwa die Ziele „Gesundheit und Wohlergehen“ (SDG 3), „nachhaltige Städte und Gemeinden“ (SDG 11), „Klimaschutz“ (SDG 13), „sauberes Wasser“ (SDG 6) sowie „Schutz terrestrischer Ökosysteme“ (SDG 15).

Mit der fortschreitenden Klimaerwärmung, häufigeren Starkregenereignissen und einer zunehmenden Verdichtung der Städte, wachsen die Anforderungen an klimaangepasste und ressourceneffiziente Stadtstrukturen. Gleichzeitig stehen in dicht bebauten Quartieren nur begrenzt Flächen für zusätzliche Grünanlagen oder Baumpflanzungen zur Verfügung. Während Stadtbäume aufgrund ihrer Verschattungs- und Verdunstungsleistung häufig die wirksamste Einzelmaßnahme darstellen, können Dach- und Fassadenbegrünungen bislang ungenutzte Gebäudeoberflächen erschließen und so das vorhandene Grünsystem sinnvoll ergänzen. Insbesondere im Gebäudebestand eröffnen sie erhebliche Potenziale zur Klimaanpassung, ohne zusätzliche Flächen in Anspruch zu nehmen.

Grüne Infrastruktur entwickelt sich zunehmend als zentrale Strategie zur Anpassung an den Klimawandel. Begrünte Dächer und Fassaden spielen als naturbasierte Lösungen hierbei eine wichtige Rolle: sie halten Regenwasser zurück, reduzieren die städtische Wärmebelastung, fördern die Biodiversität und verbessern gleichzeitig die Aufenthaltsqualität. Auf derselben Fläche verbinden sie damit ökologische, technische und soziale Funktionen. Damit unterstützen sie die Umsetzung der Schwammstadt und stärken die Klimaresilienz von Städten (Lin et al, 2025).

2.2 Die Wirksamkeit von Bauwerksbegrünungen

Die internationale Forschung belegt die positiven Wirkungen begrünter Gebäude umfassend (Olabi et al., 2025). Metaanalysen zeigen, dass Gründächer und Fassadenbegrünungen zu den wirksamsten Maßnahmen gegen urbane Wärmeinseln zählen (Priya und Senthil, 2025). Sie können die Umgebungstemperatur deutlich senken und gleichzeitig den Energiebedarf von Gebäuden reduzieren.

Gründächer tragen zudem zu einer nachhaltigen Regenwasserbewirtschaftung im Sinne der Schwammstadt bei. Sie speichern Niederschlagswasser, verzögern den Abfluss und erhöhen die Verdunstung. Darüber hinaus schaffen sie zusätzliche Lebensräume für Pflanzen und Tiere und fördern so die biologische Vielfalt im urbanen Raum.

In der Gesellschaft werden diese Leistungen zunehmend anerkannt und wertgeschätzt. Untersuchungen aus verschiedenen europäischen Städten zeigen, dass viele Menschen bereit sind, in grüne Infrastruktur zu investieren, wenn sich dadurch das Stadtklima, die Freiraum- und die Lebensqualität verbessert (Cristiano et al., 2025).

Heute steht deshalb nicht mehr die Frage im Mittelpunkt, ob Dachbegrünungen sinnvoll sind. Entscheidend ist vielmehr wie Kommunen und andere Akteure sie möglichst wirksam für die Schwammstadt einsetzen können. Studien belegen ihre positiven Wirkungen für das

Regenwassermanagement. Damit sich diese Lösungen jedoch flächendeckend durchsetzen, müssen Kommunen sie institutionell verankern, beispielsweise in Planungen und Satzungen.

Zunehmend rückt nicht allein die Anzahl begrünter Dächer in den Vordergrund, sondern auch deren funktionale Qualität. Multifunktionale Dachsysteme, die Wasserrückhalt, Verdunstung, Biodiversität, Energiegewinnung und nachhaltige Materialwahl miteinander verbinden, erzielen deutlich höhere Beiträge zur Klimaanpassung und Ressourceneffizienz als Gründächer, die nur einzelne Funktionen erfüllen.

2.3 Internationale Erfahrungen

Internationale Beispiele zeigen, dass Städte weltweit verstärkt auf naturbasierte Lösungen setzen. Besonders weit entwickelt sind entsprechende Programme in Singapur. Dort fördern staatliche Förderprogramme gezielt Dach- und Fassadenbegrünungen. Auch andere Städte weltweit haben erste Programme zur Klimaanpassung und Förderung Grüner Infrastruktur etabliert.

Internationale Erfahrungen zeigen außerdem, dass erfolgreiche Programme nicht allein auf technische Vorgaben setzen. Vielmehr werden kommunale Förderprogramme, Beratung, öffentliche Pilotprojekte und qualitätsorientierte Ausschreibungen miteinander kombiniert. Kommunen übernehmen dabei eine wichtige Vorbildfunktion, indem sie Begrünungsmaßnahmen auf eigenen Gebäuden umsetzen und deren Nutzen sichtbar machen.

Tabelle 1 (nach Tun et al., 2025) gibt einen beispielhaften Überblick über die Wirksamkeit und Umsetzbarkeit verschiedener Maßnahmen der Grünen Infrastruktur. Sie verdeutlicht, dass Gründächer zu den besonders leistungsfähigen Maßnahmen für die Klimaanpassung und das Regenwassermanagement zählen.

Tabelle 1 Übersicht zur Wirksamkeit und Einschätzungen von Maßnahmen der Grünen Infrastruktur in Großstädten Südost-Asiens*

Grüne Infrastruktur	Wirksamkeit	Durchführbarkeit	Anwendung
Öffentliche Grünflächen	0,2-2,6°C Temperatur-Reduktion	Kostengünstig, häufig aber Mangel an geeigneten Flächen	Baurechtliche Regelungen in vielen Städten
Wasserflächen In Parks	Bis zu 3°C Temperatur-Reduktion in Wassernähe	Flächenmangel, intensive Pflege erforderlich	Selten als Konzept angewandt
Reflektierende Farben und Beschichtungen	Bis zu 10 °C Reduktion der Oberflächen-Temperaturen	Kostengünstig, Blendungseffekte beachten	Potenzial vorhanden, allerdings nur in den USA und Australien häufiger angewandt
Durchlässige Bodenbeläge	Effektiv und gut vor allem bei Starkregen	Kostengünstig in der Installation, Verstopfungen möglich	Aktuell wenige gesetzliche Regelungen hierzu. Positiv: ABC-Programm in Singapur
Begrünte Dächer	Temperaturreduktion, Weniger Energie-Eintrag in die Gebäude, effektiv	Hohe anfängliche Installationskosten	In einigen Bebauungsplänen verbindlich geregelt, meist nur informell empfohlen. Ausnahme: Singapur

Grüne Infrastruktur	Wirksamkeit	Durchführbarkeit	Anwendung
Beschattung durch Einzelbäume	5-10°C Temperaturabsenkung möglich.	Geringe Kosten, muss von den Städten initiiert werden	Meist nur informelle Empfehlungen
Sekundäre urbane Wälder	Bis zu 2°C Temperaturabsenkung möglich	Akzeptanz in der Bevölkerung nicht immer vorhanden	Selten in der Stadtplanung eingesetzt

* Metaanalyse nach TUN et al. (2025), ergänzt durch M. Köhler, Gründächer hervorgehoben.

2.4 Europäische Politik und Rechtsrahmen

Eine Reihe europäischer Strategien und Rechtsakte unterstützen die stärkere Integration naturbasierter Lösungen in die Stadtentwicklung. Hierzu zählen insbesondere:

- die Richtlinie über die Gesamtenergieeffizienz von Gebäuden (EU, 2024a),
- die EU-Naturwiederherstellungsverordnung (EU, 2024b),
- die Richtlinie über die Behandlung von kommunalem Abwasser (EU, 2024c),
- die EU-Biodiversitätsstrategie 2030 (EU, 2020),
- die EU-Strategie zur Anpassung an den Klimawandel (EU, 2021),
- die Europäische Wasserresilienzstrategie (EU, 2025) sowie
- weitere Initiativen zur Förderung naturbasierter Lösungen (EU, 2023).

Diese Regelwerke zeigen, dass Bauwerksbegrünungen für die Klimaanpassung, die biologische Vielfalt und das Regenwassermanagement an Bedeutung gewinnen. Wenn die Mitgliedsstaaten sie in nationales Recht übertragen, wird die Bedeutung von Gründächern weiter steigen.

Vor diesem Hintergrund spielen Kommunen eine Schlüsselrolle. Sie können schon heute mit Instrumenten wie der Bauleitplanung, kommunalen Satzungen, Förderprogrammen, der öffentlichen Beschaffung und Beratungsangeboten, die Umsetzung multifunktionaler Gründächer gezielt unterstützen. Die vorliegende Handreichung bietet eine praxisorientierte Entscheidungshilfe und ermutigt Kommunen, bereits heute über gesetzliche Mindestanforderungen hinaus, die Ziele der Schwammstadt aktiv voranzubringen und die Schwammstadt vorausschauend zu gestalten.

3 Kommunale Strategien und Instrumente zur Förderung multifunktionaler Gründächer

3.1 Auswahl geeigneter Gründachtypen

Ziel der Handreichung ist es, Kommunen und Planende bei der Auswahl geeigneter Gründachtypen sowie bei deren Planung und Förderung zu unterstützen. Dabei sollten die Beteiligten den Gründachtyp nicht in erster Linie nach der Bauweise auswählen, sondern nach den Zielen des jeweiligen Projekts. Im Sinne der Schwammstadt erfüllen Dachflächen heute weit mehr Aufgaben als nur den Schutz eines Gebäudes vor Witterungseinflüssen. Sie können Niederschlagswasser zurückhalten, durch Verdunstung kühlen, das Stadtklima verbessern, Lebensräume für Tiere und Pflanzen schaffen, erneuerbare Energien erzeugen sowie zusätzliche Aufenthalts- und Freiräume bieten. Oft sollen sie mehrere dieser Funktionen gleichzeitig erfüllen.

In Deutschland wurden bisher überwiegend extensive Dachbegrünungen mit geringer Substrathöhe umgesetzt. Zunehmend entwickeln sich jedoch multifunktionale Dachsysteme, die verschiedene Leistungen auf einer Fläche bündeln. Dazu gehören insbesondere Retentionsdächer, Biodiversitätsdächer, Biosolardächer sowie kombinierte Systeme, die Wasserrückhalt, Klimaanpassung, Biodiversität und Energiegewinnung miteinander verbinden. Damit entsprechen sie dem Grundgedanken der Schwammstadt, bei dem einzelne Maßnahmen möglichst mehrere Aufgaben gleichzeitig erfüllen sollen.

Welcher Dachtyp geeignet ist, hängt von den örtlichen Rahmenbedingungen und den Zielen des jeweiligen Projekts ab. Dabei sollten die Beteiligten insbesondere die Tragfähigkeit des Gebäudes, die geplante Nutzung der Dachfläche, die gewünschten Ökosystemleistungen, die verfügbaren Investitionsmittel sowie die langfristige Pflege und Wartung berücksichtigen. Nur dauerhaft gepflegte Gründächer können ihre ökologischen und wasserwirtschaftlichen Leistungen langfristig erbringen.

Kommunen können diese Entwicklung gezielt fördern. Dafür stehen ihnen Instrumente wie die Bauleitplanung, kommunale Förderprogramme, Satzungen und qualitätsorientierte Ausschreibungen zur Verfügung. Die hier vorgestellten Entscheidungshilfen sollen dabei unterstützen, bereits zu Beginn eines Projektes die geeignete Dachvariante auszuwählen und die gewünschten Funktionen systematisch in den Planungsprozess einzubeziehen.

Erhebungen des Bundesverbandes GebäudeGrün (BUGG) zeigen, dass das Interesse an Dachbegrünungen bundesweit hoch ist. Gleichzeitig sind viele Bauherrschaften, Kommunen und Projektentwickelnde noch unsicher, wie wirtschaftlich sich Gründächer umsetzen lassen und welche praktischen Anforderungen dabei zu beachten sind. Besonders häufig nennen sie folgende Aspekte (Mann et al. 2024):

- Investitionskosten,
- Tragfähigkeit bestehender Gebäude,
- Pflege- und Wartungsaufwand,
- Dauerhaftigkeit der Systeme,
- tatsächliche ökologische Wirksamkeit,
- langfristige Folgekosten.

Viele Kommunen haben deshalb Beratungsangebote aufgebaut. In Städten wie Berlin, Hamburg oder München unterstützen Fachstellen und Regenwasseragenturen die Planung und Umsetzung von Dachbegrünungen. Darüber hinaus verfügen zahlreiche Kommunen inzwischen über ein Klimaanpassungs- oder Klimaschutzmanagement, das Gründächer als wichtigen Bestandteil der blau-grünen Infrastruktur fördert. Wettbewerbe, Förderprogramme und die öffentliche Auszeichnung beispielhafter Projekte erhöhen zusätzlich die Akzeptanz multifunktionaler Dachbegrünungen.

Die folgenden Entscheidungstabellen (Tabelle 2, Tabelle 3) unterstützen Kommunen, Planende und Bauherrschaften dabei, geeignete Gründachtypen entsprechend den jeweiligen Projektzielen auszuwählen.

Tabelle 2: Einfache Entscheidungstabelle für Dachbegrünungen im Bestand

Einstiegsfragen	Binäre Entscheidungsalternativen
1. Gibt es eine oder mehrere Dachflächen im Bestand oder im Rahmen einer anstehenden Gebäudesanierung, die begrünt werden sollen?	1a: Nein → Ende des Entscheidungsbogens.
	1b: Ja → weiter zu Frage 2.
2. Liegen bereits Unterlagen vor, die die Eignung der Dachflächen hinsichtlich Bauphysik, Tragfähigkeit, Statik und möglicher Nutzung nachweisen?	2a: Nein → Planungsgrundlagen und statische Vorprüfung erstellen lassen.
	2b: Ja → weiter zu Frage 3.
3. Bestätigen die Unterlagen die Eignung der Dachflächen bzw. welche statischen Reserven stehen zur Verfügung?	3a: Tragfähigkeit bis ca. 100 kg/m² • Leichtgewichtslösungen ohne Publikumsverkehr • vorzugsweise ein- oder zweischichtige Extensivbegrünung mit flachen Retentionselementen.
	3b: Tragfähigkeit ca. 150–300 kg/m² • zahlreiche Dachbegrünungsvarianten möglich • weiter zum Entscheidungsprozess (Frage 4).
4. Welche Dachfunktion soll im Projekt vorrangig erreicht werden? (Vorbereitung im Rahmen einer Planungswerkstatt)	Festlegung des vorgesehenen Kostenrahmens sowie Priorisierung der Projektziele, z. B. mithilfe einer „Entscheidungsspinne“. Mögliche Zielvarianten: • Klimadach • Biosolardach • Regenwasser-Retentionsdach • Biodiversitätsdach • Multifunktionales Kombi-Gründach Ergebnis: Auswahl der Vorzugsvariante und Erarbeitung eines Projektvorschlags.

Quelle: eigene Zusammenstellung: M. Köhler.

Tabelle 3: Einfache Entscheidungstabelle für Dachbegrünungen bei Neubauten

Einstiegsfragen	Binäre Entscheidungsalternativen
1. Kann beim Neubau eine Bauwerksbegrünung umgesetzt werden?	1a: Nein → Ende des Entscheidungsbogens.
	1b: Ja → weiter zu Frage 2.

Einstiegsfragen	Binäre Entscheidungsalternativen
2. Sind die projektspezifischen Begrünungsziele definiert und priorisiert?	2a: Nein → Begrünungsziele konkretisieren. Reichen die Ziele nicht für eine Dachbegrünung aus, endet der Entscheidungsprozess.
	2b: Ja → Begrünung ist vorgesehen, weiter zu Frage 3.
3. Welche statischen Voraussetzungen stehen für die Begrünung zur Verfügung?	3a: Tragfähigkeit bis ca. 100 kg/m² • Leichtgewichtige Lösungen ohne Publikumsverkehr • vorzugsweise ein- oder zweischichtige Extensivbegrünung mit flachen Retentionselementen.
	3b: Tragfähigkeit ca. 150–300 kg/m² • zahlreiche Begrünungsvarianten möglich • weiter zum Entscheidungsprozess (Frage 4).
4. Auswahl der bevorzugten Begrünungsvariante und Integration in den Planungsprozess (Vorbereitung im Rahmen einer Planungswerkstatt)	• Festlegung des Kostenrahmens • Priorisierung der Projektziele, z. B. mithilfe einer „Entscheidungsspinne“ • Ausarbeitung geeigneter Detailvarianten • Bei Zielkonflikten Rückgriff auf die Argumentationshilfe im vorangegangenen Abschnitt • Überführung der Vorzugsvariante in die weitere Planung.

Quelle: eigene Zusammenstellung: M. Köhler.

3.2 Kommunale Planungsinstrumente

Die Entwicklung multifunktionaler Gründächer im Sinne der Schwammstadt ist nicht allein eine technische Aufgabe. Ebenso wichtig sind kommunale Planungs- und Steuerungsinstrumente, mit denen Kommunen die gewünschten Funktionen bereits frühzeitig in den Planungs- und Entscheidungsprozess einbinden. Städte und Gemeinden können bereits heute Dachbegrünungen gezielt fördern oder, soweit es das jeweilige Landesrecht zulässt, verbindlich vorgeben. Erst wenn Bauleitplanung, kommunale Satzungen, Förderprogramme und qualitätsorientierte Ausschreibungen ineinandergreifen, lassen sich leistungsfähige und multifunktionale Gründächer flächendeckend umsetzen.

Wenn Kommunen multifunktionale Gründächer fördern wollen, müssen sie ihre Planungsinstrumente gezielt ausgestalten. So können sie ökologische Anforderungen verbindlich und wirksam in die Baupraxis übertragen. Die Bauleitplanung ist dabei das wichtigste kommunale Steuerungsinstrument. Kommunen können die Dachbegrünung in Bebauungsplänen (B-Plänen) verbindlich festsetzen, beispielsweise über Festsetzungen zur Art der baulichen Nutzung oder über Grünflächenfestsetzungen auf privaten Grundstücken. Auf diese Weise stellen sie sicher, dass Bauherrschaften bei Neubauten oder umfassenden Sanierungen von Anfang an ausreichend Retentionskapazitäten einplanen. Dadurch sinkt der Abflussbeiwert und das lokale Mikroklima verbessert sich.

Die rechtliche Grundlage dafür bildet in Deutschland insbesondere das Baugesetzbuch (BauGB). Kommunen können im Rahmen der Bauleitplanung Anforderungen an Dachbegrünungen in Bebauungsplänen festsetzen, wenn dafür städtebauliche Gründe vorliegen. Ergänzend können sie über Freiflächengestaltungs- oder Begrünungssatzungen sowie kommunale Förderprogramme Qualitätsanforderungen festlegen und Anreize für freiwillige Maßnahmen schaffen. Fachleitfäden des Bundes empfehlen ausdrücklich, Gründächer als Bestandteil integrierter Klimaanpassungs- und Schwammstadtstrategien zu verstehen. Zudem sollten

Kommunen sie frühzeitig mit Stadtentwässerung, Stadtklima, Biodiversität und Energieplanung verknüpfen (BauGB; Jänicke et al., 2025; Friedrich et al., 2024).

Anforderungen an Dachbegrünungen in Bebauungsplänen sollten nicht nur festlegen, dass Dächer begrünt werden. Sie sollten vor allem beschreiben, welche Funktionen die Dächer für die Schwammstadt erfüllen sollen. Dazu gehören insbesondere Regenwasserrückhalt und Abflussverzögerung, Verdunstungskühlung zur Minderung städtischer Hitzeinseln, die Förderung der Biodiversität sowie, wo sinnvoll, die Kombination mit Photovoltaik oder Regenwassernutzung. Wenn Kommunen diese Ziele frühzeitig festlegen, können sie Bauvorhaben von Beginn an auf eine multifunktionale Nutzung der Dachflächen ausrichten.

Fachveröffentlichungen betonen außerdem, wie wichtig eine integrierte Planung über verschiedene kommunale Fachbereiche hinweg ist. Gründächer sollten deshalb nicht isoliert betrachtet werden, sondern als Teil einer vernetzten blau-grünen Infrastruktur. So können Kommunen wasserwirtschaftliche, klimatische, ökologische und soziale Leistungen wie Regenwasserrückhalt, Kühlung, Biodiversität und Aufenthaltsqualität gemeinsam verbessern (Ludwig et al., 2021; EU, 2021; Fletcher et al., 2015).

Kommunale Satzungen und technische Standards ermöglichen es darüber hinaus, einheitliche Qualitätsanforderungen für ganze Stadtgebiete oder einzelne Quartiere festzulegen. Für eine dauerhaft funktionsfähige Schwammstadt sollten Kommunen insbesondere Merkmale wie Wasserspeichervermögen, Retentionsvolumen, Substrataufbau und Begrünungsqualität einheitlich definieren (FLL, 2018; Calheiros und Stefanakis, 2021; DWA-A 138, 2022). Dadurch erhalten Bauherrschaften mehr Planungssicherheit, und die Maßnahmen erzielen dauerhaft verlässliche ökologische Wirkungen.

Internationale Erfahrungen zeigen zudem, dass kommunale Begrünungsstrategien („Urban Greening Plans“) oder vergleichbare kommunale Programme naturbasierte Lösungen wirksam fördern können. Sie schaffen langfristige Rahmenbedingungen, stärken die Zusammenarbeit zwischen Stadtplanung, Wasserwirtschaft, Umweltverwaltung und Gebäudemanagement und verankern Gebäudebegrünungen dauerhaft in kommunalen Klimaanpassungsstrategien (EU, 2024b; Pastore et al., 2025). Besonders wirksam sind integrierte Ansätze, bei denen Kommunen Gründächer gemeinsam mit Fassadenbegrünungen, Straßenbäumen, Grünflächen und Maßnahmen zur Regenwasserbewirtschaftung als zusammenhängende blau-grüne Infrastruktur planen. Zahlreiche internationale Studien zeigen, dass erst dieses Zusammenspiel eine wirksame Anpassung an die Folgen des Klimawandels ermöglicht und gleichzeitig ökologische, wasserwirtschaftliche und städtebauliche Ziele unterstützt.

Zusätzlich zur Bauleitplanung können Kommunen über Satzungen oder vergleichbare Regelwerke einheitliche Qualitätsstandards festlegen. Dabei empfiehlt es sich, die gewünschten Leistungen zu definieren, statt bestimmte Bauweisen oder Produkte vorzuschreiben. So können Kommunen beispielsweise Anforderungen an das Wasserrückhaltevermögen, die Verdunstungsleistung, die ökologische Qualität der Vegetation oder die Kombination mit Solarenergie festlegen. Dieser leistungsorientierte Ansatz schafft Planungssicherheit, bleibt technologieoffen und eröffnet Herstellern Spielraum für innovative Lösungen.

3.3 Wirtschaftlichkeit und Fördermöglichkeiten

Die Umsetzung multifunktionaler Gründächer ist eine wichtige Investition in die Klimaanpassung und die langfristige Widerstandsfähigkeit von Städten. Da solche Dachsysteme häufig höhere Investitionskosten verursachen als einfache Dachbegrünungen, haben kommunale Förderprogramme eine zentrale Bedeutung. Sie können dazu beitragen, die zusätzlichen Kosten zu decken und zugleich die Ziele der Schwammstadt zu unterstützen.

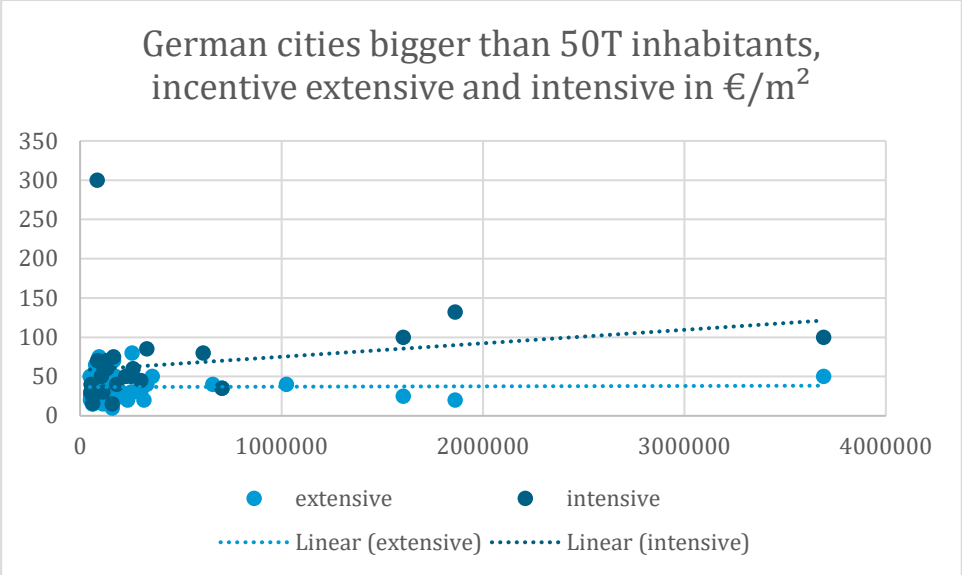
Förderprogramme sollten möglichst nicht allein die Anlage einer Dachbegrünung fördern, sondern die tatsächlich erreichten Leistungen berücksichtigen. Dazu gehören insbesondere die Rückhaltung von Regenwasser, die Kühlwirkung durch Verdunstung, die Förderung der biologischen Vielfalt, die Kombination mit Photovoltaik sowie weitere Mehrfachnutzungen der Dachfläche. Auf diese Weise entstehen Anreize, nicht nur möglichst viele Gründächer zu schaffen, sondern vor allem solche, die dauerhaft hohe Leistungen erbringen. Die Leistungsprofile der verschiedenen Dachtypen werden in Kapitel 3.5 gegenübergestellt.

Die Ausgestaltung kommunaler Förderprogramme unterscheidet sich derzeit bundesweit deutlich (Abbildung 2). Ziel ist in der Regel, mit begrenzten Fördermitteln möglichst viele Vorhaben anzustoßen. Die meisten Programme fördern bis zu 50 % der förderfähigen Investitionskosten oder arbeiten mit festen Höchstbeträgen pro Quadratmeter beziehungsweise pro Projekt. Viele Kommunen konzentrieren ihre Förderung zudem auf besonders hitzebelastete Quartiere, Gebiete mit hohem Handlungsbedarf oder öffentliche Gebäude wie Schulen und Kindertagesstätten. Dadurch soll ein möglichst großer Nutzen für die Stadtgesellschaft erzielt werden.

Die Auswertung der BUGG-Befragung von Städten mit mehr als 50.000 Einwohner*innen (Mann et al. 2024) zeigt, dass die üblichen Fördersätze für extensive und intensive Dachbegrünungen meist bei rund 50 € pro m^2 der anrechenbaren Kosten liegen oder diese Kosten bis zu 50 % decken. Aufgrund der höheren Herstellungskosten werden für Intensivbegrünungen häufig höhere Förderbeträge gewährt. Gleichzeitig berichten viele Kommunen, dass komplexe Antragsverfahren die Mittelvergabe erschweren und potenzielle Antragstellende von einer Antragstellung abhalten.

Aus Sicht dieser Handreichung sollten zukünftige Förderprogramme stärker an den Zielen der Schwammstadt ausgerichtet werden. Empfehlenswert sind einfache und transparente Förderverfahren, eine gezielte Konzentration der Mittel auf besonders hitzebelastete oder stark versiegelte Stadtquartiere sowie eine stärkere Berücksichtigung der tatsächlich erbrachten Ökosystemleistungen. Neben den Investitionskosten sollten auch Planungsleistungen, statische Voruntersuchungen und die Entwicklung integrierter Begrünungskonzepte stärker gefördert werden. Gerade diese Leistungen sind häufig entscheidend für die Qualität eines Projekts. Darüber hinaus erscheint es sinnvoll, Erfolgskontrollen und Monitoring anteilig zu fördern. So kann die langfristige Wirksamkeit der Maßnahmen nachgewiesen und die Weiterentwicklung der Förderprogramme unterstützt werden.

Abbildung 2: Typische Fördersummen für extensive und intensive Gründächer in Deutschland in großen Städten (x-Achse= Einwohner der Städte, y-Achse= Fördersumme pro m²)



Quelle: Mann et al. (2024). Eigene Zusammenstellung der Werte durch M. Köhler

Neben direkten Zuschüssen gewinnen wirtschaftliche Anreize zunehmend an Bedeutung. Dazu gehören insbesondere Ermäßigungen bei den Niederschlagswassergebühren für Gründächer, die nachweislich zur Regenwasserrückhaltung beitragen. Solche Regelungen sind bereits in vielen Städten im In- und Ausland etabliert. Sie setzen das Verursacherprinzip um, indem sie dezentrale Maßnahmen der Regenwasserbewirtschaftung finanziell honorieren. Internationale Übersichten zeigen, dass Gründächer in zahlreichen kommunalen Gebühren- und Fördersystemen bereits als wichtige Bausteine einer nachhaltigen Regenwasserbewirtschaftung anerkannt sind. Gleichzeitig besteht noch erhebliches Potenzial, diese Instrumente weiterzuentwickeln und stärker an den tatsächlich erreichten Retentionsleistungen auszurichten.

Für Kommunen empfiehlt es sich daher, Förderprogramme, Niederschlagswassergebühren und städtebauliche Anreize aufeinander abzustimmen. Investitionszuschüsse erleichtern insbesondere die Erstinvestition. Dauerhaft reduzierte Niederschlagswassergebühren setzen dagegen einen langfristigen wirtschaftlichen Anreiz, funktionsfähige Gründächer zu erhalten. Auf diese Weise werden private Investitionen unterstützt, kommunale Entwässerungssysteme entlastet und die Ziele der Schwammstadt gefördert.

Neben den Investitionskosten sollten Kommunen bereits in der Planungsphase die Lebenszykluskosten stärker berücksichtigen. Erfahrungen zeigen, dass multifunktionale Gründächer durch ihre längere Nutzungsdauer, den geringeren Instandhaltungsbedarf der Dachabdichtung sowie zusätzliche Leistungen für Klimaanpassung, Regenwassermanagement und Energieeffizienz häufig wirtschaftlicher sind, als dies allein anhand der Herstellungskosten zu erwarten wäre. Eine lebenszyklusorientierte Betrachtung schafft daher eine fundiertere Grundlage für Entscheidungen bei öffentlichen und privaten Bauvorhaben. Die Methoden zur Bewertung von Lebenszykluskosten und gesamtwirtschaftlichem Nutzen werden in Kapitel 5 näher erläutert.

Neben finanziellen Förderinstrumenten besitzt auch die öffentliche Beschaffung eine wichtige Steuerungsfunktion. Kommunale Ausschreibungen können die Marktentwicklung maßgeblich beeinflussen, wenn neben dem Anschaffungspreis auch qualitative und nachhaltigkeitsbezogene Kriterien berücksichtigt werden. Dazu zählen beispielsweise das Wasserrückhaltevermögen, das

Biodiversitätspotenzial, die Umweltwirkungen der eingesetzten Materialien, Kreislauffähigkeit, Recyclinganteile, Umweltleistungen gemäß Umwelt-Produktdeklarationen (EPD), vorhandene Product Carbon Footprints (PCF), Wartungsfreundlichkeit sowie die Qualität des abgeleiteten Regenwassers. Funktionale Leistungsbeschreibungen und geeignete Nachweise ermöglichen es, Innovationen zu fördern, ohne den vergaberechtlichen Grundsatz der Gleichbehandlung einzuschränken.

3.4 Nachhaltigkeit und Lebenszyklusbetrachtung

Im Sinne der Schwammstadt sollten Gründächer nicht allein nach ihren Investitionskosten bewertet werden. Für Kommunen sind vielmehr die Umweltwirkungen über den gesamten Lebenszyklus eines Dachsystems relevant. Die Ökobilanz (Life Cycle Assessment, LCA) ermöglicht eine systematische Bewertung von Rohstoffgewinnung, Herstellung, Transport, Nutzung, Pflege sowie Rückbau und Verwertung. Sie ergänzt damit die Betrachtung der funktionalen Leistungen eines Gründaches, etwa beim Wasserrückhalt, der Verdunstung, der Biodiversität oder der Energieeinsparung, um die Umweltwirkungen der eingesetzten Materialien.

Für kommunale Planungen und Ausschreibungen bedeutet dies, dass nicht nur die Wirkung des fertigen Gründaches betrachtet werden sollte, sondern auch die Nachhaltigkeit seiner einzelnen Komponenten. Aktuelle Lebenszyklusanalysen zeigen, dass Gründächer selbst unter Berücksichtigung ihrer Herstellung häufig deutliche Umweltvorteile gegenüber konventionellen Dachaufbauten aufweisen. Leite et al. (2025) verglichen ein konventionelles Ziegeldach mit einem modularen Gründach. Bereits im Ausgangsszenario wies das Gründach in elf von vierzehn Wirkungskategorien günstigere Ergebnisse auf. Durch den Einsatz alternativer Polymerwerkstoffe konnten die Umweltwirkungen einzelner Komponenten zusätzlich reduziert werden. Über einen Betrachtungszeitraum von 30 Jahren erzielte das optimierte Gründach insgesamt die bessere Umweltbilanz. Die Studie verdeutlicht zugleich, dass die Nachhaltigkeit nicht nur vom Gesamtsystem, sondern in hohem Maße auch von der Materialwahl einzelner Komponenten abhängt.

Auch frühere Untersuchungen zeigen, dass die Herkunft der Materialien einen wesentlichen Einfluss auf die Umweltbilanz hat. Chenani et al. (2015) empfehlen daher, regionale Materialien mit kurzen Transportwegen einzusetzen, sofern diese die technischen Anforderungen erfüllen. Darüber hinaus sollte der Einsatz von Recyclingmaterialien und wiederverwendbaren Baustoffen bevorzugt werden. Für Kommunen bedeutet dies, Ausschreibungen möglichst über funktionale Nachhaltigkeitsanforderungen zu steuern und entsprechende Nachweise einzufordern, ohne einzelne Produkte oder Hersteller festzulegen.

Ergänzend zu den Lebenszyklusbetrachtungen sollten auch mögliche ökotoxikologische Wirkungen verschiedener Gründachkomponenten berücksichtigt werden. Dabei ist insbesondere zu prüfen, ob aus den verwendeten Baustoffen Stoffe ausgewaschen werden können, die die Qualität des abgeleiteten Regenwassers beeinträchtigen und damit den Zielen der Schwammstadt entgegenstehen. Solche Untersuchungen liefern wichtige Hinweise für die Materialauswahl sowie für die Entwicklung geeigneter Anforderungen in Ausschreibungen (Happel et al., 2026; Nieß und Helmreich, 2026).

Künftig sollten neben Klimawirkung und Kreislauffähigkeit auch mögliche Schadstoffeinträge sowie die Qualität des abfließenden Regenwassers stärker berücksichtigt werden. Insbesondere Dachbahnen, Schutz- und Dränschichten sowie weitere polymerbasierte Komponenten sollten möglichst frei von umwelt- oder gesundheitsgefährdenden Stoffen sein (Wicke et al. 2021). Als Nachweise kommen beispielsweise Umweltzeichen, Umwelt-Produktdeklarationen, Herstellererklärungen, Prüfberichte oder vergleichbare Dokumentationen infrage.

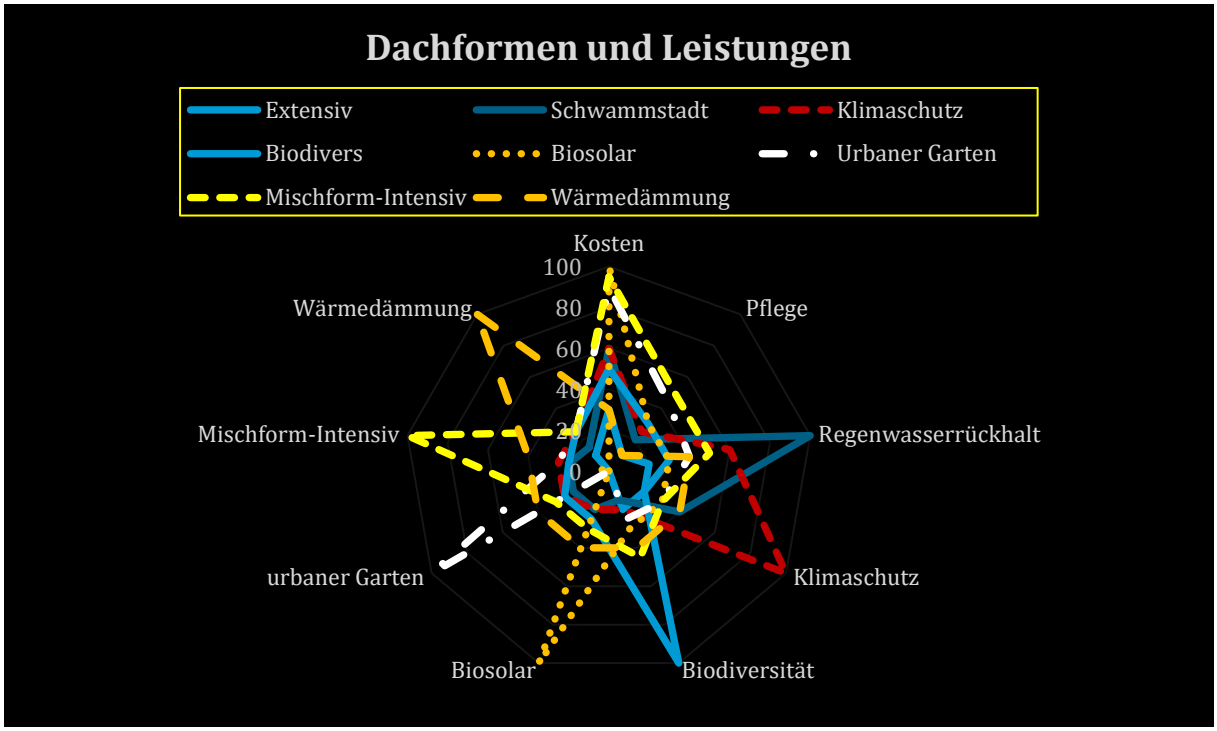
3.5 Überblick über die Leistungen verschiedener Gründachtypen

Die Ziele der Schwammstadt können mit unterschiedlichen Gründachsystemen in unterschiedlichem Umfang erreicht werden. Bereits einfache extensive Gründächer leisten einen Beitrag zum Regenwasserrückhalt, zur Verdunstung und zur Förderung der Biodiversität. Multifunktionale Dachsysteme können darüber hinaus mehrere Leistungen gleichzeitig erbringen und damit einen deutlich höheren Nutzen für Gebäude und Stadtentwicklung schaffen.

Abbildung 3 vergleicht die in dieser Handreichung vorgestellten Dachtypen anhand ihrer wesentlichen Leistungsmerkmale. Berücksichtigt werden unter anderem Wasserrückhalt, Verdunstung und Kühlwirkung, Biodiversität, Energiegewinnung, Nutzbarkeit sowie Investitions- und Pflegeaufwand. Die dargestellten Werte dienen der vereinfachten Einordnung und ermöglichen einen schnellen Überblick über die jeweiligen Stärken der Systeme.

Deutlich wird, dass kein Dachtyp in allen Kategorien gleichermaßen optimal abschneidet. Die Auswahl sollte deshalb stets von den jeweiligen Projektzielen ausgehen. Steht der Regenwasserrückhalt im Vordergrund, bieten Retentionsdächer besondere Vorteile. Liegen die Schwerpunkte auf Biodiversität oder Aufenthaltsqualität, kommen Biodiversitäts- oder Intensivdächer besonders infrage. Sollen mehrere Funktionen gleichzeitig erfüllt werden, eignen sich Kombinationslösungen wie Biosolar- oder multifunktionale Retentionsdächer. Gerade diese Dachformen können einen wichtigen Beitrag zur Umsetzung kommunaler Schwammstadtkonzepte leisten.

Abbildung 3: Dachformen und Leistungen der Dachvarianten (vereinfacht)



Quelle: Eigene Zusammenstellung der Werte durch M. Köhler

Infobox 1: Handlungsempfehlungen für Kommunen zur Förderung multifunktionaler Gründächer

Klimawandel, Starkregenereignisse und ein hoher Versiegelungsgrad stellen Städte vor wachsende Herausforderungen. Die Förderung von Gebäudebegrünung leistet einen wichtigen Beitrag zu den Nachhaltigkeitszielen der Vereinten Nationen (SDGs) und wird durch europäische, nationale und kommunale Strategien unterstützt. Auf kommunaler Ebene bestehen bereits geeignete Instrumente, insbesondere im Bau- und Planungsrecht. Klimaschutz- und Klimaanpassungsbeauftragte können hierbei eine wichtige koordinierende Rolle übernehmen. Information, Beratung und Förderangebote sind zentrale Voraussetzungen, um Akzeptanz und Unterstützung für Gebäudebegrünung in der Stadtgesellschaft zu stärken.

Empfehlungen für die kommunale Praxis **(8-Punkte-Plan)**:

► **1. Ziele festlegen**

Eine kommunale Strategie zur Schwammstadt entwickeln und konkrete Ziele für Dach- und Fassadenbegrünungen definieren.

► **2. Bauleitplanung nutzen**

Gründächer über Bebauungspläne, Satzungen und städtebauliche Verträge fördern und absichern.

► **3. Förderprogramme gezielt ausrichten**

Förderprogramme auf multifunktionale Gründächer konzentrieren, insbesondere in hitzebelasteten Stadtquartieren, bei öffentlichen Einrichtungen, Wohnungsbaugesellschaften und Genossenschaften (z. B. Wagnis München).

► **4. Finanzielle Anreize kombinieren**

Förderprogramme mit Ermäßigungen bei Niederschlagswassergebühren und weiteren Anreizsystemen verbinden, um langfristige Wirkungen zu sichern.

► **5. Öffentliche Gebäude als Vorbilder nutzen**

In jeder Stadt sollte mindestens eine öffentlich zugängliche Demonstrations- oder Musterfläche eingerichtet werden, auf der Gründächer erlebbar sind. Kommunale Gebäude eignen sich hierfür besonders. Die öffentliche Hand sollte mit gutem Beispiel vorangehen (z. B. Berlin, Malmö).

► **6. Beratung anbieten**

Zentrale Ansprechpersonen in der Verwaltung benennen und Bauherrschaften durch Beratung, Leitfäden und Praxisbeispiele unterstützen (z. B. München, Düsseldorf).

► **7. Erfolge erfassen und sichtbar machen**

Erfolgreiche Begrünungsmaßnahmen dokumentieren und regelmäßig kommunizieren, beispielsweise über Gründachkataster oder kommunale Berichte. Dabei sollten Kennzahlen wie neu geschaffene Gründachflächen, zusätzlich zurückgehaltenes und verdunstetes Regenwasser, erzeugte Solarenergie sowie Beiträge zur Biodiversität erfasst werden.

► **8. Öffentlichkeitsarbeit und Erfahrungsaustausch stärken**

Den Austausch mit anderen Kommunen fördern, Wettbewerbe oder Auszeichnungen für beispielhafte Projekte initiieren und Erfahrungen national sowie international kommunizieren.

Infobox 2: Empfehlungen für Bauherrschaften, Investierende und Projektentwickelnde

Projekt erfolgreich vorbereiten

- Projektziele frühzeitig definieren
- Statische und technische Voraussetzungen prüfen, insbesondere im Bestand
- Multifunktionale Dächer bevorzugen
- Lebenszykluskosten betrachten
- Förderprogramme und Beratung nutzen
- Pflege und Wartung langfristig sichern
- Nachhaltigkeits- und Umweltnachweise dokumentieren

Vorteile multifunktionaler Gründächer für Investoren*Investorinnen und Eigentümer*Eigentümerinnen:

- Attraktivität und Wert der Immobilie steigern
- Lebensdauer des Dachaufbaus verlängern
- Betriebskosten und Folgekosten reduzieren
- Nutzerzufriedenheit erhöhen
- Vermarktung und Vermietung erleichtern
- Nachhaltigkeitsprofil des Projekts stärken
- Einen Beitrag zur klimaresilienten Schwammstadt leisten

4 Beiträge von Gründächern zur Schwammstadt

4.1 Stadtklima, Verdunstung und Energieeinsparung

Die nachfolgend beschriebenen Vorteile von Dachbegrünungen gelten in wesentlichen Teilen auch für Fassadenbegrünungen. Beide Begrünungsformen tragen dazu bei, städtische Wärmeinseln zu reduzieren, die Verdunstung zu erhöhen und Gebäude besser an die Folgen des Klimawandels anzupassen. Im Sinne der Schwammstadt übernehmen Gründächer damit nicht nur wichtige Funktionen im Regenwassermanagement. Sie verbessern zugleich das Mikroklima, senken den Energiebedarf von Gebäuden und erhöhen die Aufenthaltsqualität in dicht bebauten Quartieren.

Die wissenschaftliche Grundlage für diese Wirkungen ist inzwischen sehr umfassend. Eine Recherche in der Datenbank ScienceDirect ergab im August 2025 allein für den Suchbegriff „Green Roof“ mehr als 5.000 wissenschaftliche Veröffentlichungen, darunter über 370 Übersichtsarbeiten und Meta-Analysen. Zusätzlich liegen zahlreiche deutschsprachige Leitfäden, Fachberichte und Praxishilfen von Landesbehörden, Fachverbänden und Kommunen vor, die in internationalen Datenbanken häufig nicht erfasst werden. Im Folgenden werden daher die wichtigsten und für die kommunale Praxis besonders relevanten Erkenntnisse zusammengefasst.

Gebäudebegrünungen gewinnen insbesondere in dicht bebauten Stadtgebieten an Bedeutung, in denen nur wenige Flächen für zusätzliche Grünanlagen oder Baumpflanzungen zur Verfügung stehen. Bäume bleiben aufgrund ihrer Verschattungs- und Verdunstungsleistungen die wirksamste Form der natürlichen Kühlung. Gründächer bieten jedoch die Möglichkeit, bislang ungenutzte Dachflächen in das blau-grüne Infrastrukturnetz der Schwammstadt einzubinden. Sie ergänzen damit bestehende Grünflächen und leisten einen wichtigen Beitrag zur Klimaanpassung.

Abbildung 4 verdeutlicht den Kühleffekt einer ausgewachsenen Buche. An einem Sommertag lagen die Temperaturen im Schattenbereich um mehr als 10 °C unter denen sonnenexponierter Flächen. Dort, wo Baumpflanzungen aufgrund begrenzter Flächen nicht möglich sind, können Dach- und Fassadenbegrünungen einen Teil dieser Kühlungswirkung übernehmen und so zur Verbesserung des Stadtklimas beitragen.

Abbildung 4: Verschattungs- und Kühleffekt einer Buche am 22. Juni 2025. Gut 10°C Temperaturreduktion im Schattenbereich

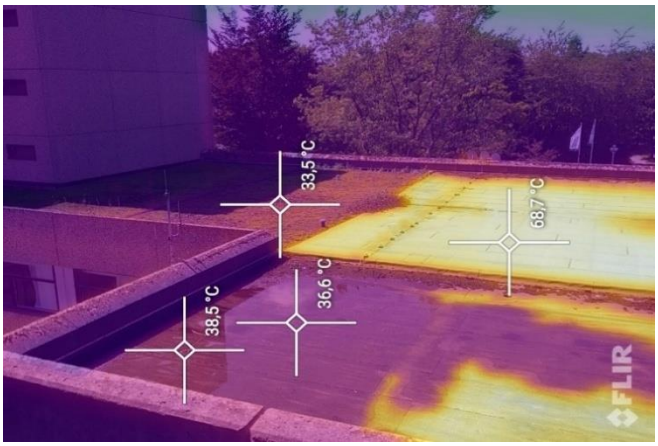


FLIR-Kamera-Messung, Quelle: Eigene Messung im Jahr 2025. Fotos: Manfred Köhler.

Zahlreiche Untersuchungen zeigen, dass Gründächer die Oberflächentemperaturen im Sommer deutlich senken können. Im Vergleich zu konventionellen Bitumen- oder Kiesdächern wurden Temperaturunterschiede von 20 bis nahezu 30 °C gemessen (Smalls-Mantey et al. 2021; Manso et al. 2021). Dadurch wird die Wärmeabstrahlung in den Stadtraum reduziert und der städtische Wärmeinseleffekt abgeschwächt. Meta-Analysen weisen für dicht bebaute Stadtquartiere durchschnittliche Absenkungen der Umgebungstemperatur von etwa 1 bis 3 °C nach.

Die weiteren eigenen Thermografieaufnahmen des Autors (Abbildung 5; Abbildung 6; Abbildung 7) bestätigen diese Ergebnisse. Während sich die unbegrünte Bitumenfläche an einem Sommertag auf nahezu 70 °C erhitzte, erreichte das angrenzende extensive Gründach lediglich etwa 34 °C. In den Nachtstunden gleichen sich die Temperaturen weitgehend an. Das begrünte Dach speichert jedoch Wärme im Vegetations- und Substrataufbau und gibt sie zeitlich verzögert wieder ab. Die Aufnahmen verdeutlichen damit anschaulich den Beitrag von Gründächern zur Verringerung sommerlicher Hitzebelastungen in Städten.

Abbildung 5: Thermalaufnahmen einer Dachlandschaft mit Extensivdach (links im Bild), einem sanierten Teil mit Bitumenbahnen (rechts), sowie im Vordergrund ein unsanierter Bitumenbereich mit Pfützenbildung. Messtermin: 14:00 Uhr

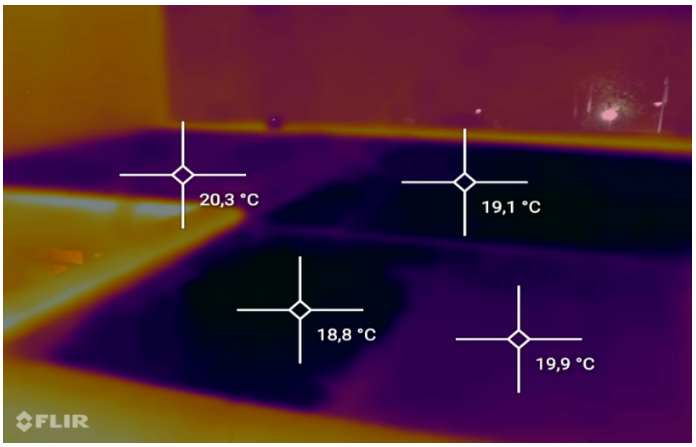


19. Juli 2025, 14:00

- Maximaltemperatur auf dem Bitumendach mit 68,7°C,
- das angrenzende Gründach ist etwa 20°C kühler mit 33,5°C
- Die vordere Pfütze mit dem stehenden Niederschlag ist wärmer als der begrünte Bereich, ca. 38°C warm.

Quelle: eigene FLIR Aufnahme M. Köhler, (2025)

Abbildung 6: Thermalaufnahmen einer Dachlandschaft mit Extensivdach (links im Bild), einem sanierten Teil mit Bitumenbahnen (rechts), sowie im Vordergrund ein unsanierter Bitumenbereich mit Pfützenbildung. Messtermin: 3:30 Uhr morgens

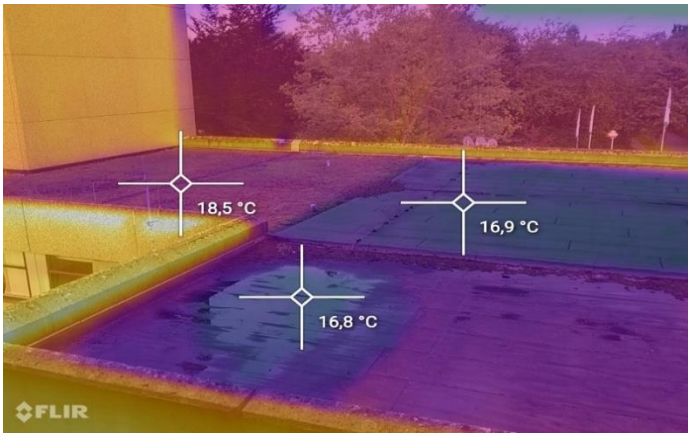


20. Juli 2025, 3:30 Uhr morgens

Wichtiger Aspekt von nächtlichen Oberflächentemperaturen: diese sind weitgehend angeglichen, allerdings ist das Gründach mit 20,3°C etwa ein Grad wärmer als die Bitumenfläche oder 2°C wärmer als die stehende Wasserfläche in der Pfütze.

Quelle: eigene FLIR, Aufnahme M. Köhler, (2025)

Abbildung 7: Thermalaufnahmen einer Dachlandschaft mit Extensivdach (links im Bild), einem sanierten Teil mit Bitumenbahnen (rechts), sowie im Vordergrund ein unsanierter Bitumenbereich mit Pfützenbildung. Messtermin: 5:55 Uhr, Sonnenaufgang



20. Juli 2025, 5:55 Uhr

Langsame Erwärmung in den frühen Morgenstunden mit aufgehender Sonne. Das Gründach mit ihrem Wärmepolster in dem Gras-Sedum-Bewuchs ist die wärmste Oberfläche nach der Nacht. Allerdings beträgt der Unterschied nur etwa 2°C.

Quelle: eigene FLIR Aufnahme M. Köhler, (2025)

Neben der Kühlung beeinflussen Gründächer auch den Energiebedarf von Gebäuden (Köhler u. Kaiser, 2019). Die Vegetations- und Substratschichten wirken als zusätzlicher Wärmeschutz. Im Winter können Heizenergieverluste reduziert werden, während im Sommer der Kühlenergiebedarf teilweise deutlich sinkt. Die tatsächliche Einsparung hängt allerdings von Dachaufbau, Gebäudegeometrie, Klimaregion und Nutzungsart ab. Meta-Analysen zeigen Einsparpotenziale von wenigen Prozent bis über 60 % beim sommerlichen Kühlenergiebedarf, wobei besonders intensive und bewässerte Dachsysteme hohe Wirkungen erzielen können.

Schlussfolgerung für die kommunale Praxis

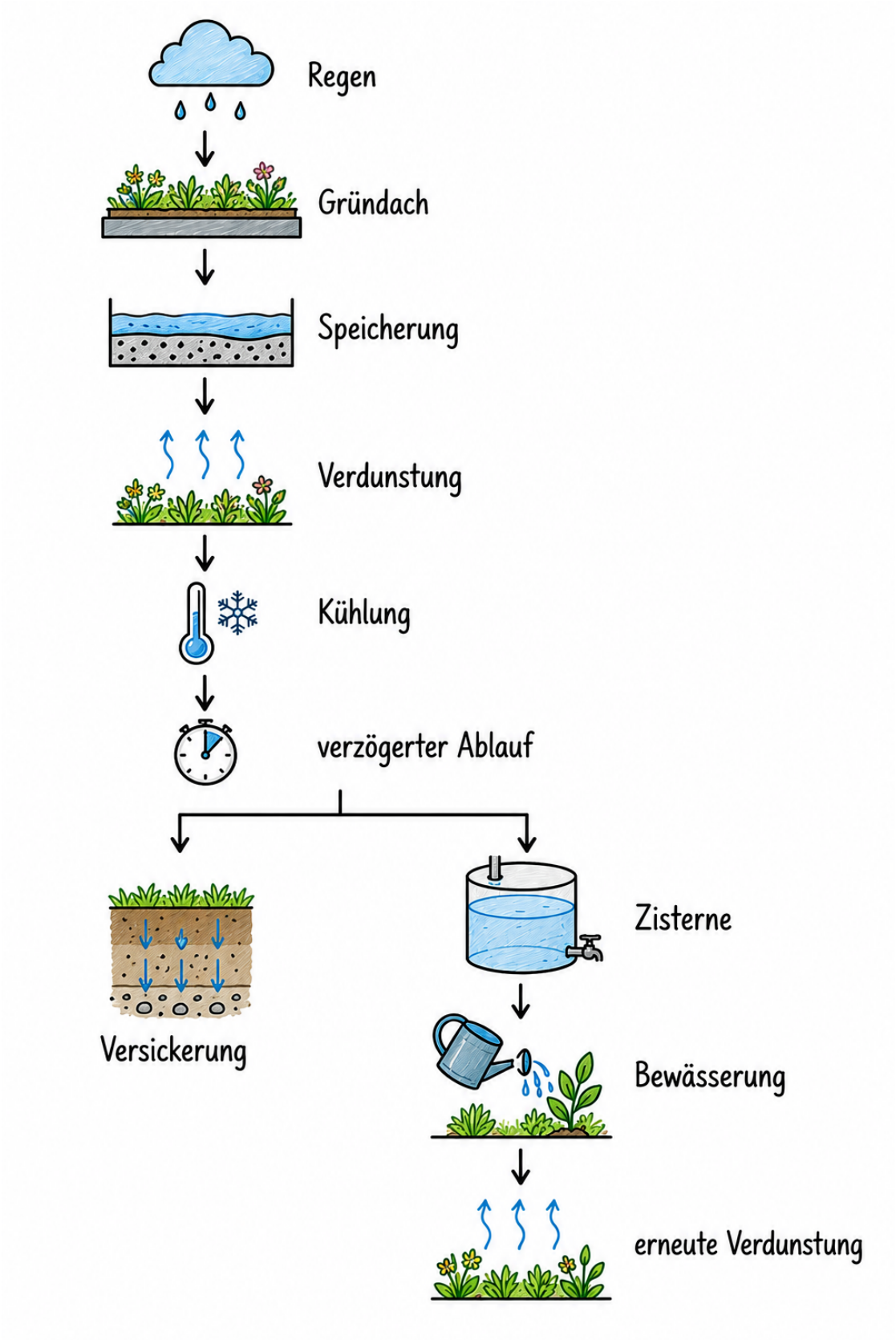
Gründächer sind weit mehr als Maßnahmen der Regenwasserbewirtschaftung. Sie verbinden Regenwasserrückhalt, Verdunstungskühlung, Energieeinsparung und eine höhere Aufenthaltsqualität in einer einzigen baulichen Lösung. Insbesondere multifunktionale Dachsysteme leisten damit einen wichtigen Beitrag zur Umsetzung kommunaler Klimaanpassungs- und Schwammstadtstrategien.

4.2 Regenwasserrückhalt und Schwammstadt

Der Umgang mit Regenwasser zählt zu den zentralen Aufgaben einer klimaangepassten Stadtentwicklung. Ziel des Schwammstadtprinzips ist es, Niederschläge möglichst dort zurückzuhalten, zwischenzuspeichern, zu verdunsten und, soweit möglich, vor Ort versickern zu lassen, anstatt sie unmittelbar über die Kanalisation abzuleiten (Abbildung 8). Multifunktionale Gründächer spielen dabei eine wichtige Rolle. Sie bewirtschaften Niederschlagswasser direkt am Gebäude und erbringen gleichzeitig weitere ökologische und klimatische Leistungen.

Gründächer wirken wie dezentrale Wasserspeicher. Niederschläge werden zunächst von der Vegetation aufgenommen und anschließend im Substrat sowie gegebenenfalls in zusätzlichen Retentions- oder Speicherelementen zurückgehalten. Dadurch werden Abflussspitzen reduziert und der Oberflächenabfluss zeitlich verzögert. Auch bei Starkregenereignissen wird nur ein Teil des Niederschlags unmittelbar an die Kanalisation abgegeben. Dies kann dazu beitragen, Entwässerungssysteme zu entlasten und das Risiko lokaler Überflutungen zu verringern. Gleichzeitig steht das gespeicherte Wasser für die Verdunstung zur Verfügung und trägt so zur Verbesserung des Mikroklimas bei.

Abbildung 8: Umgang mit Regenwasser am Gründach nach dem Schwammstadtprinzip



Quelle: Open AI (2026b).

Die Leistungsfähigkeit eines Gründaches hängt wesentlich von seinem Aufbau ab. Entscheidend sind insbesondere die Dicke und Wasserspeicherfähigkeit des Substrats, das Volumen der Drainage- und Retentionsschichten, die Vegetationszusammensetzung sowie die Dachneigung. Moderne Retentionsdächer können darüber hinaus mit regelbaren Abläufen oder digitalen Steuerungen ausgestattet werden, die Speichervolumen vor angekündigten Starkregenereignissen gezielt freigeben und dadurch zusätzliche Rückhaltekapazitäten schaffen. Ebenso können Regenwasserzisternen mit Gründächern kombiniert werden, sodass Niederschlagswasser in Trockenperioden für die Bewässerung wiederverwendet werden kann. Solche Systeme verbinden blau-grüne Infrastruktur mit einer ressourcenschonenden Wasserbewirtschaftung.

Für die Planung und Bewertung von Gründächern sind insbesondere drei Kenngrößen relevant: Erstens die Wasserspeicherkapazität des Dachaufbaus, zweitens der Abflussbeiwert als Maß für die Abflussreduzierung und drittens der jährliche Wasserrückhalt beziehungsweise die Verdunstungsleistung. Während in der Praxis häufig nur die kurzfristige Speicherkapazität betrachtet wird, ist für die Schwammstadt insbesondere die über das gesamte Jahr verdunstete Wassermenge von Bedeutung. Sie reduziert dauerhaft die Abflussmengen und trägt gleichzeitig zur sommerlichen Kühlung des Stadtklimas bei.

Aktuelle Untersuchungen zeigen, dass sich die Wasserrückhaltekapazität durch optimierte Substrate und zusätzliche Speicherlagen weiter steigern lässt. Bereits geringe Anteile strukturstabiler Zuschlagstoffe, beispielsweise Biokohle, verbessern die Wasserhaltefähigkeit und verzögern den Abfluss nach Starkregen. Gleichzeitig ermöglichen intelligente Retentionssysteme eine bessere Anpassung an unterschiedliche Niederschlagsereignisse.

Zahlreiche internationale Studien bestätigen die zentrale Rolle von Gründächern innerhalb der Schwammstadt. Meta-Analysen kommen übereinstimmend zu dem Ergebnis, dass begrünte Dächer sowohl die Abflussspitzen als auch die Gesamtabflussmenge deutlich reduzieren und gleichzeitig die Verdunstung erhöhen (Özer & Tansel 2025). Untersuchungen aus Hongkong zeigen zusätzlich, dass bei Starkregen eine zeitliche Verzögerung des Abflussbeginns von mindestens etwa 30 Minuten erreicht werden kann, während sich die abfließende Wassermenge um rund ein Drittel reduziert (Yang et al. 2025). Andere Arbeiten weisen darauf hin, dass Gründächer insbesondere häufig wiederkehrende Starkregenereignisse wirksam entschärfen können (Liu et al. 2025).

Ihre größte Wirkung entfalten Gründächer als Teil einer vernetzten blau-grünen Infrastruktur. Werden sie mit Maßnahmen wie Mulden-Rigolen-Systemen, Bioretentionsflächen, wasserdurchlässigen Belägen oder Regenrückhaltebecken kombiniert, erhöht sich die Gesamtleistung des Regenwassermanagements deutlich. Internationale Untersuchungen zeigen, dass solche kombinierten Systeme den Spitzenabfluss wesentlich stärker reduzieren als Einzelmaßnahmen und gleichzeitig wirtschaftlich sowie ökologisch vorteilhafter sind.

Schlussfolgerung für die kommunale Praxis

Gründächer sollten als Bestandteil einer integrierten Schwammstadtstrategie geplant und umgesetzt werden. Für Kommunen bedeutet dies, dass bei Bauleitplanung, Förderprogrammen und kommunalen Ausschreibungen nicht allein die Dachbegrünung an sich, sondern vor allem ihre wasserwirtschaftliche Leistungsfähigkeit berücksichtigt werden sollte. Besonders multifunktionale Retentionsdächer mit hoher Verdunstungsleistung und einer Einbindung in das kommunale Regenwassermanagement können wirksam zur Klimaanpassung, zur Entlastung der Kanalisation und zur Verbesserung des Stadtklimas beitragen (Wicke et al 2021).

4.3 Wasserreinigung und Pflanzenklärsysteme

Neben dem Wasserrückhalt können Gründächer in besonderen Anwendungsfällen auch zur Reinigung von Niederschlags-, Grau- oder Prozesswasser beitragen. Damit erweitern sie ihre Funktion innerhalb der Schwammstadt von einer reinen Retentionsmaßnahme zu einem Bestandteil einer dezentralen Wasserbewirtschaftung. Ziel ist es, Regenwasser mehrfach zu nutzen und Stoffkreisläufe innerhalb von Quartieren möglichst weitgehend zu schließen.

Eine besondere Form stellen bepflanzte Dachkläranlagen dar. Das Reinigungsprinzip entspricht den seit vielen Jahren bewährten Pflanzenkläranlagen am Boden. Durch die Kombination biologischer, chemischer und physikalischer Prozesse werden organische Stoffe und Nährstoffe im durchwurzelten Substrat zurückgehalten oder mikrobiell abgebaut. Gleichzeitig können Dachflächen als zusätzlicher Standort für solche Systeme genutzt werden, insbesondere dort, wo auf Grundstücken nur begrenzte Freiflächen zur Verfügung stehen.

Obwohl bislang nur wenige Anlagen über längere Zeit wissenschaftlich untersucht wurden, zeigen die vorhandenen Erfahrungen sehr gute Reinigungsergebnisse (Zehnsdorf & Trabitzsch, 2019). Neuere Untersuchungen bestätigen, dass begrünte Dach- und Fassadensysteme in Kombination mit weiteren Aufbereitungsverfahren Wasserqualitäten erreichen können, die den Anforderungen für verschiedene Formen der Wasserwiederverwendung entsprechen (Vobruba et al., 2025).

Schlussfolgerung für die kommunale Praxis

Für Neubauquartiere und größere öffentliche Gebäude können Pflanzenklärdächer künftig einen ergänzenden Baustein kommunaler Schwammstadtkonzepte darstellen. Insbesondere in Verbindung mit Regenwassernutzung, Grauwasseraufbereitung und Bewässerungskonzepten eröffnen sie zusätzliche Möglichkeiten einer ressourcenschonenden Wasserbewirtschaftung.

4.4 CO_2-Bindung und Beitrag zum Klimaschutz

Gründächer leisten auch einen Beitrag zum Klimaschutz. Pflanzen entziehen während ihres Wachstums Kohlendioxid aus der Atmosphäre und speichern den Kohlenstoff in ihrer Biomasse sowie teilweise im Substrat. Gleichzeitig reduzieren Gründächer durch ihre kühlende Wirkung den Kühlenergiebedarf von Gebäuden im Sommer und können effizienzsteigernd mit Photovoltaikanlagen kombiniert werden. Der Beitrag zum Klimaschutz ergibt sich somit aus mehreren sich ergänzenden Effekten.

Die unmittelbar in der Vegetation gespeicherte Kohlenstoffmenge ist bei extensiven Gründächern zwar vergleichsweise gering und hängt stark von Pflanzenart, Alter und Pflegezustand ab. Untersuchungen zeigen gebundene Kohlenstoffvorräte zwischen etwa 1,5 und 12 kg CO_2 je Quadratmeter Dachfläche (Köhler & Kaiser, 2021). Intensiv begrünte Dachgärten mit Gehölzen und Stauden erreichen aufgrund ihrer höheren Biomasse deutlich größere Speicherleistungen.

Noch wichtiger als die direkte Kohlenstoffbindung sind häufig die indirekten Klimaschutzeffekte. Durch geringere Oberflächentemperaturen sinkt der sommerliche Kühlenergiebedarf, gleichzeitig lassen sich Gründächer hervorragend mit Photovoltaikanlagen kombinieren. Die kühlere Umgebung verbessert den Wirkungsgrad der Solarmodule und ermöglicht eine Doppelnutzung der Dachfläche. Lebenszyklusanalysen zeigen, dass solche kombinierten Systeme einen erheblichen Beitrag zur Minderung der Treibhausgasemissionen leisten können.

Schlussfolgerung für die kommunale Praxis

Für Kommunen sollten Gründächer nicht ausschließlich unter dem Aspekt der Kohlenstoffspeicherung bewertet werden. Entscheidend ist vielmehr ihr gesamter Beitrag zu

Klimaschutz und Klimaneutralität durch Energieeinsparung, erneuerbare Energieerzeugung, längere Lebensdauer von Dachaufbauten und multifunktionale Nutzung der Dachflächen.

4.5 Biodiversität und Biotopverbund

Die Förderung der biologischen Vielfalt gehört neben dem Regenwassermanagement und der Klimaanpassung zu den zentralen Zielen einer Schwammstadt. Gründächer übernehmen dabei wichtige Funktionen als Bestandteil der blau-grünen Infrastruktur. Sie schaffen zusätzliche Lebensräume, verbinden bestehende Grünflächen miteinander und wirken als sogenannte Trittsteinbiotope innerhalb dicht bebauter Stadtquartiere.

Insbesondere in stark versiegelten Städten können Dachbegrünungen einen Teil der verlorengegangenen Vegetationsflächen ersetzen. Sie bieten Lebensräume für Pflanzen, Insekten und zahlreiche weitere Tierarten und verbessern gleichzeitig die Aufenthaltsqualität für die Bevölkerung. Von besonderer Bedeutung sind Bestäuber wie Wildbienen, Schmetterlinge und andere Insekten, deren Lebensräume in Städten zunehmend unter Druck geraten.

Die ökologische Qualität eines Gründaches hängt wesentlich von seiner Gestaltung ab. Wissenschaftliche Untersuchungen zeigen, dass insbesondere größere Substratstärken, unterschiedliche Feuchtigkeitsbereiche, besonnte und beschattete Teilflächen sowie eine hohe Strukturvielfalt den Artenreichtum deutlich erhöhen (Oberndorfer et al., 2007). Untersuchungen zeigen zudem, dass insbesondere eine hohe kleinräumige Habitatvielfalt und eine angepasste Pflege entscheidend für eine dauerhaft hohe Biodiversität sind.

Vergleichsstudien zeigen allerdings auch die Grenzen von Gründächern. Naturnahe Parks und größere Grünflächen erreichen weiterhin höhere Artenzahlen als selbst hochwertige Dachbegrünungen (Chen et al. 2025). Daraus folgt jedoch nicht, dass Gründächer weniger wichtig wären. Vielmehr ergänzen sie bestehende Grünflächen und schließen Lücken im städtischen Biotopverbund.

Schlussfolgerung für die kommunale Praxis

Kommunen sollten den Beitrag von Gründächern zur Biodiversität nicht allein anhand der Größe der begrünten Fläche bewerten, sondern vor allem anhand ihrer ökologischen Qualität. Strukturreiche, multifunktionale Gründächer mit unterschiedlichen Substratstärken, vielfältiger Vegetation und guter Vernetzung mit Parks, Straßenbäumen und Fassadenbegrünungen leisten den größten Beitrag zur biologischen Vielfalt der Schwammstadt.

4.6 Energiegewinnung durch Biosolardächer

Die Kombination von Dachbegrünung und Photovoltaik zählt zu den besonders leistungsfähigen Dachsystemen im Sinne der Schwammstadt. Biosolardächer verbinden Regenwasserrückhalt, Verdunstungskühlung, Biodiversität und erneuerbare Energieerzeugung auf derselben Dachfläche. Sie unterstützen gleichzeitig die Ziele der Klimaanpassung, des Klimaschutzes und der Schwammstadt und gelten als besonders effiziente Form multifunktionaler Dachnutzung.

Die Kombination von Vegetation und Photovoltaik führt zu nachweisbaren Synergieeffekten. Während die Vegetation durch Verdunstung die Oberflächentemperatur des Daches senkt, profitieren die Solarmodule von niedrigeren Betriebstemperaturen. Da der Wirkungsgrad von Photovoltaik mit steigender Modultemperatur abnimmt, kann die natürliche Kühlung des Gründaches den Stromertrag erhöhen. Mehrere internationale Untersuchungen berichten je nach Aufbau, Klima und Vegetation, über Ertragssteigerungen zwischen etwa 1 und 5 %. Fleck et al. (2022a, b) ermittelten in Australien einen Mehrertrag von durchschnittlich 3,6 %, andere Meta-Analysen bestätigen vergleichbare Größenordnungen.

Für Kommunen sind Biosolardächer besonders attraktiv, weil sie mehrere Funktionen auf derselben Fläche vereinen. Sie tragen zur lokalen Stromerzeugung aus erneuerbaren Energien bei, erhöhen den Regenwasserrückhalt, verbessern die Verdunstungskühlung und schaffen zusätzliche Lebensräume für Pflanzen und Insekten. Dadurch steigt die Flächeneffizienz begrenzter Dachflächen erheblich. Gerade in dicht bebauten Quartieren, in denen Freiflächen knapp sind, stellen Biosolardächer eine besonders wirksame Form multifunktionaler Infrastruktur dar.

Die Aufständerung der Module erzeugt unterschiedliche Licht-, Temperatur- und Feuchteverhältnisse. Dadurch entstehen kleinräumige Standortunterschiede, die den Artenreichtum auf dem Dach erhöhen können. Beschattete und besonnte Bereiche ergänzen sich und schaffen zusätzliche Lebensräume für Pflanzen und Insekten (Schindler et al., 2018).

Die geringeren Temperaturen auf begrünten Dächern können zudem die Betriebsbedingungen technischer Anlagen verbessern. Lüftungsanlagen, Wärmepumpen, Kälteanlagen oder Rechenzentrumstechnik arbeiten bei niedrigeren Umgebungstemperaturen effizienter und können dadurch energieeffizienter betrieben werden. Dieser zusätzliche Nutzen gewinnt insbesondere im Zuge zunehmender sommerlicher Hitzeperioden an Bedeutung.

Einzelne Studien weisen darauf hin, dass großflächige Photovoltaikanlagen ohne Begrünung lokal zur Erwärmung von Dachoberflächen beitragen können. Die Kombination mit Dachbegrünungen kann diesen Effekt deutlich mindern und trägt dazu bei, sowohl die Energieerzeugung als auch das Mikroklima zu optimieren (Khan et al., 2025).

Mehrere aktuelle Meta-Analysen (Talwar et al., 2023; Liao et al., 2025) bestätigen die positiven Wechselwirkungen zwischen Dachbegrünung und Photovoltaik. Der erzielbare Mehrertrag hängt insbesondere von der Modulhöhe, der Vegetationszusammensetzung, der Bewässerung sowie den lokalen Klimabedingungen ab. Zusätzliche Bewässerung während sommerlicher Trockenperioden kann sowohl die Verdunstungskühlung als auch den PV-Ertrag weiter verbessern (Houchmand et al., 2025).

Schlussfolgerung für die kommunale Praxis

Biosolardächer sollten insbesondere auf öffentlichen Gebäuden, Schulen, Verwaltungsgebäuden, Sporthallen und Gewerbeneubauten verstärkt umgesetzt und gezielt gefördert werden. Sie verbinden erneuerbare Energieerzeugung mit Regenwassermanagement, Biodiversität und Klimaanpassung und ermöglichen damit eine besonders effiziente Nutzung begrenzter Dachflächen. Für Kommunen zählen sie zu den wichtigsten Bausteinen einer klimaresilienten Schwammstadt.

Planungsfazit: Biosolardächer zählen aufgrund ihrer Mehrfachwirkung zu den bevorzugten Dachsystemen für kommunale Schwammstadt- und Klimastrategien.

4.7 Aufenthaltsqualität, Gesundheit und Umweltbildung

Neben ihren wasserwirtschaftlichen und klimatischen Funktionen leisten multifunktionale Gründächer auch einen wichtigen Beitrag zur Gesundheitsvorsorge und zur Aufenthaltsqualität in Städten. Gerade in verdichteten Quartieren schaffen sie zusätzliche naturnahe Aufenthaltsräume und ermöglichen Naturerfahrungen dort, wo ebenerdige Grünflächen häufig fehlen.

Zahlreiche Studien belegen die positiven Wirkungen begrünter Dächer auf das psychische Wohlbefinden. Studien zeigen, dass bereits kurze Blickkontakte mit begrünten Dachflächen Konzentration und Aufmerksamkeit fördern sowie das subjektive Stressempfinden verringern können (Lee et al., 2014, 2015, 2018). Besonders positiv werden abwechslungsreich gestaltete

Dächer mit einer vielfältigen Vegetation wahrgenommen. Die Ergebnisse unterstreichen, dass Dachbegrünungen nicht nur technische Funktionen erfüllen, sondern auch als qualitätsvolle Aufenthalts- und Erholungsräume wirken können.

Auch wenn sich viele klassische Untersuchungen auf Grünflächen allgemein beziehen, lassen sich deren Erkenntnisse grundsätzlich auf begrünte Dächer übertragen, sofern diese sichtbar oder zugänglich sind. Bereits Ulrich (1984) zeigte, dass Patienten mit Blick auf Bäume nach Operationen schneller genasen, als Patienten mit Ausblick auf Gebäudewände. Weitere Studien belegen Zusammenhänge zwischen einem höheren Grünflächenanteil und einer besseren körperlichen und psychischen Gesundheit sowie geringeren Sterblichkeitsraten (Mitchell und Popham, 2008; Vries et al., 2003; Maas et al., 2009).

Die Erkenntnisse sprechen dafür, Dachbegrünungen nicht ausschließlich als technische Klimaanpassungsmaßnahme zu betrachten. Insbesondere begehbare Dachgärten auf Schulen, Kindertagesstätten, Verwaltungsgebäuden, Krankenhäusern oder Wohnquartieren können Aufenthaltsqualität, Umweltgerechtigkeit und Gesundheitsvorsorge miteinander verbinden. Solche Flächen schaffen wohnungsnahe Erholungsräume, verbessern das Mikroklima und tragen gleichzeitig zur sozialen Aufenthaltsqualität im Quartier bei.

Darüber hinaus besitzen multifunktionale Gründächer ein erhebliches Potenzial für Umweltbildung. Insbesondere auf Schulen, Hochschulen oder öffentlichen Gebäuden können sie als anschauliche Lernorte genutzt werden. Themen wie Regenwassermanagement, Biodiversität, Klimawandel, erneuerbare Energien oder Kreislaufwirtschaft lassen sich unmittelbar am realen Objekt vermitteln. Biosolardächer bieten hierbei die Möglichkeit, ökologische Zusammenhänge zwischen Vegetation, Wasserkreislauf und Energieerzeugung praxisnah zu demonstrieren.

Bei der Planung öffentlicher Gebäude sollte daher frühzeitig geprüft werden, ob Dachflächen nicht nur begrünt, sondern auch zugänglich gestaltet werden können. Aufenthaltsbereiche, Dachgärten und Lernorte können den gesellschaftlichen Nutzen solcher Investitionen deutlich erhöhen. Gerade Schulen, Kindertagesstätten, Pflegeeinrichtungen und Krankenhäuser eignen sich besonders für solche multifunktionalen Lösungen.

Planungsfazit

Multifunktionale Gründächer stärken nicht nur die Klimaresilienz der Schwammstadt, sondern fördern zugleich Aufenthaltsqualität, Gesundheit und Umweltbildung. Diese zusätzlichen gesellschaftlichen Leistungen sollten insbesondere bei öffentlichen Gebäuden, Bildungseinrichtungen und Wohnquartieren berücksichtigt werden.

4.8 Gründächer und Brandschutz

Der Brandschutz gehört zu den grundlegenden Anforderungen jeder Dachkonstruktion und ist auch bei begrünten Dächern bereits in der Planung zu berücksichtigen. Fachgerecht geplante und ausgeführte Gründächer können die Anforderungen des vorbeugenden Brandschutzes erfüllen und gleichzeitig wichtige Funktionen für Klimaanpassung, Regenwassermanagement und Biodiversität übernehmen. Grundlage hierfür sind insbesondere die bauordnungsrechtlichen Anforderungen sowie die anerkannten Regeln der Technik, beispielsweise die FLL-Richtlinien zur Dachbegrünung.

Zwischen extensiven und intensiven Gründächern bestehen hinsichtlich des Brandschutzes Unterschiede (siehe Tabelle 4). Extensive Dachbegrünungen weisen aufgrund ihrer geringen Substratstärken, des niedrigen Anteils organischer Bestandteile und der überwiegend verwendeten Sedum-Vegetation grundsätzlich ein vergleichsweise geringes Brandpotenzial auf. Sedum-Arten speichern Wasser in ihren Blättern und gelten daher als weniger leicht entflammbar als trockenheitsanfällige Gräser oder Gehölze. Voraussetzung ist jedoch auch hier

eine regelmäßige Unterhaltungspflege, insbesondere die Entfernung von Gehölzaufwuchs und abgestorbenen Pflanzenteilen.

Intensive Gründächer besitzen aufgrund größerer Substrattiefen und einer vielfältigeren Vegetation mit Stauden, Gräsern, Sträuchern oder kleineren Gehölzen grundsätzlich ein höheres Brandpotenzial. Dieses Risiko lässt sich jedoch durch eine fachgerechte Planung, geeignete Substrate mit begrenztem Anteil organischer Bestandteile, eine ausreichende Wasserversorgung sowie eine regelmäßige Pflege wirksam reduzieren. Von besonderer Bedeutung sind dabei brandschutzgerechte Trennstreifen sowie dauerhaft freigehaltene Wartungs- und Rettungswege.

Bei Biosolardächern ist der Brandschutz gemeinsam mit der Photovoltaikanlage zu betrachten. Die Anordnung der Module sollte so erfolgen, dass Wartung, Kontrolle und gegebenenfalls Feuerwehreinsätze jederzeit möglich bleiben. Gleichzeitig ist sicherzustellen, dass die Vegetation die Module nicht überwächst und sich unter den Modulen keine trockene Biomasse ansammelt. Eine regelmäßige Pflege dient dabei sowohl dem Erhalt der Leistungsfähigkeit der Photovoltaikanlage als auch dem vorbeugenden Brandschutz.

Auch die Auswahl der verwendeten Baustoffe verdient besondere Aufmerksamkeit. Für Dachabdichtungen, Schutzlagen und weitere Komponenten sollten möglichst Materialien verwendet werden, die den brandschutztechnischen Anforderungen entsprechen und gleichzeitig geringe Umweltwirkungen aufweisen.

Aus Sicht der Schwammstadt stehen Brandschutz und Dachbegrünung nicht im Widerspruch. Fachgerecht geplante und gepflegte Gründächer können Regenwasser zurückhalten, zur Kühlung beitragen, Lebensräume schaffen und zugleich die Anforderungen des vorbeugenden Brandschutzes erfüllen. Entscheidend ist, den Brandschutz frühzeitig in die Planung einzubeziehen und bei Betrieb und Pflege dauerhaft zu berücksichtigen.

Tabelle 4: Brandlastdichte für Gründächer und ihre Komponenten*

Baustoff	Brandlast (Dichte in MJ/m²)
Pflanzsubstrat	
Mit 5% organischem Anteil	12,3
Mit 15% organischem Anteil	36,9
Typischer Gründach Gesamtaufbau	
Extensiv	14,2–19,7
Semi-intensiv	15,5–42,1
Intensiv	52,0–85,8

* (n. Gerzhova et al. (2020))

Planungsfazit: Kommunen sollten Brandschutzanforderungen frühzeitig in Gründachleitfäden, Förderprogramme und Ausschreibungen integrieren. Vorrangig unterstützt werden sollten geprüfte Systemaufbauten mit nachgewiesenem Feuerwiderstand, geeigneten Substraten und verbindlichen Pflegekonzepten. Auf diese Weise lassen sich die Anforderungen des vorbeugenden Brandschutzes mit den Zielen der Schwammstadt und der Klimaanpassung wirksam verbinden.

4.9 Lärmminderung durch Gebäudebegrünung

Neben den klimatischen und wasserwirtschaftlichen Leistungen tragen begrünte Dächer und Fassaden auch zur Verbesserung der akustischen Umweltqualität in Städten bei. Insbesondere in dicht bebauten Stadtquartieren können Vegetation und mehrschichtige Gründachaufbauten

Schall absorbieren und Reflexionen verringern. Dadurch lässt sich die Lärmbelastung reduzieren.

Experimentelle Untersuchungen zeigen, dass der Umfang der Schallminderung von der Frequenz des Schalls, dem Schichtaufbau sowie der Vegetation abhängt. Attal und Dauchez (2025) berichten je nach Frequenzbereich und Aufbau Minderungen zwischen 0,1 und 15 dB. Frühere Untersuchungen, zusammengefasst bei Manso et al. (2021), zeigen insbesondere im mittleren und höheren Frequenzbereich Schalldämpfungen von bis zu 20 dB oder darüber.

Neben der objektiven Schalldämpfung spielt auch die subjektive Wahrnehmung eine wichtige Rolle. Natürliche Geräusche wie Wasser oder Vogelstimmen werden von Menschen häufig deutlich angenehmer empfunden als Verkehrslärm. Begrünte Stadtquartiere können daher sowohl die physikalische als auch die wahrgenommene Lärmbelastung reduzieren.

Planungsfazit: Gebäudebegrünungen können den kommunalen Lärmschutz sinnvoll ergänzen. Insbesondere entlang stark befahrener Straßen sowie an Schulen, Kindertagesstätten und in Wohngebieten sollten Dach- und Fassadenbegrünungen als Bestandteil integrierter Freiraum- und Schwammstadtkonzepte berücksichtigt werden.

4.10 Langlebigkeit und Ressourceneffizienz

Neben den unmittelbaren Umweltwirkungen spielt die Lebensdauer eines Gründaches eine entscheidende Rolle für dessen Nachhaltigkeit. Je länger Dachabdichtung und Dachaufbau genutzt werden können, desto geringer sind Materialverbrauch, Ressourcenbedarf und CO_2-Emissionen über den gesamten Lebenszyklus.

Schutzwirkung und Lebensdauer

Gründächer schützen die Dachabdichtung dauerhaft vor UV-Strahlung, extremen Temperaturwechseln, Hagelschlag sowie weiteren Witterungs- und Nutzungseinflüssen. Während konventionelle Flachdächer der direkten Sonneneinstrahlung und den damit verbundenen Ausdehnungs- und Schrumpfungsprozessen ausgesetzt sind, wirkt der Vegetationsaufbau als natürliche Schutzschicht. Dadurch werden Temperaturschwankungen abgepuffert und Alterungsprozesse der Dachabdichtung deutlich verlangsamt (Blackhurst et al., 2010; Manso et al., 2021). Dies führt zu einer erheblichen Verlängerung der Nutzungsdauer der Dachabdichtung und reduziert gleichzeitig den Bedarf an Reparaturen und Erneuerungen.

Die Lebensdauer konventioneller Flachdächer wird je nach Material häufig mit etwa 10 bis 20 Jahren angegeben. Begrünte Dächer erreichen dagegen nach zahlreichen Untersuchungen Nutzungszeiten von über 50 Jahren (Manso et al., 2018). Die von Kazemian und Xiang (2025) ausgewerteten internationalen Studien bestätigen diese Größenordnung. Die dort berücksichtigten Veröffentlichungen reichen von einer nachgewiesenen Mindestlebensdauer von etwa 20 Jahren (Ji et al., 2022) bis zu dokumentierten Nutzungszeiten von mehr als 50 Jahren (Nordman et al., 2018; Perovic et al., 2023).

Lebenszykluskosten

Höhere Investitionskosten für Dachbegrünungen sollten im Zusammenhang mit dem gesamten Lebenszyklus eines Gebäudes betrachtet werden. Durch die längere Nutzungsdauer der Dachabdichtung sowie den geringeren Reparatur- und Erneuerungsbedarf sinken die Gesamtkosten über mehrere Jahrzehnte erheblich. Hinzu kommen Einsparungen durch reduzierte Kühlenergie, geringere Belastungen der Regenwasserinfrastruktur sowie zusätzliche ökologische Leistungen der Dachbegrünung. Lebenszyklusbetrachtungen (Life Cycle Costing, LCC) ermöglichen daher eine deutlich realistischere wirtschaftliche Bewertung als der reine Vergleich der Herstellungskosten.

Eine umfassende Untersuchung von Correia Marrana et al. (2017) zeigt, dass sich die Wirtschaftlichkeit von Flachdächern nur unter Einbeziehung sämtlicher Lebenszykluskosten beurteilen lässt. Berücksichtigt wurden dabei Herstellung, Transport, Einbau, Energieverbrauch, Wartung und Rückbau. Gerade durch die längere Nutzungsdauer ergeben sich für begrünte Dächer langfristige wirtschaftliche Vorteile.

Internationale Kostenvergleiche

Die Investitions- und Unterhaltungskosten von Gründächern unterscheiden sich international zum Teil erheblich. Die Meta-Analyse von Kazemian und Xiang (2025) zeigt Baukosten von durchschnittlich rund 22 €/m² in China bis zu etwa 340 €/m² in Europa und Nordamerika. Auch die jährlichen Pflegekosten variieren deutlich und reichen von etwa 1 €/m² bis zu maximal etwa 13 €/m². Ursache sind unterschiedliche Bauweisen, Materialpreise, Lohnkosten und Qualitätsstandards. Für kommunale Planungen bedeutet dies, dass internationale Kostenangaben nur eingeschränkt vergleichbar sind und stets vor dem Hintergrund regionaler Rahmenbedingungen bewertet werden sollten.

Ressourcenschonung

Neben den wirtschaftlichen Vorteilen tragen Gründächer wesentlich zur Ressourcenschonung bei. Die verlängerte Nutzungsdauer reduziert den Materialverbrauch für Dachsanierungen und vermeidet Emissionen, die bei Herstellung, Transport und Einbau neuer Dachmaterialien entstehen. Gleichzeitig werden Abfallmengen verringert und natürliche Ressourcen geschont.

Internationale Meta-Analysen kommen übereinstimmend zu dem Ergebnis, dass sich Gründächer insbesondere über ihre lange Nutzungsdauer und die vermiedenen Erneuerungszyklen positiv auf die Umweltbilanz auswirken. Werden zusätzlich Recyclingmaterialien eingesetzt oder kreislauffähige Bauprodukte verwendet, verbessert sich die Ressourceneffizienz weiter. Damit unterstützen Gründächer sowohl die Klimaanpassung als auch die Ziele einer ressourcenschonenden Kreislaufwirtschaft.

Planungsfazit für Kommunen

Bei der Bewertung von Dachbegrünungen sollten Kommunen nicht allein die Investitionskosten betrachten. Entscheidend sind die Lebenszykluskosten einschließlich Wartung, Reparaturen, Ersatzinvestitionen und der verlängerten Nutzungsdauer der Dachabdichtung. Lebenszyklusbetrachtungen zeigen, dass hochwertige multifunktionale Gründächer trotz höherer Anfangsinvestitionen langfristig wirtschaftliche Vorteile bieten können. Förderprogramme und Ausschreibungen sollten diese Perspektive stärker berücksichtigen.

4.11 Moosbegrünungen zur Luftreinhaltung und Feinstaubbindung

Moosbegrünungen stellen eine spezielle Form der Gebäudebegrünung dar und eignen sich insbesondere für Gebäude mit geringer Tragreserve oder für Fassaden und Dächer mit begrenzten Lastreserven. Aufgrund ihres geringen Eigengewichts können sie dort eingesetzt werden, wo klassische Begrünungssysteme nur eingeschränkt möglich sind.

Besonders in hoch verdichteten Innenstädten mit hoher Luftschadstoffbelastung können Moosbegrünungen einen ergänzenden Beitrag zur Luftreinhaltung leisten. Sie ersetzen klassische Dach- oder Fassadenbegrünungen nicht, können diese jedoch an Standorten mit begrenzter Tragfähigkeit sinnvoll ergänzen.

Planungsfazit: Moosbegrünungen eignen sich insbesondere für leichte Dach- und Fassadenkonstruktionen sowie für Gebäude mit begrenzten Tragreserven. In dicht bebauten Stadtquartieren mit hoher Luftschadstoffbelastung können sie als ergänzende Maßnahme geprüft werden.

4.12 Dachlandwirtschaft und lokale Lebensmittelproduktion

Dachlandwirtschaft stellt eine Weiterentwicklung intensiver Gründächer dar. Neben den klassischen Ökosystemleistungen wie Regenwasserrückhalt, Verdunstungskühlung und Biodiversität, ermöglicht sie zusätzlich eine lokale Lebensmittelproduktion und stärkt damit die Resilienz städtischer Quartiere.

Internationale Untersuchungen zeigen, dass große Dachflächenpotenziale für den Gemüseanbau bestehen. Besonders Singapur verfolgt mit seiner „30 by 30"-Strategie das Ziel, die lokale Lebensmittelproduktion deutlich auszubauen. Im Rahmen dieser Strategie wird angestrebt, die lokale Lebensmittelproduktion bis 2030 deutlich auszubauen und zusätzliche Flächen (30 %), darunter auch Dachflächen, für die urbane Landwirtschaft zu erschließen.

Gleichzeitig bestehen Flächenkonkurrenzen zwischen Dachlandwirtschaft, Photovoltaik, Aufenthaltsflächen und klassischen Gründächern. Ziel zukünftiger Planungen sollte daher nicht die Konkurrenz, sondern die intelligente Kombination dieser Nutzungen sein. Multifunktionale Dachsysteme können je nach Standort unterschiedliche Schwerpunkte setzen.

Für Kommunen eröffnet Dachlandwirtschaft insbesondere auf Schulen, öffentlichen Gebäuden, Wohnquartieren und sozialen Einrichtungen neue Möglichkeiten der Umweltbildung, Nahversorgung und Klimaanpassung. Sie kann zugleich Bestandteil von Bildungsprojekten, Quartiersentwicklung und kommunalen Ernährungsstrategien sein.

Planungsfazit: Dachlandwirtschaft erweitert multifunktionale Gründächer um die Nutzungskomponente der lokalen Lebensmittelproduktion. Sie kann insbesondere dort sinnvoll sein, wo Klimaanpassung, Umweltbildung, soziale Integration und urbane Ernährungssysteme gemeinsam gestärkt werden sollen.

4.13 Kombinationseffekte multifunktionaler Dächer

Die in den vorangegangenen Abschnitten dargestellten Leistungen von Gründächern treten in der Praxis selten isoliert auf. Vielmehr entstehen die größten ökologischen und wirtschaftlichen Vorteile durch die Kombination mehrerer Funktionen auf einer Dachfläche. Multifunktionale Dächer können gleichzeitig zum Regenwasserrückhalt, zur Kühlung des Stadtklimas, zur Förderung der Biodiversität, zur Energiegewinnung, zur Verbesserung der Aufenthaltsqualität sowie zur Verlängerung der Lebensdauer der Dachabdichtung beitragen. Aus Sicht der Schwammstadt bieten integrierte Lösungen in der Regel deutlich größere Vorteile als monofunktionale Dachnutzungen.

Nicht alle Funktionen lassen sich jedoch mit gleicher Intensität auf einem einzelnen Dach realisieren. Bereits zu Beginn der Planung sollten daher die Projektziele priorisiert werden. Neben den baulichen Randbedingungen, insbesondere der Tragfähigkeit und Statik, sind auch der verfügbare Kostenrahmen sowie die langfristige Finanzierung von Pflege und Wartung zu berücksichtigen. Förderprogramme können die Investition erleichtern, ersetzen jedoch keine dauerhaft gesicherte Unterhaltung. Ziel der Planung sollte nicht die Optimierung einer einzelnen Funktion sein, sondern ein ausgewogenes Verhältnis der für das jeweilige Projekt relevanten Leistungen.

Kommunale Förderprogramme und planerische Vorgaben sollten stärker an den tatsächlich erreichten Ökosystemleistungen ausgerichtet werden als an einem bestimmten Dachtyp. Multifunktionale Dächer unterstützen gleichzeitig mehrere kommunale Ziele – Klimaanpassung, Starkregenvorsorge, Biodiversitätsförderung, Energieversorgung und Aufenthaltsqualität – und leisten damit einen wichtigen Beitrag zur Umsetzung von Schwammstadt- und Klimaanpassungsstrategien.

Neben der technischen Leistungsfähigkeit spielt auch die gesellschaftliche Akzeptanz multifunktionaler Dächer eine wichtige Rolle. Blau-grüne Infrastruktur verbindet technische und naturnahe Elemente und prägt zunehmend das Stadtbild. Wang und Foley (2025) untersuchten anhand von Fotobewertungen die Akzeptanz unterschiedlicher Gestaltungsformen in Dublin und Xi'an. In beiden Städten wurden Dächer mit einer ausgewogenen Kombination aus technischer Funktion und naturnaher Gestaltung am positivsten bewertet. Die Ergebnisse verdeutlichen, dass die Vorteile multifunktionaler Dächer frühzeitig kommuniziert und sichtbar gemacht werden sollten. Dies kann dazu beitragen, Akzeptanz und Unterstützung in der Bevölkerung zu stärken.

Planungsfazit

Multifunktionale Gründächer sollten als fester Bestandteil kommunaler Klimaanpassungs- und Schwammstadtstrategien betrachtet werden. Die Auswahl des geeigneten Dachsystems sollte sich an den jeweiligen Projektzielen orientieren und möglichst mehrere Ökosystemleistungen miteinander verbinden (siehe Tabelle 5). Je früher diese Anforderungen in Planung und Projektentwicklung berücksichtigt werden, desto größer sind die ökologischen, wirtschaftlichen und gesellschaftlichen Vorteile über den gesamten Lebenszyklus eines Gebäudes.

Tabelle 5: Übersicht der Leistungen von verschiedenen Gründachtypen

Dachtyp	Regenrückhalt	Kühlung	Biodiversität	PV	Nutzung
Extensiv	++	++	+	+	–
Retention	+++	+++	++	++	–
Biodiversitätsdach	++	++	+++	+	–
Biosolar	++	++	++	+++	–
Dachgarten	++	+++	+++	+	+++

5 Wirtschaftlichkeit und Lebenszykluskosten

Die Wirtschaftlichkeit von Gründächern sollte nicht allein anhand der Investitionskosten bewertet werden. Erst die Betrachtung über den gesamten Lebenszyklus zeigt die tatsächlichen wirtschaftlichen Auswirkungen. Dabei werden neben den Herstellungskosten auch Aspekte wie Nutzungsdauer, Betriebskosten, Wartung, Ersatzinvestitionen sowie zusätzliche Nutzen für Klimaanpassung und Regenwassermanagement berücksichtigt.

Gründächer bieten sowohl direkte wirtschaftliche Vorteile als auch zusätzliche gesellschaftliche Nutzen. Zu den direkt monetarisierbaren Effekten zählen beispielsweise Energieeinsparungen, reduzierte Niederschlagswassergebühren oder eine längere Nutzungsdauer der Dachabdichtung. Darüber hinaus entstehen positive Wirkungen für Klimaanpassung, Aufenthaltsqualität, Biodiversität und die städtische Lebensqualität. Diese lassen sich bislang nur teilweise in klassische Wirtschaftlichkeitsberechnungen einbeziehen.

Lebenszyklusanalysen zeigen, dass sich die höheren Investitionskosten von Gründächern durch ihre längere Nutzungsdauer häufig weitgehend ausgleichen. Werden die Gesamtkosten auf die tatsächliche Nutzungszeit verteilt, sinken die jährlichen Kosten deutlich. Während ein konventionelles Flachdach bei einer angenommenen Lebensdauer von 20 Jahren jährliche Kosten von rund 12,85 €/m² verursacht, reduzieren sich diese bei einer Nutzungsdauer von 50 Jahren auf etwa 5,14 €/m². Daraus ergibt sich eine rechnerische Einsparung von rund 7,7 €/m² und Jahr (Correia-Marrana et al., 2017).

Internationale Untersuchungen zeigen zudem, dass die Wirtschaftlichkeit von Gründächern auf dem Zusammenwirken mehrerer Effekte beruht. Hierzu zählen geringere Betriebs- und Energiekosten, die längere Lebensdauer der Dachkonstruktion, vermiedene Treibhausgasemissionen, eine höhere Attraktivität von Gebäuden sowie mögliche Wertsteigerungen von Immobilien.

Ein Feldversuch im chinesischen Wuxi zeigte beispielsweise, dass extensive Gründächer pro Quadratmeter und Jahr rund 11,5 kWh Strom einsparen und etwa 1,8 kg CO_2 binden können (Cai et al., 2019). Unter Berücksichtigung dieser energetischen und ökologischen Wirkungen ergab sich eine Amortisationszeit von etwa zehn Jahren. Auch Kuronuma et al. (2018) kommen zu dem Ergebnis, dass die CO_2-Bilanz extensiver Gründächer bereits nach sechs bis sechzehn Jahren positiv werden kann. Danach übersteigen die durch das Gründach erzielten Einsparungen und Kohlenstoffbindungen die Emissionen aus Herstellung und Errichtung des Systems.

Neben den Betriebskostenvorteilen können hochwertige Gründächer auch zur Wertsteigerung von Immobilien beitragen. Jo und Richards (2020) wiesen im Umfeld der High Line in New York deutliche Wertsteigerungen von Wohnimmobilien nach. Zwar lassen sich diese Effekte nicht ausschließlich auf Dachbegrünungen zurückführen, sie verdeutlichen jedoch den wirtschaftlichen Mehrwert hochwertiger grüner Infrastruktur im städtischen Raum. Gleichzeitig zeigen solche Beispiele, dass ökologische Aufwertungen durch geeignete Instrumente einer sozialverträglichen Stadtentwicklung begleitet werden sollten, um Verdrängungseffekte und sogenannte Öko-Gentrifizierung zu vermeiden.

Dass sich die wirtschaftlichen Vorteile naturbasierter Lösungen zunehmend quantifizieren lassen, zeigt auch eine Untersuchung von Kogler et al. (2025). Für ein umfassend begrüntes Stadthotel in Wien wurden jährliche Zusatznutzen von rund 340.000 € sowie eine einmalige Wertsteigerung der Immobilie von mehr als einer Million Euro ermittelt. Die Ergebnisse verdeutlichen, dass Gründächer und andere Elemente der grünen Infrastruktur nicht nur Umweltmaßnahmen sind, sondern auch langfristige Investitionen in die Werthaltigkeit von Gebäuden und Quartieren darstellen.

Die in Tabelle 6 dargestellten Werte zeigen beispielhaft, welche jährlichen wirtschaftlichen Leistungen Gründächer erbringen können. Die Angaben dienen als Orientierungswerte und basieren auf aktuellen Energiepreisen sowie den Kosten der Regenwasserbewirtschaftung in Deutschland.

Tabelle 6: Übersicht zum ökologisch/ökonomischen Nutzen von Gründächern*

Bewertung	Einheiten, Angaben pro Jahr	Menge in m²/Jahr	Ökonomischer Wert in € pro m² im Jahr
CO_2 Speicherung und O_2-Freisetzung	Absorption in (kg/m²) Freisetzung O_2 (kg/m²	1,2 kg/m² 0,9 kg/m²	0,054 €/m² 0,24 €/m²
Kühlleistung	Energie Einsparung in (kWh/m²) CO_2-Reduktion in (kg/m²)	42,29 kWh/m² 4,484 kg/m²	4,876 €/m² 0,292 €/m²
Regenwasser-Bewirtschaftung	Wassereinsparung (l/m²) CO_2-Reduktion in (kg/m²)	50 l/m² = 0,05m³/m² 0,04125 kg/m²	0,09 €/m² 0,003 €/m²
Ergebnis 1: Reduktion der CO_2-Emissionen		**5,73 kg CO_2/m²**	
Ergebnis 2: Kostenreduktion			**5,555 €/m²**

*aus: Petito (2025), übersetzt und angepasst

Planungsfazit für Kommunen

Bei der Bewertung von Gründächern sollten Kommunen, Bauherrschaften und Investierende nicht allein die Investitionskosten betrachten. Entscheidend sind die Kosten und Nutzen über den gesamten Lebenszyklus. Lebenszyklusbetrachtungen zeigen, dass insbesondere hochwertige und multifunktionale Gründächer trotz höherer Anfangsinvestitionen langfristig wirtschaftliche Vorteile bieten können. Werden zusätzlich vermiedene Infrastrukturkosten, Klimaanpassungsleistungen und weitere Ökosystemleistungen berücksichtigt, stellen multifunktionale Gründächer häufig die wirtschaftlichere Lösung gegenüber konventionellen Dachaufbauten dar. Förderprogramme, Wirtschaftlichkeitsuntersuchungen und öffentliche Ausschreibungen sollten diese Perspektive stärker berücksichtigen.

6 Kernbotschaften für die kommunale Praxis

Handlungsempfehlungen

► **Gründächer als Baustein der Schwammstadt**

Die vorliegende Handreichung zeigt, dass multifunktionale Gründächer ein wichtiger Baustein einer klimaangepassten und wassersensiblen Stadtentwicklung sind. Im Sinne der Schwammstadt tragen sie dazu bei, Niederschlagswasser dort zurückzuhalten, zwischenzuspeichern, zu verdunsten oder zu nutzen, wo es anfällt. Gleichzeitig unterstützen sie die Klimaanpassung, fördern die Biodiversität, verbessern die Energieeffizienz, schonen Ressourcen und erhöhen die Aufenthaltsqualität.

Insbesondere in dicht bebauten Städten, in denen nur wenige Flächen für zusätzliche Grünanlagen zur Verfügung stehen, eröffnen Dächer und Fassaden zusätzliche Potenziale für die grüne Infrastruktur und die Klimaanpassung.

► **Schwerpunkt Bestand**

Ein besonderer Schwerpunkt zukünftiger Maßnahmen sollte auf dem Gebäudebestand liegen. Der größte Teil der Gebäude, die auch in den kommenden Jahrzehnten genutzt werden, ist bereits heute vorhanden. Dachsanierungen bieten daher die Möglichkeit, Begrünungsmaßnahmen mit ohnehin anstehenden Investitionen zu verbinden.

Voraussetzung sind eine frühzeitige Prüfung der statischen und technischen Voraussetzungen sowie die Auswahl geeigneter Gründachsysteme. Insbesondere im Gebäudebestand können leichte und multifunktionale Dachaufbauten einen wichtigen Beitrag zur Klimaanpassung und zum Regenwassermanagement leisten.

► **Wirtschaftlichkeit**

Gründächer sollten nicht ausschließlich als zusätzliche Baukosten betrachtet werden. Vielmehr handelt es sich um langfristige Investitionen in die Leistungsfähigkeit und Werthaltigkeit von Gebäuden.

Neben einer längeren Lebensdauer der Dachabdichtung können sie Energie- und Regenwasserkosten reduzieren sowie Attraktivität und Nutzwert von Immobilien erhöhen. Werden neben den Investitionskosten auch Lebenszykluskosten und vermiedene Folgekosten berücksichtigt, verbessert sich die Wirtschaftlichkeit insbesondere bei multifunktionalen Dachsystemen deutlich. Förderprogramme können diese Entwicklung zusätzlich unterstützen.

► **Rolle der Kommunen**

Die Umsetzung der Schwammstadt erfolgt maßgeblich auf kommunaler Ebene. Kommunen verfügen bereits heute über vielfältige Instrumente, um multifunktionale Dachbegrünungen gezielt zu fördern. Dazu gehören insbesondere:

- Bauleitplanung und städtebauliche Verträge,
- kommunale Satzungen, Förderprogramme,
- qualitätsorientierte öffentliche Ausschreibungen,
- Beratung von Bauherrschaften,

- Vorbildfunktion kommunaler Gebäude.

Besonders wirksam sind Ansätze, die diese Instrumente miteinander verknüpfen und Dachbegrünungen als Bestandteil einer integrierten Klimaanpassungs- und Schwammstadtstrategie verstehen.

Die wissenschaftlichen Erkenntnisse der vergangenen Jahre zeigen, dass Gründächer weit mehr sind, als eine Form zusätzlicher Gebäudebegrünung. Sie übernehmen gleichzeitig Funktionen des Regenwassermanagements, der Klimaanpassung, der Energieeffizienz, der Biodiversitätsförderung und des Ressourcenschutzes. Für die kommunale Praxis ist daher nicht allein die Anzahl begrünter Dächer entscheidend, sondern vor allem deren funktionale Qualität.

Die Handreichung empfiehlt, Förderprogramme, Planungsinstrumente und Ausschreibungen verstärkt auf multifunktionale Dachsysteme auszurichten. Werden die Projektziele frühzeitig festgelegt und Pflege, Betrieb sowie Lebenszykluskosten von Beginn an berücksichtigt, können wirtschaftlich tragfähige und langfristig wirksame Lösungen entstehen.

Multifunktionale Gründächer sind damit nicht nur eine Maßnahme der Gebäudebegrünung. Sie sind eine Investition in klimaresiliente, lebenswerte und zukunftsfähige Städte.

7 Quellenverzeichnis

Attal, E.; Dauchez, N. (2025): Angle-dependent acoustic performance of green facades in the low frequency: effects of foliage thickness and density. Building and Environment Volume 284, 1 October 2025, 113411. https://doi.org/10.1016/j.buildenv.2025.113411

Baugesetzbuch (BauGB). https://www.gesetze-im-internet.de/bbaug/BJNR003410960.html (Zugriff am 11.08.2025)

Blackhurst, M.; Hendrickson, C.; Matthews, H.S. (2010): Cost Effectiveness of Green Roofs. Journal of Architectural Engineering, 16(4), S. 136–143. https://doi.org/10.1061/(ASCE)AE.1943-5568.0000022

Cai, L.; Feng, X. P.; Yu, J. Y.; Xiang, Q. C.; Chen, R. (2019): Reduction in Carbon Dioxide Emission and Energy Savings Obtained by Using a Green Roof. Aerosol and Air Quality Research, 19: 2432–2445. https://doi.org/10.4209/aaqr.2019.09.0455

Calheiros, C. S. C.; Stefanakis, A. I. (2021): Green Roofs Towards Circular and Resilient Cities. Circular Economy and Sustainability. Springer Nature. https://doi.org/10.1007/s43615-021-00033-0

Chenani, S.B.; Lehvävirta, S.; Hakkinen, T. (2015): Life cycle assessment of layers of green roofs. Journal of Cleaner Production. Volume 90, 1 March 2015, Pages 153-162. https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2014.11.070

Chen, Y.; Wang, J.; Zhou, W.; Wang, Y.; Ding, W.; Xu, S. (2025): Evaluating the biodiversity of green roofs in Hong Kong by benchmarking natural sites. Urban Forestry & Urban Greening, Volume 110 (2025) 128856. https://doi.org/10.1016/j.ufug.2025.128856

Correia-Marrana, T.; Silvestre J. D.; Brito, J.; Gomes, R. (2017): Lifecycle Cost Analysis of Flat Roofs of Buildings. Journal of Construction Engineering and Management. Vol. 143, Issue 6. https://doi.org/10.1061/(ASCE)CO.1943-7862.0001290

Cristiano, E.; Pumo, D.; Boano, F.; Ippolito, M.; Viola, F. (2025): Citizens' perception and willingness to pay for green roofs and nature-based solutions in three Italian metropolitan cities. Urban Forestry & Urban Greening. Volume 112, October 2025, 128928. https://doi.org/10.1016/j.ufug.2025.128928

Deutsche Vereinigung für Wasserwirtschaft, Abwasser und Abfall (DWA) (2022): Arbeitsblatt DWA-A 138 – Planung, Bau und Betrieb von Anlagen zur Versickerung von Niederschlagswasser.

EU (2020): EU-Biodiversitätsstrategie für 2030. Mehr Raum für die Natur in unserem Leben. MITTEILUNG DER KOMMISSION AN DAS EUROPÄISCHE PARLAMENT, DEN RAT, DEN EUROPÄISCHEN WIRTSCHAFTS- UND SOZIALAUSSCHUSS UND DEN AUSSCHUSS DER REGIONEN. COM/2020/380 final. https://eur-lex.europa.eu/legal-content/DE/TXT/?uri=CELEX:52020DC0380

EU (2021): Ein klimaresilientes Europa aufbauen - die neue EU-Strategie für die Anpassung an den Klimawandel. MITTEILUNG DER KOMMISSION AN DAS EUROPÄISCHE PARLAMENT, DEN RAT, DEN EUROPÄISCHEN WIRTSCHAFTS- UND SOZIALAUSSCHUSS UND DEN AUSSCHUSS DER REGIONEN. COM/2021/82 final. https://eur-lex.europa.eu/legal-content/DE/TXT/?uri=CELEX:52021DC0082

EU (2023): Überarbeitung der EU-Initiative für Bestäuber. Ein neuer Deal für Bestäuber. MITTEILUNG DER KOMMISSION AN DAS EUROPÄISCHE PARLAMENT, DEN RAT, DEN EUROPÄISCHEN WIRTSCHAFTS- UND SOZIALAUSSCHUSS UND DEN AUSSCHUSS DER REGIONEN. COM/2023/35 final. https://eur-lex.europa.eu/legal-content/DE/TXT/?uri=CELEX:52023DC0035

EU (2024a): Richtlinie (EU) 2024/1275 des Europäischen Parlaments und des Rates vom 24. April 2024 über die Gesamtenergieeffizienz von Gebäuden (Neufassung). http://data.europa.eu/eli/dir/2024/1275/oj.

EU (2024b): Verordnung (EU) 2024/1991 des Europäischen Parlaments und des Rates vom 24. Juni 2024 über die Wiederherstellung der Natur und zur Änderung der Verordnung (EU) 2022/869. http://data.europa.eu/eli/reg/2024/1991/oj

EU (2024c): Richtlinie (EU) 2024/3019 des Europäischen Parlaments und des Rates vom 27. November 2024 über die Behandlung von kommunalem Abwasser (Neufassung). http://data.europa.eu/eli/dir/2024/3019/oj.

EU (2025): Europäische Wasserresilienzstrategie. Mitteilung der Kommission an das Europäische Parlament, den Rat, den Europäischen Wirtschafts- und Sozialausschuss und den Ausschuss der Regionen. COM/2025/280 final. https://eur-lex.europa.eu/legal-content/DE/TXT/?uri=CELEX:52025DC0280

Fleck, R.; Gill, R.; Pettit, T. J.; Torpy, F. R.; Igra, P. J. (2022a): Bio-solar green roofs increase solar energy output: The sunny side of integrating sustainable technologies. Building and Environment, Volume 226, December 2022, 109703. https://doi.org/10.1016/j.buildenv.2022.109703

Fleck, R.; Gill, R. L.; Saadeh, S.; Pettit, T.; Wooster, E.; Torpy, F.; Igra, P. (2022b): Urban green roofs to manage rooftop microclimates: A case study from Sydney, Australia. Building and Environment, Volume 209, 1 February 2022, 108673. https://doi.org/10.1016/j.buildenv.2021.108673

Fletcher, T. D.; Shuster, W.; Hunt, W. F.; Ashley, R.; Butler, D.; Arthur, S.; Viklander, M. (2015): SUDS, LID, BMPs, WSUD and more – The evolution and application of terminology surrounding urban drainage. Urban Water Journal, 12(7), S. 525–542. https://doi.org/10.1080/1573062X.2014.916314

FLL (Hrsg.) (2002): Hinweise zur Pflege und Wartung von begrünten Dächern. Bonn, Eigenverlag.

FLL (Hrsg.) (2018): Dachbegrünungsrichtlinien – Richtlinien für Planung, Bau und Instandhaltung von Dachbegrünungen – Ausgabe (2018). (Autoren: Lösken, G., Ansel, W., Backhaus, T., Bartel, Y.-C., Bornholdt, H., Bott, P., Henze, M., Hokema, J., Köhler, M., Krupka, B.W., Mann, G., Münster, M., Neisser, H., Roth-Kleyer, S., Ruttensperger, S., Schenk, D., Sprenger, D., Upmeier, M., Westerholdt, D.). FLL, Bonn, Eigenverlag 150 S.

FLL (Hrsg.) (2019): Freiflächenmanagement – Empfehlungen für die Planung, Vergabe und Durchführung von Leistungen für das Management von Freianlagen. FLL, Bonn, Eigenverlag.

Friedrich, T.; Otto, A.; Stieß, I. (2024): Kommunale Klimaanpassung. Bestandsaufnahme, Einflussfaktoren und Hebelpunkte. Climate Change 48. Dessau-Roßlau: Umweltbundesamt. https://www.umweltbundesamt.de/publikationen/kommunale-klimaanpassung

Gerzhova, N.; Blanchet, P.; Dagenais, C.; Menard, S.; Cote, J. (2020): Flammability characteristics of green roofs. Buildings, 10, 126. https://doi.org/10.3390/buildings10070126

Happel, O.; Bayer, L.; Hegele, J.; Schmutz, B. (2026): Nachhaltige Gründächer für die Umsetzung der Schwammstadt: Bestimmung unbedenklicher Bauprodukte. Posterbeitrag. Wasser 2026, Kiel.

Houchmand, L. J.; Marti, M. M.; Domingo, S. G. (2025): Photovoltaics and green roofs: Holistic analysis in built environments. Renewable and Sustainable Energy Reviews. Volume 207, January 2025, 114987. https://doi.org/10.1016/j.rser.2024.114987

Jänicke, B.; Otto, F.; Burghardt, R.; Heinze, F.; Patel, N.; Strasser, K. (2025): Stadtklimaindikatoren: Entwicklung von messbaren Zielen, Indikatoren und Maßnahmen der Klimaanpassung durch Stadtentwicklung. BBSR-Online-Publikation 08/2025. Bonn. https://doi.org/10.58007/508c-ww15

Jo, B. K.; Richards, M. (2020): Eco-gentrification and who benefits from urban green amenities: NYC's high line. Landscape and Urban Planning, 204, Article 103900. https://doi.org/10.1016/j.landurbplan.2020.103900

Ji, Q.; Lee, H. J.; Huh, S. Y. (2022): Measuring the economic value of green roofing in South Korea: a contingent valuation approach. Energy Build, 261 (2022), Article 111975. https://doi.org/10.1016/j.enbuild.2022.111975

Kazemian, A.; Xiang, C. (2025): Synergizing photovoltaic-thermal systems with green roofs: A pathway to enhanced urban sustainability and energy efficiency. Renewable and Sustainable Energy Reviews Volume 222, October 2025, 116002. https://doi.org/10.1016/j.rser.2025.116002

Khan, A.; Vasilakopoulou, K.; Santamouris, M. (2025): Exploring the potential impacts of anthropogenic heating on urban climate during heatwaves. Sci. Rep. 15,3908. https://doi.org/10.1038/s41598-024-83918-y

Kogler, M.; Scharf, B.; Göschl, C.; Jech, M.; Pitha, U.; Stangl, R. (2025): Evaluation and monetisation of ecosystem services with real-time weather data and machine learning. Urban Forestry & Urban Greening Volume 111, September 2025, 128860. https://doi.org/10.1016/j.ufug.2025.128860

Köhler, M.; Kaiser, D. (2019): Evidence of the Climate Mitigation Effect of Green Roofs – A 20-Year Weather Study on an Extensive Green Roof (EGR) in Northeast Germany. Buildings 2019, 9, 157; https://doi.org/10.3390/buildings9070157

Köhler, M.; Kaiser, D. (2021): Green Roof Enhancement on Buildings of the University of Applied Sciences in Neubrandenburg (Germany) in Times of Climate Change. Atmosphere 2021, 12(3), 382; https://doi.org/10.3390/atmos12030382

Kuronuma, T.; Watanabe, H.; Ishihara, T.; Kou, D.; Toushima, K.; Ando, M.; Shindo, S. (2018): CO_2 Payoff of Extensive Green Roofs with Different Vegetation Species. Sustainability, 10(7), 2256. https://doi.org/10.3390/su10072256

Lee, K. E.; Williams, K. J. H.; Sargant, L. D.; Farrell, C.; Williams, N. S. (2014): Living roof preference is influenced by plant characteristics and diversity. Landscape and Urban Planning, Volume 122, February 2014, Pages 152-159. https://doi.org/10.1016/j.landurbplan.2013.09.011

Lee, K. E.; Williams, K. J. H.; Sargent, L. D.; Williams, N. S. G.; Johnson, K. A. (2015): 40-second green roof views sustain attention: The role of micro-breaks in attention restoration. Journal of Environmental Psychology. Volume 42, June 2015, Pages 182-189. https://doi.org/10.1016/j.jenvp.2015.04.003

Lee, K. E.; Sargent, L. D.; Williams, N. S. G.; Williams, K. J. H. (2018): Linking green micro-breaks with mood and performance: Mediating roles of coherence and effort. Journal of Environmental Psychology. Volume 60, December 2018, Pages 81-88. https://doi.org/10.1016/j.jenvp.2018.10.010

Leite, F. R.; Antunes, M. L. P.; Lopes Silva, D. A. (2025): Sustainable construction based on green roofs designed to retain rainwater and provide food: An LCA compared to conventional roofs. Sustainable Production and Consumption. Volume 59, October 2025, Pages 1-14. https://doi.org/10.1016/j.spc.2025.08.001

Liao, X.; Ali, A. B. M.; Singh, N. S. S.; Baghoolizadeh, M.; Alam, M.; Orlova, T.; Salahshou, S.; Alizadeh, A. (2025): Comprehensive review of green roof and photovoltaic-green roof systems for different climates to examine the energy-saving and indoor thermal comfort. International Communications in Heat and Mass Transfer 164 (2025) 108946. https://doi.org/10.1016/j.icheatmasstransfer.2025.108946

Lin, Z. H.; Laffan, S. W.; Metternicht, G. (2025): Role of green infrastructure planning in achieving sustainable development goals through an environmental efficiency lens: An integrated literature review. Ecological Indicators. Volume 174, May 2025, 113471. https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2025.113471

Liu, K.; Kinouchi, T.; Zhao, G.; Johnson, F.; Zhang, K. (2025): Cost-effectiveness of green infrastructure under climate change: model parameterization, uncertainty, and sensitivity. Journal of Hydrology 661 (2025) 133796. https://doi.org/10.1016/j.jhydrol.2025.133796

Ludwig, F.; Well, F.; Moseler, E.-M.; Eisenberg, B.; Deffner, J.; Drautz, S.; Elnagdy, M. T.; Friedrich, R.; Jaworski, T.; Meyer, S.; Minke, R.; Morandi, C.; Müller, H.; Narvaéz Vallejo, A.; Richter, P.; Schwarz-von Raumer, H.-G.; Steger, L.; Steinmetz, H.; Wasielewski, S.; Winker, M. (2021): Integrierte Planung blau-grüner Infrastrukturen. https://doi.org/10.14459/2021md1638459

Maas, J.; Verheij, R.A.; de Vries, A.; Spreeuwenberg, P.; Schellevis, F.G.; Groenewegen, P.P. (2009): Morbidity is related to a green living environment. Epidemiol Community Health 63: 967–973. https://doi.org/10.1136/jech.2008.079038

Manso, M.; Castro-Gomes, Paulo, B.; Bentes, I.; Teixeira, C.A. (2018): Life cycle analysis of a new modular greening system. Science of The Total Environment. Volume 627, 15 June 2018, Pages 1146-1153. https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2018.01.198

Manso, M.; Teotino, I.; Silva, C. M.; Cruz, S. O. (2021): Green roof and green wall benefits and costs: A review of the quantitative evidence. Renewable and Sustainable Energy Reviews. Volume 135, 110111. https://doi.org/10.1016/j.rser.2020.110111

Mann, G.; Landwehr, R.; Herfort, S.; Hüneburg, A.; Bauernfeind, H. (2024): BUGG-Marktreport Gebäudegrün. Berlin, Eigenverlag, 143 S.

Mitchell**,** R.; Popham, F. (2008): Effect of exposure to natural environment on health inequalities: an observational population study. Lancet. 2008 Nov 8;372(9650):1655-60. 10.1016/S0140-6736(08)61689-X

Nieß, D.; Helmreich B. (2026): Chasing the Emitter: Leaching from Green Roof Construction Materials. Journal of Hazardous Materials Advances: 101489. https://doi.org/10.1016/j.hazadv.2026.101489

Nordman, E. E.; Isely, E.; Denning, R. (2018): Benefit-cost analysis of stormwater green infrastructure practices for Grand Rapids, Michigan, USA. J Clean Prod, 200 (2018), pp. 501-510. https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2018.07.152

Oberndorfe**r**, E.; Lundholm, J.; Bass, B.; Coffman, R.; Doshi, D.; Dunnett, N.; Gaffin, S.; Köhler, M.; Liu, K.; Rowe, B. (2007): Green roofs as urban ecosystems: ecological structures, functions, and services. Bioscience 57. 823-833. DOI:10.1641/B571005

Olabi, A.; Shehata, N.; Issa, U. H.; Mohamed, O. A.; Mahmoud, M.; Abdelkareem, M. A.; Abdelzaher, M. A. (2025): The role of green buildings in achieving the sustainable development goals. International Journal of Thermofluids. Volume 25, January 2025, 101002. https://doi.org/10.1016/j.ijft.2024.101002

Open AI, ChatGPT 4.0 (2026a): „Bitte Zeichnung erstellen. Titel „Mehrfachnutzen multifunktionaler Gründächer“. In der Mitte ein Gründach umkreist von zwölf Symbolen und Begriffen: ☂ Regenwasserretention, 🌡 Kühlung, 🦋 Biodiversität, ☀ PV-Strom, ♻ CO_2-Bindung, 🔊 Lärmminderung, 🏙 Gesundheit, 💧 Wasserreinigung, 🌾 Dachlandwirtschaft, 🏠 Werterhalt, 🔥 Brandschutz, 💶 Wirtschaftlichkeit“, 02.07.2026.

Open AI, ChatGPT 4.0 (2026b): „Neues Bild, möglichst einfache Zeichnung. Prozessgrafik. Regen ↓ Gründach ↓ Speicherung ↓ Verdunstung (Pfeil nach oben) ↓ Kühlung ↓ verzögerter Ablauf ↓ Kanalisation, Daneben Zisterne ↓ Bewässerung ↓ erneute Verdunstung“, 02.07.2026.

Özer, E.; Tansel, B. (2025): Climate stressors and adaptation strategies using green stormwater infrastructure (GSI) systems in urban areas: Improving design and functionality. City and Environment Interactions. Volume 25, January 2025, 100185. https://doi.org/10.1016/j.cacint.2024.100185

Pastore, M. C.; Lazzarini, L.; Lapenna, A.; Mahmoud, I.; Sandulli, M. (2025): What if the butterfly effect was real? Assessing the contribution of greening plans to urban biodiversity in Italy. Journal of Environmental Planning and Management, 1–28. https://doi.org/10.1080/09640568.2025.2565382

Perovic, Z.; Coric, S.; Isakovic, S.; Sumarac, D. (2023): Potential and benefit of green roof energy renovation of existing residential buildings with a flat roof in Belgrade. Appl Sci, 13 (2023), p. 7348. https://doi.org/10.3390/app13137348

Petito, L. (2025): Resilience by design? Future-proofing urban environments through green roofs. WGIN Publication. https://worldgreeninfrastructurenetwork.org/news-views/#news (Zugriff am 11.08.2025)

Priya, U. K.; Senthil, R. (2025): Enhancing sustainable urban planning to mitigate urban heat island effects through residential greening. Sustainable Cities and Society 129 (2025) 106512. https://doi.org/10.1016/j.scs.2025.106512

Schindler, B.Y.; Blaustein, L.; Lotan, R.; Shalom, H.; Kadas, G.J. (2018): Green roof and photovoltaic panel integration: Effects on plant and arthropod diversity and electricity production. Journal of Environmental Management. Volume 225, 1 November 2018, Pages 288-299. https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2018.08.017

Smalls-Mantey, L.; Mantalto, F. (2021): The seasonal microclimate trends of a large scale extensive green roof. Building and Environment. Volume 197, 107792. https://doi.org/10.1016/j.buildenv.2021.107792

Talwar, P.; Verma, N.; Khatri, H.; Ahire, P. D.; Chaudhary, G.; Lindenberger, C.; Vivekanand, V. (2023): A systematic review of photovoltaic-green roof systems in different climatic conditions focusing on sustainable cities and societies. Sustainable Cities and Society. Volume 98, November 2023, 104813. https://doi.org/10.1016/j.scs.2023.104813

Tun, K. Z.; Pramanik, M.; Mallick, S. K.; Chakrabortty, R.; Halder, B.; Moharir, K. N.; Baliram Pande, C. B.; Zhran, M. (2025): Cooling the cities: A comprehensive review of urban heat island mitigation strategies in Southeast Asia. Human Settlements and Sustainability. 1 (2025) 91–102. https://doi.org/10.1016/j.hssust.2025.05.002

Ulrich, R. S. (1984): View Through a Window May Influence Recovery from Surgery. Science 224(4647):420-1.

Vobruba, T.; Hartl, M.; Langergraber, G.; Pucher, B.; Gattringer, H.; Bertino, G.; Panzenböck, F.; Kisser, J. (2025): vertECO® vertical green wall system demonstration for domestic wastewater treatment and on-site reuse in an Austrian eco-village. Ecological Engineering Volume 211, January 2025, 107460. https://doi.org/10.1016/j.ecoleng.2024.107460

Vries, S. D.; Verheij, R. A.; Groenewege, P. P.; Spreuwenberg, P. (2003): Natural environments - healthy environments? An exploratory analysis of the relationship between greenspace and health. Environment and Planning A, 35, 1717. https://research.rug.nl/en/publications/natural-environments-healthy-environments-an-exploratory-analysis

Wang, J.; Foley, K. (2025): Preference and perception of individuals for blue-green infrastructure in the promotion of climate-resilient cities: A visual experiment in Ireland and China. Urban Forestry & Urban Greening. Volume 106, April 2025, 128730. https://doi.org/10.1016/j.ufug.2025.128730

Wicke, D.; Rouault, P.; Rohr, M.; Burkhardt, M. (2021): Guter Umgang mit Regenwasser – ein Leitfaden für Nachhaltiges Bauen. Vermeidung von stofflichen Belastungen im Regenabfluss von Gebäuden. https://www.umweltbundesamt.de/system/files/medien/5324/dokumente/230713_basar_leitfaden_mit_steckbriefen-update_links.pdf (Zugriff am 03. 07 2026).

Yang, M.; Ye, P.; He, J. (2025): Green and blue infrastructure for urban cooling: Multi-scale mechanisms, spatial optimization, and methodological integration. Sustainable Cities and Society. Volume 129, 1 July 2025, 106501. https://doi.org/10.1016/j.scs.2025.106501

Zehnsdorf, A.; Trabitzsch, R. (2019): Sumpfpflanzendächer. Projekt Forschungsgründach. UFZ Bericht. https://www.ufz.de/export/data/2/232761_Sumpfpflanzend%C3%A4cher_web_max.pdf (Zugriff am 11.08.2025)