

# Beitrag von Dachbegrünungen zu den Funktionen Biotopverbund und Wasserretention

## *Contribution of Green Roofs to Habitat Connectivity and Rain Water Management*

Sina Röhner

Institut für Landschaft und Umwelt, Hochschule für Wirtschaft und Umwelt Nürtingen-Geislingen ·  
sina.roehner@hfwu.de

**Zusammenfassung:** Auswirkungen der zunehmenden Flächenversiegelungen in Städten können durch Dachbegrünungen wirksam gemindert werden. Die hier vorgestellte Methode arbeitet mit Ergebnissen der Inventarisierung und Potenzialanalyse von Dachbegrünungen, welche mittels der vom Deutschen Dachgärtner Verband e. V. und dem Deutschen Zentrum für Luft- und Raumfahrt entwickelten Software berechnet wurden. Ziel war es, unter Berücksichtigung individueller Zielsetzungen, ein optimales Dachbegrünungskonzept berechnen zu können. Die Berechnungen wurden beispielhaft für die Stadt Nürtingen durchgeführt, wobei der Fokus auf den Biotopverbund und den Wasserrückhalt bei Regeneignissen gelegt wurde. Für Nürtingen konnte so gezeigt werden, welches Ausbaupotenzial hier auf den ungenutzten Dachflächen liegt.

**Schlüsselwörter:** Dachbegrünung, Biotopverbund, Wasserretention, Netzwerkanalysen, Kostenentfernungsanalysen

**Abstract:** *The installation of green roofs in urban areas contributes to reducing the negative effects of the ongoing covering of soils. The method presented in this paper is based on the results of the software developed by the Deutscher Dachgärtner Verband e.V. in cooperation with the German Aerospace Center to detect existing green roofs and find out where further green roofs can be installed. The aim of this paper was to find an optimal concept for green roof installation with the possibility of setting individual goals for each city. The method was tested for the city of Nürtingen, with the focus on habitat connectivity and water retention. For Nürtingen, the presented work could show the unused potential of green roofs in the city.*

**Keywords:** *Green roofs, habitat connectivity, water retention, network analysis, cost distance analysis*

## 1 Einleitung

Der durch Neubau von Gebäuden und Ausbau der Infrastruktur voranschreitende Verlust von unversiegelten Flächen zieht weitreichende ökologische Konsequenzen nach sich. Bemerkbar sind diese vor allem im Bereich des sogenannten Biotopverbundes. Dieser meint nach Jedicke (1994: p. 70): „*einen räumlichen Kontakt zwischen Lebensräumen, ohne daß diese ununterbrochen miteinander verbunden sein müssen. Die zwischen gleichartigen Lebensräumen liegenden Flächen sollten für Organismen überwindbar sein, so daß ein Austausch von Individuen möglich ist.*“

Durch die vom Menschen verursachte Veränderung der Landschaft werden zahlreiche Lebensräume immer weiter isoliert. Dieser Vorgang wird als „Verinselung“ bezeichnet (Drobnik et al., 2013; Jedicke, 1994; Lienhard, 1999).

Um die zerstörten Verbindungen wiederherzustellen, können neben großflächigen Korridoren auch kleinere Lebensräume, sogenannte Trittsteinbiotope, genutzt werden. Diese sind aufgrund ihrer geringen Größe nicht als dauerhafter Lebensraum geeignet, können aber als eine Art Zwischenstation dem kurzzeitigen Aufenthalt auf dem Weg zwischen zwei Lebensräumen dienen (Jedicke, 1994).

Ebenso spürbar sind die Auswirkungen auf den Wasserhaushalt in städtischen Gebieten, wo sich das Abflussverhalten von Niederschlägen durch den hohen Versiegelungsgrad deutlich verändert. Je nach Grad der Versiegelung kann Niederschlagswasser schlechter oder gar nicht mehr orts- und zeitnah versickern und muss stattdessen oberirdisch abgeleitet werden. Dies erhöht die zu bewirtschaftenden Wassermengen und die Gefahr von Überflutungen (Carter & Butler, 2008; Geiger et al., 2009).

Eine Möglichkeit, den genannten Problematiken entgegenzuwirken, stellt die Begrünung von Dachflächen mit ihrem umfangreichen ökologischen Nutzen dar (Ansel et al., 2012; Carter & Butler, 2008; FBB, 2015). Eine begrünte Dachfläche bietet Ersatzlebensraum für zahlreiche Tierarten und ermöglicht als sogenanntes Trittsteinbiotop deren Wanderung zwischen verschiedenen Lebensräumen (Jedicke, 1994; Ansel et al., 2015; Kwi-Gon, 2004). Außerdem hält sie Regenwasser zurück, wodurch Abflussspitzen gemindert werden (Kolb & Schwarz, 1999; Franzaring et al., 2014).

Eine gesamtstädtische Betrachtung des Potenzials für begrünte Dachflächen stellen die Ergebnisse des Forschungsprojektes zur Inventarisierung und Potenzialanalyse von Dachbegrünungen dar, welches vom Deutschen Dachgärtner Verband e. V. (DDV) in Zusammenarbeit mit dem Deutschen Zentrum für Luft- und Raumfahrt (DLR) durchgeführt wurde. Die in diesem Projekt entwickelte Software erkennt die bereits vorhandenen Dachbegrünungen und berechnet das Potenzial für weitere Begrünungen im Stadtgebiet (Ansel et al., 2015).

Die Weiterverwendung dieser Daten in konkreten stadtplanerischen und ökologischen Problemstellungen zur Ableitung spezifischer Maßnahmen fehlt jedoch noch (Ansel et al., 2015). Im Rahmen der hier vorgestellten Arbeit wurde eine Methode entwickelt, welche an diesem Punkt ansetzt und mit welcher für einzelne Gemeinden, unter Berücksichtigung individueller Zielsetzungen, die optimalen Begrünungssituationen berechnet werden können.

Im Rahmen der vorliegenden Arbeit wurde zwischen extensiven und intensiven Dachbegrünungen unterschieden. Extensive Dachbegrünungen weisen eine geringere Aufbaudicke auf, entsprechen eher Trockenstandorten und sind damit für die Artenvielfalt relevant (Ansel et al., 2015). Intensive Dachbegrünungen können aufgrund des höheren Substrataufbaus bei intensiver Nutzung mehr Regenwasser zurückhalten (Ansel et al., 2012; Franzaring et al., 2014). Weitere Formen der Begrünung, wie etwa die Zwischenform der einfachen Intensivbegrünung oder spezielle Kombinationslösungen, wurden in dieser Untersuchung nicht berücksichtigt.

Die hier vorgestellte Methode ermöglicht individuelle Zielsetzungen für die untersuchten Städte und Gemeinden. Während eine Gemeinde eventuell mit großen wasserwirtschaftlichen Herausforderungen konfrontiert ist, stellt für eine andere Gemeinde eher der Ausbau des Biotopverbundes auf ihrer Gemarkung das angestrebte Ziel dar. Für die beispielhaften und hier erläuterten Berechnungen für die Stadt Nürtingen wurde dem Ausbau des Biotopverbunds zwischen mehreren außerhalb der Siedlungsflächen liegenden Biotopen die höchste Priorität

eingeräumt. Die zweithöchste Prioritätsstufe erhielt aufgrund des Versiegelungsgrades die Erhöhung des Wasserrückhaltes bei Niederschlagsereignissen.

## 2 Methodik und Daten

### 2.1 Datengrundlagen

Grundlage für die Modellentwicklung und die Analysen bildeten die Ergebnisse der Inventarisierung und Potenzialanalyse von Dachbegrünungen (Ansel et al., 2015). Hierfür wurden Daten zu den Gebäudegrundflächen inklusive Angabe der Dachform sowie möglichst aktuelle Luftbildaufnahmen benötigt. Alternativ können die Dachformen mit der Inventarisierungs-Software auch aus einem Digitalen Geländemodell abgeleitet werden.

Je nach Zielsetzung der Gemeinde werden Landnutzungsdaten (ATKIS – Amtliches Topographisch-Kartographisches Informationssystem) sowie die im Gemeindegebiet vorkommenden Biotoptypen benötigt. Weitere Datensätze können je nach Zielsetzung hinzugezogen werden.

### 2.2 Analyse der Funktionen Biotopverbund und Wasserretention

Den ersten Schritt der GIS-Analysen stellten eine Zustands- sowie eine Potenzialanalyse der Faktoren Biotopverbund und Wasserretention dar. Diese wurden auf Basis der Ergebnisse der Inventarisierungs-Software zum aktuellen sowie zum maximal möglichen Nutzen begrünter Dachflächen im Gemeindegebiet ermittelt. Die Potenzialanalyse stellt dabei eine Berechnung des maximal möglichen Nutzens unter der Annahme dar, dass alle als begrünbar eingestuften Dachflächen tatsächlich begrünt werden. Diese Teilszenarien dienen dem Aufzeigen des vorhandenen Potenzials im Untersuchungsraum und stellen kein tatsächliches Ziel dar, da die Begrünung aller Dachflächen als unrealistisch zu betrachten ist. Tabelle 1 fasst die einzelnen Schritte der Analysen zum Thema Biotopverbund zusammen.

**Tabelle 1:** Ablauf der Berechnungen für das Biotopverbund-Szenario

Schritt	Beschreibung
1	Auswahl der <b>Habitatflächen</b> , für die ein Biotopverbund angestrebt wird.
2	Auswahl und Definition der <b>Zielarten</b> , für die der Biotopverbund angestrebt wird, sowie deren Eigenschaften in Bezug auf Ausbreitungsverhalten, Bindung an sowie Abhängigkeit von bestimmten Biotoptypen und eventuelle Ansprüche an Habitatgröße.
3	Erstellen der <b>Ausbreitungsmatrix</b> auf Basis der Flächennutzungen und der Eigenschaften der ausgewählten Zielart(en).
4	Durchführen von <b>Kostenentfernungs-Analysen</b> auf Basis der Ausbreitungsmatrix aus Schritt 3 zur Ermittlung des kostengünstigsten Korridors zwischen den ausgewählten Habitatflächen. Feststellung, ob innerhalb dieser Korridor eine Verbindung zwischen den Habitatflächen besteht.

**Tabelle 1** (Fortsetzung)

Schritt	Beschreibung
5	Durchführen von <b>Netzwerk-Analysen</b> zwischen den ausgewählten Habitatflächen auf Basis der Ausbreitungsmatrix und der vorhandenen Trittsteinbiotope, um zu prüfen, ob ein Verbund eventuell auch außerhalb des kostengünstigsten Korridors besteht. Besteht eine Verbindung (hier Route), wird aus dieser ebenfalls ein Verbindungs-Korridor berechnet (vgl. Schritt 4).
6	<b>Kombination der Ergebnisse</b> aus Schritt 4 (Kostenentfernung) und Schritt 5 (Netzwerk) zur Feststellung, welche Verbindung mit geringerem Aufwand zu schließen oder aufgrund anderer Faktoren beim Ausbau zu bevorzugen ist.

Als Lebensraum bieten extensive Dachbegrünungen im Vergleich zu intensiven Dachbegrünungen bessere Voraussetzungen (Ansel et al., 2015). Relevante Biotoptypen sind demnach eher Trockenstandorte (Walker et al., 2016). Auf Gemarkung der Stadt Nürtingen wurden mehrere geeignete Zielbiotope identifiziert, deren Standortbedingungen denen von extensiven Dachbegrünungen ähneln.

Zur Auswahl der Zielarten für den Biotopverbund gibt es zahlreiche Untersuchungen, welche zeigen, dass die Auswahl der Zielarten einen deutlichen Einfluss auf die Ergebnisse der Analysen hat (Drobnik et al., 2013; Nikolakaki, 2004; Finke, 2010; Reck et al., 2007). Wichtige Unterschiede zwischen möglichen Zielarten stellen das Ausbreitungsverhalten (Beier et al., 2005), die Abhängigkeit von bestimmten Biotoptypen (sog. Matrixabhängigkeit) (Beier et al., 2005), sowie das Benötigen einer Mindestgröße der Lebensräume dar (Lang & Blaschke, 2007). Im Rahmen dieser Arbeit wurden mehrere beispielhafte Arten untersucht, die sich in den genannten drei Faktoren unterscheiden, die Analysen dann aber auf eine Zielart beschränkt. Aufgrund des im Rahmen der Ziele dieser Arbeit unverhältnismäßig hohen Aufwandes zur Recherche konkreter Arten wurde eine fiktive Zielart verwendet, deren Eigenschaften aber mit denen flugfähiger Insektenarten vergleichbar sind.

Für die gewählte Zielart wurde anschließend eine Ausbreitungsmatrix erstellt, welche für jede Flächennutzung den entsprechenden sogenannten Durchquerungswiderstand angibt. Flächen, die dem Lebensraum der Zielart ähneln und folglich leicht durchquert werden können, werden niedrige Werte zugewiesen. Flächen, deren Durchquerung mit hohem Aufwand verbunden ist, erhalten entsprechend hohe Werte. Aufgrund des eingeschränkten ökologischen Kenntnisstandes in Bezug auf die meisten Arten sind die genauen Matrixkosten bzw. die genauen relativen Abstände zwischen den einzelnen Kostenwerten nur schwer zu ermitteln (Finke, 2010; Riess, 1986). Hierfür sind bei konkreter Anwendung der Methode eventuell detailliertere faunistische Untersuchungen notwendig.

Über Kostenentfernungsanalysen wurde der kostengünstigste Korridor zwischen den zu untersuchenden Lebensräumen ermittelt. Dieser Korridor stellt den Bereich zwischen zwei Lebensräumen dar, der bei Aufsummieren der in der Matrix festgesetzten Durchquerungswiderstände am einfachsten durchquert werden kann. Die Breite des Korridors wurde dabei auf die maximale Ausbreitungsdistanz der Zielart in Einheiten der Kostenmatrix festgesetzt. Über Zuweisung von Kostenflächen um die in diesen Korridoren liegenden, als Trittsteinflächen fungierenden, Dachflächen, wurde ermittelt, ob innerhalb dieses Korridors eine Verbindung zwischen den beiden Lebensräumen für die untersuchte Zielart besteht. Kostenflächen

sind hier diejenigen Bereiche, welche von der Zielart aufgrund ihrer Ausbreitungseigenschaften von der jeweiligen Dachfläche oder vom jeweiligen Lebensraum aus erreichbar wären.

Abbildung 1 stellt die von Trittsteinbiotopen aus für die untersuchte Zielart erreichbaren Flächen dar. Sind diese lückenlos miteinander verbunden, besteht eine Verbindung zwischen den beiden Lebensräumen. Liegen noch Lücken (weiße Flächen) zwischen den erreichbaren Bereichen vor, so besteht aktuell in diesem Bereich für die untersuchte Zielart kein Biotopverbund. Dies ist hier der Fall.

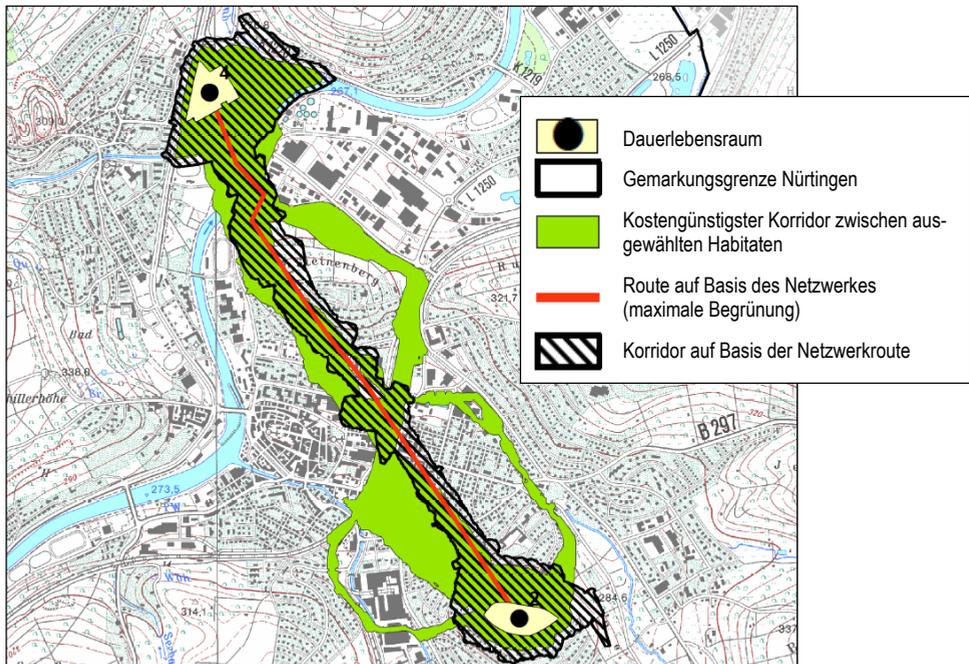


**Abb. 1:** Kostengünstigster Korridor und Verbundsituation innerhalb des Korridors auf Basis der zugrunde liegenden Kostenmatrix

Im nächsten Schritt wurde ein Netzwerk erstellt, welches alle Dachflächen als Knotenpunkte enthält. Ist die kostengünstigste Distanz zwischen zwei Trittsteinen kleiner oder gleich der maximalen Ausbreitungsdistanz der Zielart, so besteht eine Verbindung zwischen den beiden Dachflächen. Über dieses Netzwerk wurde mittels einer Routenanalyse geprüft, ob eine Verbindung zwischen den Lebensräumen, eventuell auch außerhalb des kostengünstigsten Korridors, vorliegt. Auf Basis der maximalen Ausbreitungsdistanz der Zielart in Kosteneinheiten der zugrunde liegenden Matrix wurde um diese Route ebenfalls ein Korridor erstellt.

Abbildung 2 zeigt den kostengünstigsten Korridor sowie die Route durch das Netzwerk und den auf dieser Route basierenden Korridor am Beispiel von zwei Lebensräumen. Der Verlauf von kostengünstigstem Korridor und Netzwerkkorridor ist hier ähnlich.

Zur Ermittlung des Nutzens der Dachbegrünungen für die Wasserretention wurde die verfügbare Fläche aus den Ergebnissen der Inventarisierung und Potenzialanalyse für die Stadt Nürtingen entnommen und errechnet, wie viel Wasser auf dieser Fläche aktuell und nach Begrünung aller zur Verfügung stehenden Dachflächen zurückgehalten werden könnte.



**Abb. 2:** Kostengünstigster Korridor und Netzwerk-Korridor sowie Route durch das Netzwerk zwischen zwei Lebensräumen

Zu berücksichtigen ist, dass die Ergebnisse der Biotopverbund-Analysen in Form von Korridoren vorliegen. Für die Berechnungen zur Wasserretention wurde auf die Geometrien der Siedlungsblöcke aus den ATKIS-Daten zurückgegriffen. Das Verbesserungspotenzial wurde nicht dachflächengenau, sondern pro Siedlungsblock berechnet.

### 2.3 Kombination der Teilergebnisse

Für das Endergebnis erfolgte die Kombination und Abwägung der Teilergebnisse zu einem gesamtstädtischen Konzept. Basis hierfür stellt die Zieldefinition der Gemeinde dar, welche am Beispiel Nürtingens angibt, wo die Schwerpunkte für den Biotopverbund liegen, sowie um welchen Anteil die aktuell abfließenden Wassermengen reduziert werden sollten.

Hierfür war die Verschneidung der errechneten Korridore sowie der Siedlungsblöcke notwendig. Im Ergebnis entstehen neue Geometrien, für welche die einzelnen Ergebnisse vorliegen. Für diese wurde anschließend die verfügbare, das heißt begrünbare, Dachfläche in m<sup>2</sup> berechnet. Das Modell erlaubt eine Beschränkung dieser verfügbaren Dachflächen auf eine realistischere Angabe. So kann etwa festgesetzt werden, dass nur 50 % der verfügbaren Dachflächen verwendet werden sollte.

In den nächsten Schritten erfolgte die Zuweisung der verfügbaren Dachflächen zu den entsprechenden Funktionen. Im Falle Nürtingens wurden zuerst die Bereiche innerhalb von ausbaufähigen Biotopverbund-Korridoren dieser Funktion zugewiesen. Anschließend wurden

der Funktion Wasserretention diejenigen Flächenanteile zugewiesen, die zur Erreichung der gesteckten Ziele zur Reduzierung des Regenwasserabflusses benötigt werden. Dann noch übrige Dachflächen wurden innerhalb der Biotopverbund-Korridore, aber in Bereichen, in denen die Trittsteine schon gut vernetzt sind, zur Stärkung des Biotopverbundes verwendet. Diese Zuweisungen erfolgten über Berechnungen in der Attributtabelle des Datensatzes, welcher die einzelnen Bereiche, in denen Dachflächen zusammengefasst wurden, enthält. In Tabelle 2 werden die Schritte zur Berechnung des Endergebnisses zusammengefasst.

**Tabelle 2:** Ablauf der Analyse- und Berechnungs-Schritte für das Endergebnis

Schritt	Beschreibung
1	Verschneiden der Siedlungsblöcke mit den Verbundkorridoren des Biotopverbunds zu neuen Geometrien/ <b>Siedlungsblöcken</b> .
2	Berechnung des <b>Teilszenarios</b> für Wasserretention auf Basis der neuen Geometrien/Siedlungsblöcke.
3	<b>Definition der Ziele</b> für die Wasserretention. Zuordnen der Korridorflächen zu den Prioritätsstufen 1 (auf jeden Fall dem Biotopverbund zuordnen) und 2 (wenn möglich dem Biotopverbund zuordnen).
4	<b>Begrünbare Fläche</b> je Block ermitteln.
5	In Bereichen mit der Prioritätsstufe 1 für <b>Biotopverbund</b> alle begrünbaren Flächen dem Biotopverbund zuordnen.
6	In Bereichen mit der Prioritätsstufe 2 für Biotopverbund die benötigte Fläche der <b>Wasserretention</b> zuordnen, eventuell übrige Flächen dem Biotopverbund zuordnen.
7	In Bereichen ohne Biotopverbund die benötigte Fläche der <b>Wasserretention</b> zuordnen.
8	Ermitteln, zu welchem Anteil die <b>Ziele</b> erreicht werden konnten und wie viel Fläche den einzelnen Funktionen zugeordnet werden konnte.

## 3 Ergebnisse

### 3.1 Einzelszenarien

Das Ergebnis der Analysen für den Biotopverbund zeigte für die Stadt Nürtingen abhängig von der exemplarischen Zielart teilweise deutlich unterschiedliche Ergebnisse. Unterschiedlichen Ausbreitungsradien, variierende Matrixabhängigkeit sowie das Benötigen einer Mindesthabitatgröße wirkten sich deutlich auf die Verbundsituation aus. Je größer der Ausbreitungsradius, je geringer die Matrixabhängigkeit und je geringer die benötigte Mindestfläche für ein Habitat war, desto besser waren die einzelnen Biotope vernetzt.

Tabelle 3 listet die Ergebnisse der Berechnungen für den Biotopverbund für die gewählte exemplarische Zielart auf. Zwischen den untersuchten Habitatflächen ist aktuell nur zwischen zwei der Flächen eine Verbindung vorhanden, sowohl über den Ansatz der kostengünstigsten Korridore als auch über den der Netzwerkanalysen. Unter der Annahme, dass alle begrünbaren Flächen tatsächlich begrünt werden, ergibt sich im kostengünstigsten Korridor nur eine weitere Verbindung, über den Netzwerk-Ansatz könnten aber alle Habitate, wenn auch nicht auf den günstigsten Wegen, von der Zielart erreicht werden.

**Tabelle 3:** Ergebnisse der Biotopverbunds-Analysen für die beispielhafte Zielart

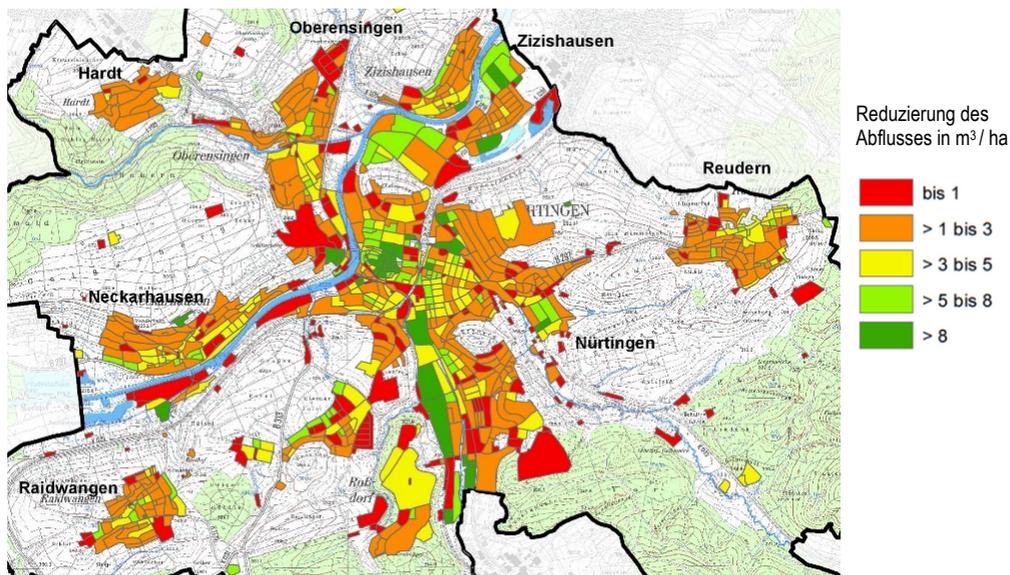
Verbindung zwischen Habitaten		Verbindung im kostengünstigsten Korridor		Verbindung im Netzwerk		Verbindung im Netzwerk liegt im kostengünstigsten Korridor	
Nr. Start-Habitat	Nr. Ziel-Habitat	aktueller Zustand	mit maximal möglicher Begrünung	aktueller Zustand	mit maximal möglicher Begrünung	aktueller Zustand	mit maximal möglicher Begrünung
1	2	–	–	–	ja	–	–
1	3	–	–	–	ja	–	teils
1	4	–	–	–	ja	–	teils
1	5	–	–	–	ja	–	–
2	3	ja	ja	ja	ja	ja	ja
2	4	–	–	–	ja	–	ja
2	5	–	–	–	ja	–	–
3	4	–	–	–	ja	–	–
3	5	–	–	–	ja	–	–
4	5	–	ja	–	ja	–	teils

Das Teilszenario zur Wasserretention zeigte für die Stadt Nürtingen insgesamt eine mögliche Abflussreduzierung von 2.938,79 m<sup>3</sup> beim zugrunde liegenden 5-jährlichen 5-minütigen Regenereignis. Tabelle 4 fasst die Ergebnisse dieser Berechnungen zusammen. Es wurde unterschieden zwischen den Ergebnissen, die nur die Dachflächen berücksichtigen, und denjenigen, die alle Flächen innerhalb eines Siedlungsblockes miteinbeziehen. Es konnte gezeigt werden, dass die Dachflächen ein großes Potenzial bieten, den Wasserabfluss beim genannten Regenereignis zu reduzieren und das Kanalnetz zu entlasten. Der mittlere Abflussbeiwert lässt sich demnach durch die Begrünungen ebenfalls reduzieren.

Abbildung 3 zeigt die Darstellung dieser Ergebnisse in ArcGIS. Bei den Bereichen mit hoher möglicher Reduzierung der Abflüsse handelt es sich größtenteils um von Industrie und Gewerbe geprägte Bereiche mit hohem Versiegelungsgrad sowie um die dicht bebaute Nürtinger Innenstadt. Bereiche mittleren Potenzials sind überwiegend Wohngebiete, Bereiche mit geringem Potenzial sind bereits stark durchgrünt.

**Tabelle 4:** Ergebnisse des Teilszenarios zur Wasserretention

	kompletter Siedlungsblock		nur Dachflächen	
	aktuell	möglich	aktuell	möglich
Fläche in ha	1,085		211,36	
Ø mittlerer Abflussbeiwert	0,69	0,66	0,87	0,73
Abfluss in m <sup>3</sup> /ha	60,34	57,63	77,27	63,36
Reduzierung m <sup>3</sup> /ha	<b>2,71</b>		<b>13,91</b>	



**Abb. 3:** Mögliche Reduzierung der Wasserabflüsse durch Begrünung von Dachflächen

### 3.2 Gesamtergebnis

Die Berechnung des Endergebnisses basierend auf den Teilszenarien zeigte, dass selbst bei der Annahme, dass alle verfügbaren Dachflächen tatsächlich begrünt werden, die zuvor definierten Ziele nicht erreicht werden können. Für zahlreiche Flächen innerhalb der Biotopverbund-Korridore konnten keine Flächen zugewiesen werden, da hier keine Dachflächen vorhanden waren. Das Ziel, den Wasserabfluss pauschal im gesamten Gemeindegebiet um 2 % zu reduzieren, konnte mit den verfügbaren Dachflächen ebenfalls nicht erreicht werden.

Abbildung 4 zeigt die Korridore für den Biotopverbund im Endergebnis. Nur wenigen Bereichen konnten überhaupt Dachflächen für den Ausbau des Biotopverbundes zugewiesen werden. Selbst Flächen hoher Priorität gehen teilweise leer aus. Vor allem in der Nürtinger Innenstadt laufen die Korridore aber durch Bereiche, in denen begrünbare Dachflächen aufgrund der hohen Gebäudedichte zur Verfügung stehen.

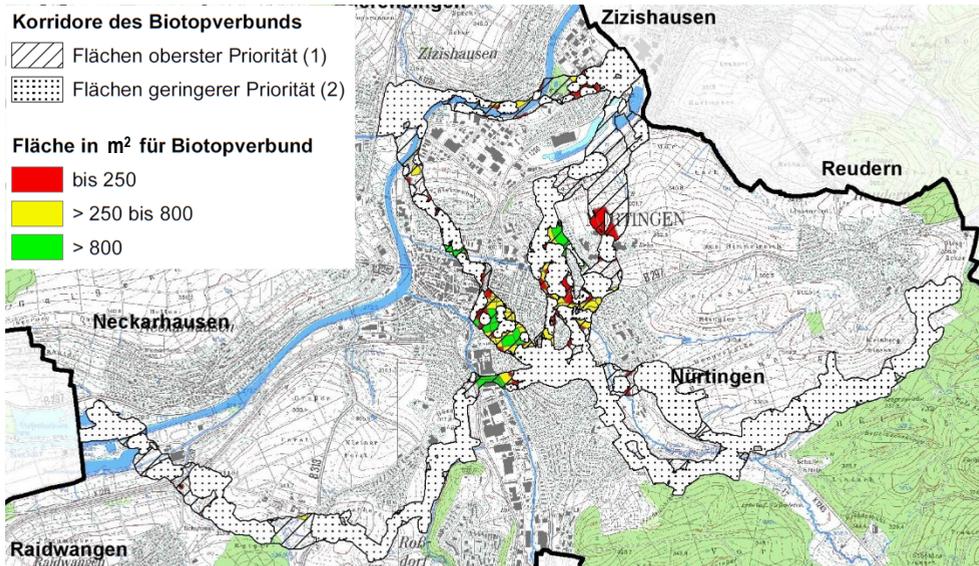


Abb. 4: Möglicher Ausbau der Biotopverbunds-Korridore in Nürtingen

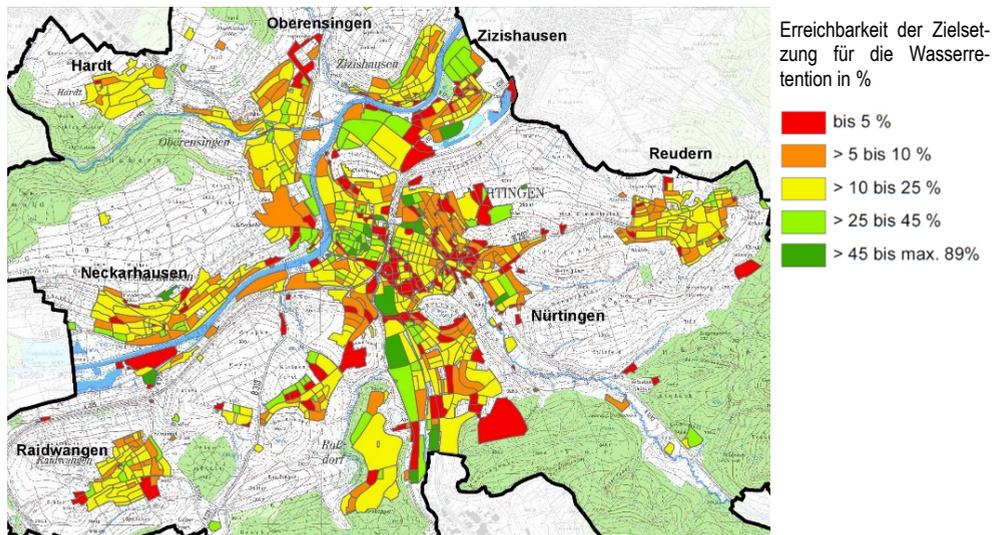


Abb. 5: Erreichbarkeit der Zielsetzung zur Reduzierung der Wasserabflüsse

Die fehlende Erreichbarkeit der Zielsetzung von einer Reduzierung der Wasserabflüsse um 2 % zeigt Abbildung 5. Maximal zu 89 % konnte diese Zielsetzung in wenigen Bereichen erreicht werden. Auch hier fällt wieder der dicht bebaute Innenstadt-Bereich mit seinem hohen Potenzial an Dachflächen auf.

## 4 Diskussion

Die hier vorgestellte Methode bietet die Möglichkeit, die Ergebnisse der Inventarisierung und Potenzialanalyse von Dachbegrünungen mit der Software von DDV und DLR (vgl. Ansel et al., 2015) weiterzuverwenden und konkrete Maßnahmenkonzepte, zugeschnitten auf die Ansprüche der untersuchten Stadt oder Gemeinde, zu entwickeln. Die Modelle wurden am Beispiel von und mit Daten der Stadt Nürtingen entwickelt, sind durch Einsatz unterschiedlicher Eingangsdaten und durch die Möglichkeit der individuellen Zieldefinition aber auf andere Städte und Gemeinden übertragbar.

Die Teilszenarien dienen vorwiegend dem Aufzeigen der Möglichkeiten und Potenziale für verschiedene Funktionen und sollen so dazu anregen, zumindest einen Teil dieser Möglichkeiten auszuschöpfen.

Die Rechenzeit war lediglich bei den auf Rasterdaten basierenden Kostenentfernungs- und Netzwerkanalysen sehr lang. Alle übrigen Analysen lassen sich mit den vorliegenden Modellen schnell und unkompliziert durchführen.

Schwachpunkt der beschriebenen Ergebnisse stellt aktuell noch die genaue Definition der Eigenschaften der Zielart, welche für die Erstellung der Ausbreitungsmatrix und die Festlegung des Ausbreitungsradius, zwei elementaren Einflussfaktoren auf die Analyseergebnisse, benötigt werden, eine Herausforderung dar, sodass hier mit Ungenauigkeiten zu rechnen ist (Finke, 2010; Riess, 1986).

## 5 Ausblick

Aktuell liegen die Modelle als Einzel-Modelle im ArcGIS ModelBuilder vor. Zur Verbesserung der Anwenderfreundlichkeit können die Modelle dahin gehend überarbeitet werden, dass die Parametrisierung der benötigten Eingaben vervollständigt und Hilfetexte zu den Modellen und Eingabemöglichkeiten erstellt werden, sodass über eine übersichtliche Benutzeroberfläche die Berechnungen auch von GIS-Laien einfach durchgeführt werden können. In die Modelle können außerdem weitere Funktionen, wie der Beitrag zur Luftreinhaltung oder zu kleinklimatischen Effekten, einbezogen und die Modelle und Möglichkeiten so erweitert werden.

Bisher wurde davon ausgegangen, dass alle begrünbaren Dachflächen auch tatsächlich begrünt werden. Hier sind weitere Daten wie die Gebäudestatik oder die Bereitschaft der Eigentümer zur Installation einer Dachbegrünung heranzuziehen. Außerdem sollten die Kombinationsmöglichkeiten von Dachbegrünung und Solar oder Wasserretention unter Extensivbegrünung Berücksichtigung finden.

## Literatur

Ansel, W., Baumgarten, H., Dickhaut, W., Kruse, E., & Meier, R. (Eds.) (2012). *Leitfaden Dachbegrünung für Kommunen: Nutzen – Fördermöglichkeiten – Praxisbeispiele* (2nd

- Ed.) Nürtingen: Deutscher Dachgärtner Verband e. V. (DDV). Retrieved Aug 10, 2018, from <https://www.dbu.de/media/29071409182171pn.pdf>.
- Ansel, W., Zeidler, J., & Esch, T. (2015). *Fernerkundliche Identifizierung von Vegetationsflächen auf Dächern zur Entwicklung des für die Bereiche des Stadtklimas, der Stadtentwässerung und des Artenschutzes aktivierbaren Flächenpotenzials in den Städten. Abschlussbericht des Entwicklungsprojektes gefördert unter dem Az 30299 von der Deutschen Bundesstiftung Umwelt*. Nürtingen: Deutscher Dachgärtner Verband e. V. (DDV).
- Beier, O., Penrod, K. L., Luke, C., Spencer, W. D., & Cabanero, C. (2005). South Coast Missing Linkage: restoring connectivity to wildlands in the largest metropolitan area in the United States. Draft pre-print of book chapter to appear in: *Connectivity and Conservation*. Cambridge University Press.
- Carter, T., & Butler, C. (2008). Ecological Impacts of Replacing Traditional Roofs with Green Roofs in Two Urban Areas. *Cities and the Environment (CATE)*, 1(2), Article 9.
- Drobnik, J., Finck, P., & Riecken, U. (2013). Die Bedeutung von Korridoren im Hinblick auf die Umsetzung des länderübergreifenden Biotopverbunds in Deutschland. *BfN-Skripten*, 346. Bonn/Bad Godelsberg.
- Fachvereinigung Bauwerksbegrünung e. V. (FBB) (2015). *Bundesweite Strategie Gebäudegrün*. Retrieved Aug 10, 2018, from [http://www.gebaeudegruen.info/fileadmin/website/user\\_upload/Bundesweite\\_Strategie\\_Gebaeudegruen\\_06-2015.pdf](http://www.gebaeudegruen.info/fileadmin/website/user_upload/Bundesweite_Strategie_Gebaeudegruen_06-2015.pdf).
- Finke, R. (2010). *Biotopverbundplanung mit Least Cost Analyse. Modellierung der Biotopverbundfunktion Regionaler Grünzüge der Metropole Ruhr* (Dissertation) Dortmund: Selbstverlag.
- Franzaring, J., Anemou, M., Hernandez Cubero, L. C., Katsarov, I., Kauf, Z., Mohiley, A., Steffan, L., & Fangmeier, A. (2014). *Untersuchungen zur Kühlwirkung und der Niederschlagsretention der extensiven Dachbegrünungsvegetation*. Karlsruhe: LUBW Landesanstalt für Umwelt, Messungen und Naturschutz Baden-Württemberg (Ed.). Retrieved Dec 23, 2017, from <http://www.fachdokumente.lubw.baden-wuerttemberg.de/servlet/is/115648/U83-W03-N13.pdf?command=downloadContent&filename=U83-W03-N13.pdf>.
- Geiger, W., Dreiseitl, H., & Stemplewski, J. (2009). *Neue Wege für das Regenwasser – Handbuch zum Rückhalt und zur Versickerung von Regenwasser in Baugebieten* (3rd. Ed.). München: Oldenbourg).
- Hertzog, B., Hintemann, G., Stagneth, G., & Voigt, I. (2007). GIS-gestützte Biotopverbund-Modellierung: Geoinformationssysteme als modernes Instrument zur Unterstützung komplexer Planungsaufgaben. *Naturschutz und Landschaftsplanung*, 39(6), 171–178.
- Jedicke, E. (1994). *Biotopschutz in der Gemeinde*. Radebeul: Neumann.
- Kolb, W., & Schwarz, T. (1999). *Dachbegrünung: intensiv und extensiv*. Stuttgart: Eugen Ulmer.
- Kwi-Gon, K. (2004). The Application of the Biosphere Reserve Concept to Urban Areas – The Case of Green Rooftops for Habitat Network in Seoul. *Annals of the New York Academy of Sciences*, 1023, 187–214. New York: New York Academy of Sciences. doi: 10.1196/annals.1319.010.
- Lang, S., & Blaschke, T. (2007). *Landschaftsanalyse mit GIS*. Stuttgart: Eugen Ulmer.
- Lienhard, A. (1999). Bewertungsmodell zur Beurteilung des Vernetzungsgrades ausgewählter Biotoptypen in einem Landschaftsraum. In: T. Blaschke (Ed.), *Umweltmonitoring und Umweltmodellierung* (pp. 245–252). Heidelberg: Wichmann.

- Nikolakaki, P. (2004). A GIS site-selection process for habitat creation: estimating connectivity of habitat patches. *Landscape and Urban Planning*, 68(1), 77–94. doi:10.1016/S0169-2046(03)00167-1.
- Reck, H., Hänel, K., Hermann, M., & Sachteleben, J. (2007). *Verbände-Vorhaben „Überwindung von Barrieren“. Zielarten des überörtlichen Biotopverbunds. Zeigerarten für Zerschneidung und Verinselung*. Vorentwurf. Retrieved May 05, 2018, from [https://www.jagdverband.de/sites/default/files/zielarten\\_zeigerarten\\_yedok9\\_0.pdf](https://www.jagdverband.de/sites/default/files/zielarten_zeigerarten_yedok9_0.pdf).
- Riess, W. (1986). *Konzepte zum Biotopverbund im Arten- und Biotopschutzprogramm Bayern*. Retrieved Aug 10, 2018, from: [https://www.zobodat.at/pdf/Laufener-Spez-u-Seminarbeitr\\_10\\_1986\\_0102\\_0115.pdf](https://www.zobodat.at/pdf/Laufener-Spez-u-Seminarbeitr_10_1986_0102_0115.pdf).
- Stadt Nürtingen (n. d.). *Das Wichtigste in Zahlen und Stichworten*. Retrieved Aug 09, 2018, from <https://www.nuertingen.de/de/nuertingen-fuer-alle/stadt-nuertingen/kurzportrait/zahlen-daten/>.
- Walker, R., Schenk, D., Fa. ZinCo, Jauch, M., Krummradt, I., Schmitz, H.-J., Lohr, D., & Meinken, E. (2016). *Optimierung der Evapotranspirations- und Kühlleistung extensiver Dachbegrünungen durch gezielte Nutzung von Grauwasser. Abschlussbericht über das unter dem AZ 28577-23 von der Deutschen Bundesstiftung Umwelt geförderte Forschungsprojekt*. Freising: Hochschule Weihenstephan-Triesdorf. Retrieved Aug 10, 2018, from <https://www.dbu.de/OPAC/ab/DBU-Abschlussbericht-AZ-28577.pdf>.